GÖZDEN GEÇIRILMIŞ VE
EKLEMELER YAPILMIŞ IKINCI BASKI

DATA DRIVEN CONSTRUCTION

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE VERI ÇAĞINDA YOLCULUK

+ AI VE LLM UYGULAMA ÖRNEKLERIYLE

Artem Boiko

DATADRIVENCONSTRUCTION WEB SITESINDEKI KITABIN DIĞER DILLERI

DATA-DRIVEN CONSTRUCTION

İnşaat sektöründe veri çağında yolculuk

Gözden geçirilmiş ve eklemeler yapılmış ikinci baskı

ARTEM BOIKO

"Boiko bilişimin James Carville'idir - Carville'in çokça alıntılanan "It's the economy, stupid" (Sorun ekonomide, aptal) sözünü bu ünlü kitap için tek bir kelimeyle değiştirmek gerekir. "Sorun veriler, aptal." (yazılım değil) Ve veri evreninde yolunu bulmak için eski Romalıların Yunanca'ya kadar uzanan bir sözü bugün hala geçerli: "Navigare necesse est". Yazar, okuyucularını veri okyanusunun tüm derinliklerinde ve sığlıklarında emin bir el ve sarsılmaz bir pusula ile gezdiriyor, kapsamlı bir tarihsel yaklaşımdan ve son olarak son derece orijinal grafiklerden ve sadece ikinci bakışta anlaşılmayan iyi bir mizah anlayışından bahsetmiyor. Boiko'nun kitabına gelen uluslararası tepkiler, coşkulu bir onaylamadan oldukça kuşkucu bir şüpheciliğe kadar uzanıyor ve bu da kitabın ikinci Almanca baskısına iyi geldi. Boiko özgün ve dogmatik olmayan bir veri düşünürüdür. Okuyucuya heyecan verici içgörüler ve her zaman cesur, hatta daha fazla düşünmeye ilham veren kışkırtıcı tezler sunuyor. Almanya'nın gizli uzlaşmacılık hastalığı için mükemmel bir ilaç. Bu arada, yukarıdaki Latin atasözünün bir tamamlayıcısı var: "vivere non est necesse." Boiko'nun veri dünyasına yaklaşımı için geçerli değildir - veri yaşar ve yaşaması gereklidir, çok önemli olduğunu söylemeye gerek bile yok."

- Dr. Burkhard Talebitari, 2013 yılından bu yana Ernst & Sohn tarafından her yıl yayınlanan BIM dergisi de dahil olmak üzere serbest editör.

"Artem Boiko'nun kitabı, inşaat sektöründe dijitalleşmenin demokratikleşmesi için bir dönüm noktası ve küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) için gerçek bir oyun değiştirici. Özellikle çığır açıcı: Şirketler, modern açık kaynaklı düşük kodlu ve kodsuz araçları kullanarak, derinlemesine programlama bilgisi olmadan verileri iş süreçlerine verimli bir şekilde entegre edebilir ve karlı bir şekilde analiz edebilir. Bu da hantal ticari yazılım paketlerinin pahalı kullanımını gereksiz kılıyor. Bu kitap bir eylem çağrısıdır! Sadece inşaat sektöründeki dijital dönüşümü anlamak isteyen değil, aynı zamanda bunu pragmatik, verimli ve ileriye dönük bir şekilde aktif olarak şekillendirmek isteyen herkes için değerli bir rehberdir. Şimdi bu bilgiyi paylaşmak ve inşaat sektörünün verimliliğini sürdürülebilir bir şekilde artırmak için birlikte çalışma zamanıdır."

- Dr. Michael Max Buehler, HTWG Konstanz'da İnşaat Yönetimi Profesörü, GemeinWerk Ventures'ın Eş Sahibi ve DevvStream'de Bağımsız Direktör.

"DataDrivenConstruction kitabı, karmaşık tasarım ve yönetim sistemleriyle inşaatçıların alışılagelmiş dünyasının sınırlarının ötesine atılan ilk adımlardan biridir; öyle görünüyor ki, verilerin karmaşıklığı ve doygunluğu, inşaat verileriyle çalışmanın radikal bir şekilde basitleştirilmesi ve şeffaflığının artırılması için bir şans bile vermiyor. Artem kitabında, modern veri ile çalışma teknolojilerinin önümüze ne gibi fırsatlar açtığını basit bir dille gösteriyor ve işinizde hemen uygulayabileceğiniz somut adımlar veriyor. İnşaat sektöründe otomasyon sistemlerinin nereye gideceğini anlamak isteyen herkese, inşaatta veri devriminin çoktan kapımızı çaldığını fark etmeleri için bu kitabı dikkatle incelemelerini tavsiye ediyorum. Şu anda sadece meraklıların ilgisini çekiyor, ancak birkaç yıl içinde, BIM gibi, bu tür yaklaşımlar ve yazılımlar her yerde bulunacak!"

- Ihor Rogachew, IMT Yetkinlik Merkezi Başkanı, RGD'de BIM & Dijital Dönüşüm ve InfraBIM.Pro'nun Kurucusu.

"Başlıkta da belirtildiği gibi, AECO için veri odaklı bilgi yönetimi yaklaşımını ele alan DataDrivenConstruction kitabını şiddetle tavsiye ediyorum. Şu anda çeşitli gruplarla bir dizi tartışmanın başlatılmasına yardımcı olmak için kullanıyorum. Çok erişilebilir bir referans olduğunu gördüm. Kitap, AECO'daki araçların, verilerin ve bazı kilit teknolojilerin tanıtıldığı geçmiş bağlamına kapsamlı bir genel bakışın yanı sıra, örnek iş akışları ile veri kaynaklarının ve son kullanıcı eserlerinin kapsamını özetleyen çok sayıda yararlı diyagram içeriyor. Bana öyle geliyor ki, bilgi stratejilerini geliştirirken ve izlerken daha fazla ihtiyaç duyduğumuz ve BEP'lere katkıda bulunan bu tür diyagramlar, bir PIM ve AIM için sınırın üzerine yerleştirilebileceği genel kurumsal veri modelini tanımlıyor."

- Paul Ransley, Acmena'da Baş Danışman ve Transport for London'da Sistem Entegrasyon Mühendisi.

"Eğer "veri yeni petrol" ise, onu değerli kılmak için tanımlamayı, bulmayı, çıkarmayı, rafine etmeyi öğrenmemiz gerekir. DataDrivenConstruction kitabını çok bilgilendirici ve anlayışlı buldum. Kitap yararlı bir tarihsel arka plan sunuyor ve verilerle çalışmayı sade bir dille açıklıyor. Dijital dönüşümle ilgilenenler için verinin nasıl çalıştığını, nasıl yapılandırıldığını ve nasıl kullanılabileceğini iyi bir şekilde anlamalarını sağlıyor

- Ralph Montague, ArcDox Direktörü, BIM Koordinatörler Zirvesi Direktörü ve İrlanda Ulusal Standartlar Kurumu BIM Ulusal Ayna Komitesi Başkanı.

"Kitapta da vurgulandığı gibi, bilgi inşaat sektörü için çok önemli bir varlıktır ve erişilebilir formatlarda olması doğru karar vermeyi büyük ölçüde kolaylaştırır ve proje zaman çizelgelerini hızlandırır. Kitap, karar alma sürecinde bu kaynağa erişmek ve ondan yararlanmak için tarafsız ve etkili bir yaklaşım sunuyor. Kitapta sunulan metodoloji, yapay zeka odaklı programlamayı erişilebilir açık kaynak araçlarıyla birleştiren çağdaş bir yaklaşımdan yararlanmaktadır. Yapay zekanın gücünden yararlanarak ve açık kaynaklı yazılımları kullanarak, metodoloji otomasyonu geliştirmeyi, süreçleri optimize etmeyi ve alan içinde erişilebilirliği ve işbirliğini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Kitabın dili açık ve takip etmesi kolay."

- Dr. Salih Ofluoğlu, Antalya Bilim Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi Dekanı ve Avrasya BIM Forumu Organizatörü.

"Tek söyleyebileceğim, VAY CANINA! Tarihi, LLM'yi, grafikleri ve genel olarak noktalarınızı anlama kolaylığını bir araya getirme şekliniz gerçekten olağanüstü. Kitabın akışı inanılmaz. Bu kitabın pek çok parlak yönü var; gerçekten ezber bozan bir kitap. Harika bir bilgi kaynağı ve harcadığınız çaba ve tutku için sizi takdir ediyorum. Böylesine olağanüstü bir eser yarattığınız için sizi tebrik ederim. Daha devam edebilirim ama şu kadarını söyleyeyim, inanılmaz derecede etkilendim!"

- Natasha Prinsloo, energylab_'de Dijital Uygulama Lideri.

"Çaylaklardan deneyimli profesyonellere kadar inşaat sektöründeki herkes için bu kitap ezber bozan bir kitap! Tipik bir tozlu kitap değil; sizi meşgul edecek içgörüler, stratejiler ve biraz da mizahla dolu. Eski veri kayıt yöntemlerinden en yeni dijital teknolojilere kadar, inşaatta veri kullanımının evrimini kapsıyor. İnşaat verilerinin evrimi boyunca bir zaman makinesine binmek gibi. İster mimar, mühendis, proje yöneticisi veya veri analisti olun, bu kapsamlı rehber projelere yaklaşımınızda devrim yaratacak. Süreçleri optimize etmeye, karar alma mekanizmasını geliştirmeye ve projeleri daha önce hiç olmadığı gibi yönetmeye hazır olun!"

- Pierpaolo Vergati, Roma Sapienza Üniversitesi Öğretim Görevlisi ve Fintecna Kıdemli İnşaat Proje Müdürü.

"Kitabı bir solukta, 6 saatten kısa bir sürede okudum. Kitabın üretim kalitesi mükemmel, yoğun kuşe kağıt, renk şemaları, hoş bir yazı tipi. İnşaat sektörüne özgü LLM ile nasıl çalışılacağına dair çok sayıda pratik örnek sizi aylarca, hatta yıllarca kendi kendinize çalışmaktan kurtaracaktır. Çalışma örnekleri, karmaşık ve pahalı yazılımlar satın almanızı gerektirmeden, basitten karmaşığa kadar çok çeşitlidir. Kitap, inşaat sektöründeki herhangi bir işletme sahibinin iş stratejisine, dijitalleşmeye ve gelişim beklentilerine yeni bir gözle bakmasını sağlayacaktır. Daha küçük şirketlerin de uygun fiyatlı ve ücretsiz araçlarla verimliliklerini artırmalarını sağlayacak."

- Mikhail Kosarev, TIM-ASG'de İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm konusunda Öğretim Görevlisi ve Danışman.

"DATA DRIVEN CONSTRUCTION" kitabı, veri çağında inşaat sektörünün nereye gittiğini merak eden herkes için ezber bozan bir kitap. Artem sadece yüzeyi kazımakla kalmıyor; inşaat alanındaki güncel gelişmeleri, zorlukları ve gelecek vaat eden fırsatları derinlemesine inceliyor. Bu kitabı diğerlerinden ayıran şey erişilebilirliği - Artem karmaşık fikirleri, içeriğin kavranmasını kolaylaştıran ilişkilendirilebilir analojiler kullanarak açıklıyor. Kitabı inanılmaz derecede bilgilendirici ve ilgi çekici buldum. Özetle, Artem sadece bilgilendiren değil aynı zamanda ilham veren değerli bir kaynak hazırlamış. İster deneyimli bir profesyonel ister inşaat sektörüne yeni girmiş biri olun, bu kitap bakış açınızı genişletecek ve sektörün nereye doğru gittiğine dair anlayışınızı derinleştirecektir. Şiddetle tavsiye edilir!"

- Moayad Saleh, Mimar ve BIM TMM GROUP Gesamtplanungs GmbH Uygulama Müdürü.

"Artem Boiko'nun "Veri Odaklı İnşaat" adlı kitabı, sürekli gelişen teknolojiler ve bilgi olanakları karşısında inşaat sektörü için sağlam bir temel sunan etkileyici bir çalışma. Boiko, karmaşık konuları anlaşılır bir şekilde sunmayı başarırken aynı zamanda vizyoner fikirler de ortaya koyuyor. Kitap, sadece mevcut gelişmeleri vurgulamakla kalmayıp aynı zamanda gelecekteki yenilikler hakkında da bir bakış açısı sağlayan iyi düşünülmüş bir özettir. Veriye dayalı inşaat planlaması ve uygulaması konusunda bilgi sahibi olmak isteyen herkese şiddetle tavsiye edilir."

- Markus Eiberger, Stuttgart Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Öğretim Görevlisi, Konstruktionsgruppe Bauen Kıdemli Proje Müdürü ve Şube Müdür Yardımcısı, BIM Cluster Baden-Württemberg Derneği Yönetim Kurulu Üyesi.

"Data Driven Construction, bina verileriyle bilgi tabanlı çalışmanın temellerini canlı bir şekilde aktarıyor. Bilgi akışlarını ve temel ekonomik kavramları ele alan ve bu nedenle diğer BIM kitaplarından ayrılan bir kitap, çünkü sadece bir yazılım üreticisinin bakış açısını temsil etmekle kalmıyor, aynı zamanda temel kavramları da aktarmaya çalışıyor. Okunmaya ve görülmeye değer bir kitap."

- Jakob Hirn, Build Informed GmbH CEO'su ve Kurucu Ortağı ve "On Top With BIM " İnovasyon Forumu Başlatıcısı.

"Veri yeni petroldür" derler, bu nedenle veri arayıcıları veya madencileri bu 21. yüzyıl kaynağından değer elde etmek için doğru araçlara ve zihniyete sahip olmalıdır. İnşaat sektörü çok uzun süredir "3D bilgi" tabanlı süreçlerin kaygan zemininde ilerlemektedir; bu süreçlerde proje teslimi başkasının hazırladığı bilgilere dayanmaktadır (örneğin pasta veya çubuk grafiği çoktan çizmişlerdir), oysa altta yatan "veri" (örneğin ham elektronik tablo) çok daha fazlasını sunabilir, özellikle de çoklu veri füzyonu ve yapay zeka sınırsız potansiyeller getirdiğinden. İnşaat alanında hizmet veriyorsanız (ya da eğitim/araştırma yapıyorsanız) bu kitap, içinde bulunduğumuz veri odaklı dünyada yolunuzu bulmanız için en iyi -ve şu ana kadar tek- kaynağınız olacaktır."

- Dr. Zulfikar Adamu, LSBU, İngiltere'de İnşaat Alanında Stratejik BT Doçenti.

"Data-Driven Construction'ın üniversitelerde ders kitabı olarak okutulmaya değer ve gelişmekte olan BIM alanına değerli katkılar sağlayacak bir kitap olduğunu söylemeliyim. Data-Driven Construction kitabı, kavramları çok iyi açıklayan teknik bir sözlük içeriyor. Anlatılması son derece zor olan konular çok güzel bir görsel dil ile basit ve anlaşılır hale getirilmiş. Görsellerde anlatılmak istenenin kısa da olsa okuyucuya ifade edilmesi gerektiğini düşünüyorum. Bazı görsellerin anlaşılabilirliği, diğer bir deyişle görseli okumak ayrı bir bilgi gerektiriyor. Artem Boiko'nun değerli çalışmalarını üniversitelerdeki ders ve seminerlerimde tanıtmaktan mutluluk duyduğumu da belirtmek isterim."

- Dr. Ediz Yazıcıoğlu, ArchCube Sahibi ve İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü ve Medipol Üniversitesi'nde İnşaat Proje Yönetimi Öğretim Görevlisi.

İkinci baskı, Nisan 2025.
© 2025 | Artem Boiko | Karlsruhe

ISBN 9783982625560

REGISTRIERTES URHEBERWERK
ID-CHECK D9A2A2C55EAC5
WWW.PRIORMART.COM

REGISTRIERTES URHEBERWERK
ID-CHECK 8ECEC0192F499
WWW.PRIORMART.COM

Artem Boiko Telif Hakkı

boikoartem@gmail.com
info@datadrivenconstruction.io

Bu kitabın hiçbir bölümü, değiştirilmeden ticari olmayan dağıtım dışında, yazarın yazılı izni olmaksızın fotokopi, kayıt veya herhangi bir bilgi depolama ve erişim sistemi de dahil olmak üzere elektronik veya mekanik herhangi bir biçimde veya herhangi bir yolla çoğaltılamaz veya iletilemez. Kitap ücretsiz olarak dağıtılmaktadır ve yazarın kimliği ve orijinaline yapılan atıflar saklı kalmak kaydıyla kişisel, eğitim veya araştırma amacıyla diğer kullanıcılarla serbestçe paylaşılabilir. Yazar, metin üzerindeki tüm mülkiyet haklarını saklı tutar ve açık veya zımni hiçbir garanti vermez. Kitapta adı geçen şirketler, ürünler ve isimler hayali olabilir veya örnek olarak kullanılmış olabilir. Yazar, verilen bilgilerin kullanımından doğacak sonuçlardan sorumlu değildir. Kitapta yer alan bilgiler, eksiksizlik veya uygunluk garantisi olmaksızın "olduğu gibi" sağlanmaktadır. Yazar, bu kitapta yer alan bilgi, kod veya programların kullanımından kaynaklanan arızi veya dolaylı zararlardan sorumlu değildir. Bu kitapta sunulan kod örnekleri yalnızca eğitim amaçlıdır. Okuyucuların bunları kullanma riski kendilerine aittir. Yazar, tüm yazılım çözümlerinin üretim ortamında kullanılmadan önce test edilmesini önermektedir. Metinde adı geçen tüm ticari markalar ve ürün adları, ilgili şirketlerin ticari markaları, tescilli ticari markaları veya hizmet markalarıdır ve ilgili sahiplerinin mülkiyetindedir. Bu isimlerin kitapta kullanılması, sahipleriyle herhangi bir ilişki veya sahipleri tarafından onaylandığı anlamına gelmez. Üçüncü taraf ürün veya hizmetlerinden bahsedilmesi bir tavsiye teşkil etmez veya bir onay anlamına gelmez. Örneklerde kullanılan şirket ve ürün isimleri sahiplerinin ticari markaları olabilir. Üçüncü taraf web sitelerine bağlantılar kolaylık sağlamak amacıyla verilmiştir ve yazarın bu sitelerde sağlanan bilgileri onayladığı anlamına gelmez. Alıntı yapılan tüm istatistikler, alıntılar ve çalışmalar yazım sırasında günceldir. Veriler zaman içinde değişebilir

Bu kitap Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International lisansı (CC BY-NC-ND 4.0) altında dağıtılmaktadır. Yazarlığını korumanız ve hiçbir değişiklik yapmamanız koşuluyla, ticari olmayan amaçlarla kopyalayabilir ve dağıtabilirsiniz.

CC BY-NC-ND 4.0

© 2024 Artem Boiko. İlk baskı.
© 2025 Artem Boiko. Gözden geçirilmiş ve eklemeler yapılmış ikinci baskı.
Tüm hakları saklıdır

İKİNCİ BASIMA ÖNSÖZ

Bu kitap, profesyonel toplulukla yapılan canlı bir diyaloğun sonucudur. İnşaat sektöründe veri yönetimi konusunda çeşitli profesyonel platformlarda ve sosyal medya platformlarında gerçekleştirilen çok sayıda profesyonel tartışmaya dayanmaktadır. Bu tartışmalar, profesyonel camiada geniş yankı uyandıran makalelerin, yayınların ve görsel materyallerin temelini oluşturmuştur. Yazarın içeriği her yıl çeşitli platformlarda ve dillerde milyonlarca kez görüntülenmekte ve inşaatın dijitalleştirilmesi alanındaki profesyonelleri bir araya getirmektedir.

İlk baskının yayınlanmasından sonraki bir yıl içinde kitap, Brezilya ve Peru'dan Mauritius ve Japonya'ya kadar 50'den fazla ülkeden uzmanlar tarafından sipariş edildi. Şu anda elinizde tuttuğunuz kitabın ikinci baskısı, uzmanların geri bildirimleri, ilk baskıya yönelik eleştiriler ve profesyonel çevrelerdeki tartışmalar temelinde gözden geçirilmiş ve genişletilmiştir. Geri bildirimler sayesinde ikinci baskı önemli ölçüde genişletildi: CAD (BIM) teknolojileri ve etkili ETL süreçleri oluşturma üzerine yeni bölümler eklendi. Pratik örneklerin ve vaka çalışmalarının sayısı da önemli ölçüde artırılmıştır. Kitabın ilk versiyonunun yayınlanmasından önce ve sonra dijitalleşme ve birlikte çalışabilirlik ile ilgili sorularla yazara başvuran inşaat sektörü liderleri, danışmanlık şirketleri ve büyük BT şirketlerinden gelen geri bildirimler özellikle değerlidir. Bunların birçoğu kitapta açıklanan yaklaşımları halihazırda uygulamış ya da yakın gelecekte uygulamayı planlamaktadır

Elinizde tartışma ve aktif görüş alışverişi yoluyla oluşturulmuş bir kitap tutuyorsunuz. İlerleme diyalogda, görüşlerin çatışmasında ve yeni yaklaşımlara açıklıkta doğar. Bu diyaloğun bir parçası olduğunuz için teşekkür ederiz. Yapıcı eleştirileriniz gelecekteki iyileştirmelerin temelini oluşturmaktadır. Metinde hatalar bulursanız veya fikir ve önerilerinizi paylaşmak isterseniz, her türlü geri bildirime açığız. İletişim bilgileri kitabın sonunda yer almaktadır

KİTAP NEDEN ÜCRETSİZ?

Bu kitap, inşaat sektöründe veri yönetimine yönelik modern yaklaşımları yaygınlaştırmayı amaçlayan açık bir eğitim kaynağı olarak tasarlanmıştır. Kitabın ilk versiyonu, profesyonel topluluktan gelen yorum ve önerilerin toplanması için bir temel oluşturmuş, bu da materyalin yapısının ve içeriğinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Tüm yorumlar, öneriler ve fikirler dikkatle analiz edilmiş ve bu gözden geçirilmiş versiyona dahil edilmiştir. Kitabın amacı, inşaat profesyonellerinin verilerle çalışmanın önemini anlamalarına yardımcı olmaktır: sistematik, bilinçli ve bilginin uzun vadeli değerini göz önünde bulundurarak. Yazar, inşaatın dijitalleştirilmesi alanında 10 yılı aşkın süredir yaptığı çalışmalardan örnekler, illüstrasyonlar ve pratik gözlemler toplamıştır. Bu materyalin çoğu gerçek projelerden, mühendisler ve geliştiricilerle yapılan tartışmalardan, uluslararası girişimlere ve eğitim seminerlerine katılımdan elde edilmiştir. Kitap, biriken deneyimi yapılandırma ve erişilebilir bir şekilde paylaşma girişimidir. Kitabın fikirlerinin daha fazla yayılmasını desteklemek ve okumak, örneklerle ve görsel materyallerle çalışmak için uygun bir format elde etmek istiyorsanız, basılı bir versiyon satın alabilirsiniz.

KULLANIM HAKLARI

Bu kitaptaki tüm materyaller, resimler ve parçalar, kaynağın Artem Boiko'ya atfedilmesi ve kitabın başlığının "Veriye Dayalı İnşaat" olması koşuluyla herhangi bir formatta ve herhangi bir ortamda çoğaltılabilir, alıntılanabilir veya kullanılabilir. Emeğe saygı ve bilginin yayılması için teşekkür ederiz.

Bu kitabı, bana küçük yaşlardan itibaren derin bir inşaat sevgisi aşılayan aileme, dayanıklılık dersleri aldığım maden kasabama ve sonsuz desteği ile sürekli ilham kaynağım olan eksper eşime içtenlikle ithaf ediyorum.

BU KİTAP KİMLER İÇİN

Erişilebilir bir dille yazılmış olan bu kitap, modern inşaat süreçlerinin temellerini kavramak isteyen öğrenciler ve acemilerden, inşaatta veri yönetimi için güncel bir metodolojiye ihtiyaç duyan profesyonellere kadar inşaat sektöründeki geniş bir okuyucu kitlesine yöneliktir. İster mimar, mühendis, ustabaşı, inşaat müdürü veya veri analisti olun, birçok benzersiz çizim ve grafik içeren bu kapsamlı kılavuz, süreçleri optimize etmek ve otomatikleştirmek, karar verme sürecini iyileştirmek ve modern araçlar kullanarak farklı seviyelerdeki inşaat projelerini yönetmek için iş dünyasında verilerin nasıl kullanılacağına dair değerli bilgiler sunmaktadır

Kitap, veri yönetimi tekniklerini inşaat süreçlerine entegre etmek için teorik temelleri ve pratik önerileri bir araya getiren kapsamlı bir rehberdir. Kitap, modern dijital araçları kullanarak operasyonları optimize etmek, süreçleri otomatikleştirmek, karar alma süreçlerini iyileştirmek ve projeleri etkin bir şekilde yönetmek için bilginin stratejik kullanımına odaklanmaktadır.

Bu kitap, inşaat sektöründe bilgi ile çalışmanın teorik ve pratik yönlerini kapsamaktadır. Detaylı örnekler aracılığıyla, görev parametrelendirme, gereksinim toplama, yapılandırılmamış ve çok formatlı verileri işleme ve inşaat şirketleri için etkili çözümlere dönüştürme metodolojisini araştırmaktadır.

Okuyucu, gereksinimlerin oluşturulması ve temel veri modellerinin geliştirilmesinden, heterojen bilgi kaynaklarının entegrasyonu, ETL süreçlerinin oluşturulması, bilgi boru hatlarının ve makine öğrenimi modellerinin oluşturulması gibi daha karmaşık süreçlere doğru ilerlemektedir. Sıralı yaklaşım, inşaat sektöründe iş süreçlerinin ve karar destek sistemlerinin organizasyon ve otomasyon mekanizmalarının açıkça gösterilmesine olanak sağlamaktadır. Kitabın her bölümü, edinilen bilgilerin gerçek projelerde hemen uygulanmasını sağlayan adım adım talimatlar içeren pratik bir bölümle sona ermektedir.

KİTABIN BÖLÜMLERİNİN ÖZETİ

Bu kitap, değer zincirinde veri dönüşümü kavramı etrafında yapılandırılmıştır: veri toplama ve kalite güvencesinden analitik işlemeye ve modern araçlar ve metodolojiler kullanarak değerli pratik çözümler çıkarmaya kadar.

Bölüm 1: İnşaatta Dijital Evrim - kil tabletlerden modern dijital sistemlere veri yönetiminin tarihsel dönüşümünün izini sürmekte, modüler sistemlerin ortaya çıkışını ve endüstriyel devrimler bağlamında bilgi dijitalleşmesinin artan önemini analiz etmektedir.

Bölüm 2: İnşaat Sektörü için Bilgi Zorlukları - veri parçalanması, 'bilgi siloları', HiPPO yaklaşımının karar verme üzerindeki etkisi ve tescilli formatların sınırlamaları sorunlarını araştırmakta ve yapay zeka ve LLM ekosistemlerine geçişin dikkate alınmasını önermektedir.

Bölüm 3: İnşaatta verilerin sistematik hale getirilmesi - inşaat verilerinin bir tipolojisini oluşturur, organizasyon yöntemlerini, kurumsal sistemlerle entegrasyonunu açıklar ve bilgi süreçlerinin standartlaştırılması için yetkinlik merkezlerinin oluşturulmasını tartışır.

Bölüm 4: Veri Kalitesi Güvencesi - çeşitli kaynaklardan veri çıkarma, doğrulama ve LLM kullanarak modelleme dahil olmak üzere farklı bilgileri kaliteli, yapılandırılmış verilere dönüştürme metodolojilerini ortaya koyar.

Bölüm 5: Maliyet ve Zaman Hesaplamaları - maliyet ve planlama hesaplamalarının dijitalleştirilmesi, CAD (BIM) modellerinden hacim elde etme otomasyonu, 4D-8D modelleme teknolojileri ve inşaat projelerinin ESG hesaplaması ile ilgilidir.

Bölüm 6: CAD ve BIM - tasarım teknolojilerinin gelişimini, sistemlerin birlikte çalışabilirlik sorunlarını, açık veri formatlarına yönelik eğilimleri ve yapay zekanın tasarıma uygulanmasına yönelik beklentileri eleştirel bir şekilde analiz etmektedir.

Bölüm 7: Veri Analitiği ve Otomasyon - bilgi görselleştirme ilkelerini, temel performans göstergelerini, ETL süreçlerini, iş akışı düzenleme araçlarını ve rutin görevleri otomatikleştirmek için dil modellerinin uygulanmasını ele alır.

Bölüm 8: Veri Depolama ve Yönetimi - veri depolama formatlarını, veri ambarı ve veri gölü kavramlarını, veri yönetimi ilkelerini ve vektör veritabanları ile DataOps ve VectorOps metodolojilerini içeren yeni yaklaşımları incelemektedir.

Bölüm 9: Büyük Veri ve Makine Öğrenimi - geçmiş verilere dayalı objektif analize geçiş, şantiyelerde Nesnelerin İnterneti ve proje maliyetlerini ve zaman çizelgelerini tahmin etmek için makine öğrenimi algoritmalarının uygulanması konularına odaklanmaktadır.

Bölüm 10: Dijital Veri Çağında İnşaat Sektörü - nedensel analizden korelasyonlarla çalışmaya geçişi, inşaatın 'Uberleşmesi' kavramını ve dijital dönüşüm stratejilerini analiz ederek inşaat sektörünün geleceğine bir bakış sunuyor.

What is meant by **data-driven construction**?

Led by CEO and project managers

A data-driven approach to construction is the **process** of implementing **connected and automated systems** that enable companies to **continuously improve** **project delivery** and operational efficiency while **reducing costs and risks**, ultimately creating a **sustainable competitive advantage.**

Focuses on real-time analytics

It's a mindset shift!

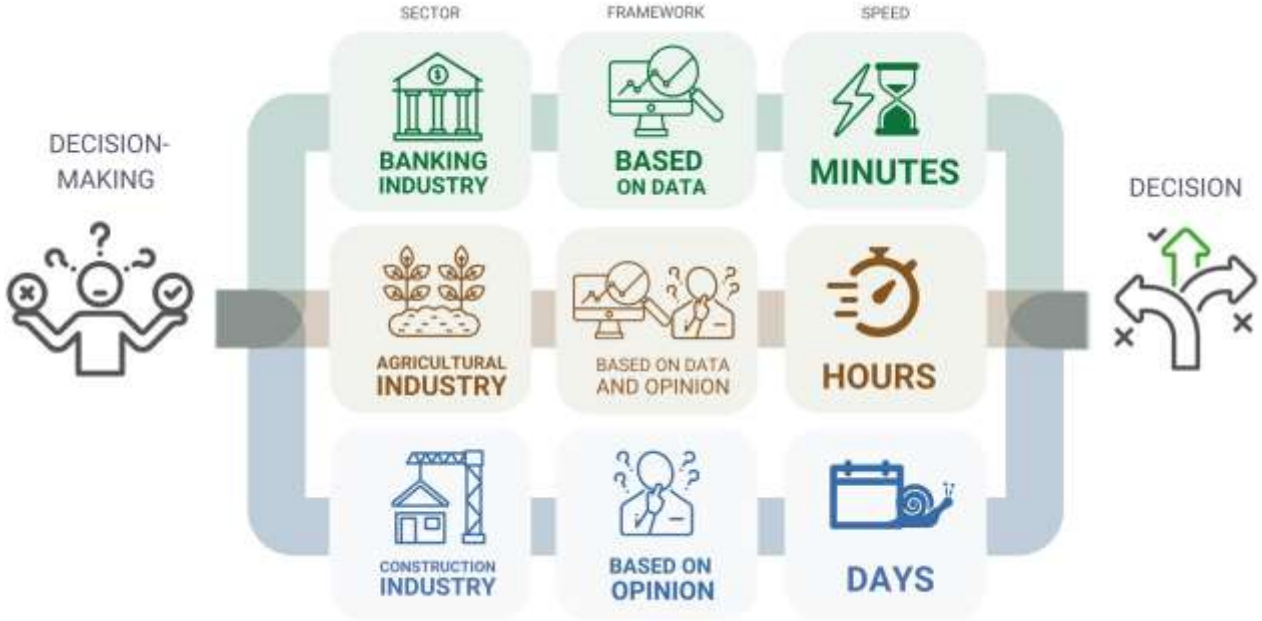
Streamline operations & enhance collaboration

The ultimate goal

GİRİŞ

Teknolojinin hızla geliştiği ve zamanlama ve maliyetlendirmeden risk analizine kadar işin her yönünün makine öğrenimi modelleri tarafından otomatikleştirildiği bir dünyada şirketiniz ne kadar süre rekabetçi kalabilir?

İnsanlık tarihi kadar uzun bir süredir var olan inşaat sektörü, geleneksel inşaat hakkındaki düşüncelerimizi tamamen değiştirmeyi vaat eden devrim niteliğindeki değişikliklerin eşiğinde. Ekonominin diğer sektörlerinde de dijitalleşme sadece kuralları değiştirmekle kalmıyor, aynı zamanda yeni veri işleme ortamına uyum sağlayamayan ve karar alma hızını artıramayan şirketleri acımasızca piyasanın dışına itiyor (Şekil 1).



Şekil 1 İnşaat sektöründe karar alma hızı, diğer sektörlere kıyasla daha fazla insan faktörüne bağlıdır.

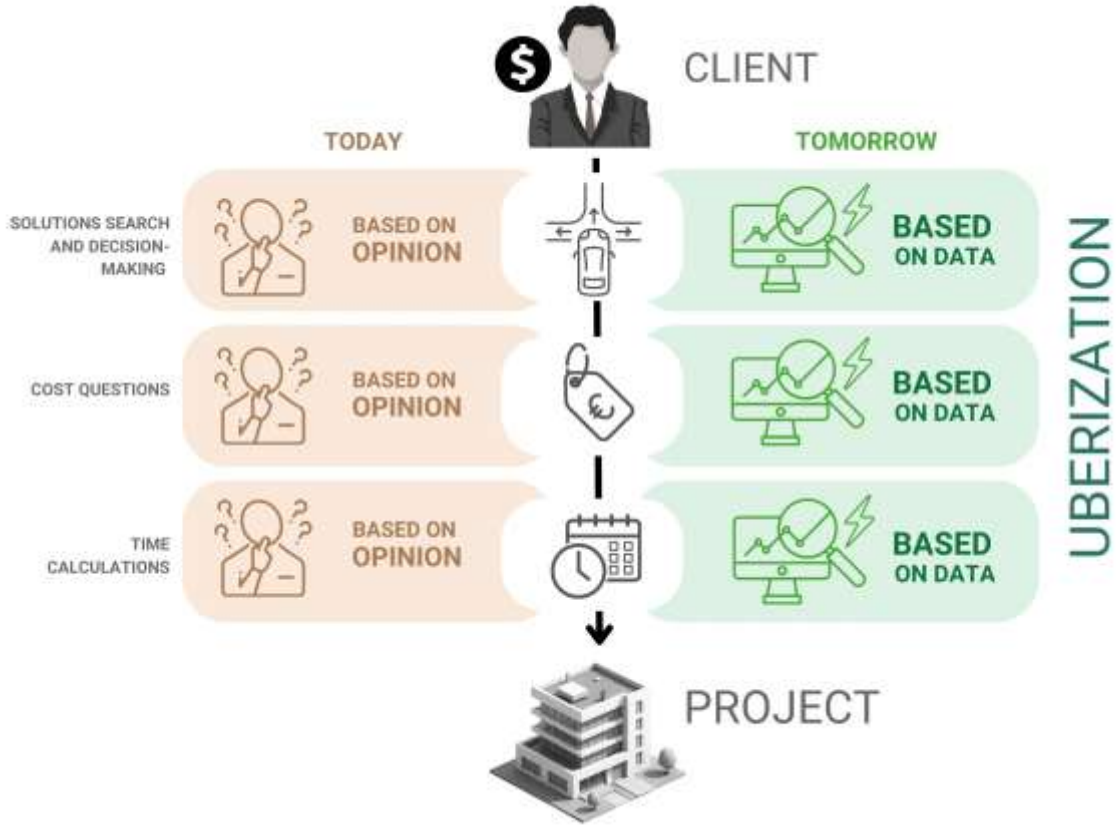
Bankacılık, perakende, lojistik ve tarım ticareti, yanlışlıkların ve öznel görüşlerin artık yerinin olmadığı tam dijitalleşmeye doğru hızla ilerliyor. Modern algoritmalar muazzam miktarda veriyi analiz edebiliyor ve müşterilere doğru tahminler sunabiliyor - ister kredi geri ödeme olasılığı, ister optimum teslimat rotaları veya risk tahmini olsun.

İnşaat, yüksek maaşlı uzmanların görüşlerine dayalı çözümlerden veri odaklı çözümlere kaçınılmaz geçişi yapan son sektörlerden biridir. Bu geçiş sadece yeni teknolojik kabiliyetler tarafından değil, aynı zamanda şeffaflık, doğruluk ve hız için artan pazar ve müşteri talepleri tarafından da yönlendirilmektedir.

Robotlaşma, süreç otomasyonu, açık veri ve buna dayalı tahminler - tüm bunlar artık sadece olasılık değil, kaçınılmazdır. Yakın zamana kadar projelerin hacmini, maliyetini, süresini ve kalite kontrolünü

hesaplamaktan müşteriye karşı sorumlu olan inşaat sektöründeki çoğu şirket, artık önemli kararlar almak yerine sadece siparişlerin uygulayıcılarına dönüşme riskiyle karşı karşıyadır (Şekil 2).

Bilgi işlem gücündeki ilerlemeler, makine öğrenimi algoritmaları ve veri erişiminin demokratikleşmesiyle, artık farklı kaynaklardan gelen verileri otomatik olarak birleştirmek, bir inşaat projesinin tartışma aşamalarında daha derin süreç analizi, risk tahmini ve maliyet optimizasyonu sağlamak mümkündür. Bu teknolojiler, sektör genelinde verimliliği radikal bir şekilde artırma ve maliyetleri düşürme potansiyeline sahiptir.



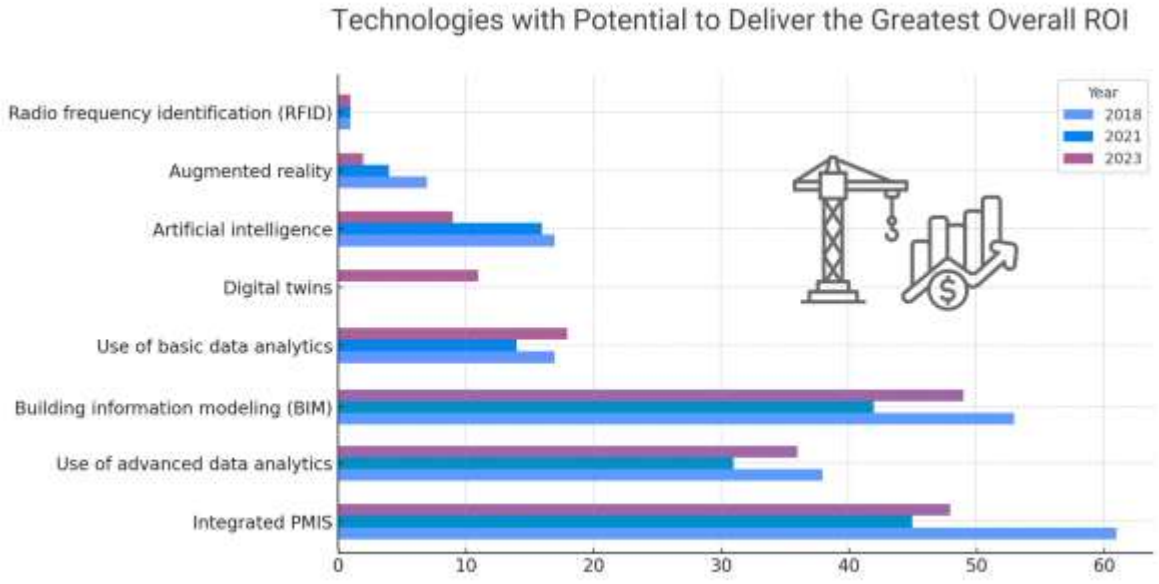
Şekil 2 Müşteri, projelerini gerçekleştirme yolunda aşırı insan faktörleriyle ilgilenmez.

Yeni araç ve kavramların tüm avantajlarına rağmen, inşaat sektörü yeni teknolojilerin benimsenmesi konusunda ekonominin diğer sektörlerinin çok gerisinde kalmaktadır.

> IT Metrics Key Data 2017 raporuna göre, inşaat sektörü diğer 19 sektör arasında BT harcamalarında son sırada yer almaktadır [1].

Veri hacmindeki ve süreç karmaşıklığındaki hızlı artış, şirket yönetimi için bir baş ağrısı haline gelmektedir ve yeni teknolojilerin kullanılmasındaki temel sorun, verilerin bolluğuna rağmen parçalı, yapılandırılmamış ve genellikle farklı sistemler ve yazılım ürünleri arasında uyumsuz kalmasıdır. Bu nedenle inşaat sektöründeki pek çok şirket artık öncelikle veri kalitesi sorunlarıyla ilgilenmektedir ve bu sorunlar ancak verimli, otomatikleştirilmiş yönetim ve analitik sistemlerinin uygulanmasıyla çözülebilir.

> KPMG® tarafından 2023 yılında inşaat yöneticileri arasında yapılan bir ankete göre [2], proje yönetimi bilgi sistemleri (PMIS), gelişmiş ve temel veri analitiği ve bina bilgi modellemesi (BIM) projelerin yatırım getirisini artırma konusunda en büyük potansiyele sahiptir (Şekil 3).



Şekil 3 İnşaat şirketleri yöneticileri arasında yapılan anket: sermaye projelerinde hangi teknolojiler en yüksek yatırım getirisini (ROI) sağlayacaktır? (materyallere dayalı [2]).

Verilerin iş süreçlerine entegre edilmesiyle ilgili zorlukların çözümü, yüksek kalitede bilgi sağlamak, uygun veri formatları kullanmak ve verilerin oluşturulması, depolanması, analiz edilmesi ve işlenmesi için etkili yöntemler uygulamaktır.

Verinin değerinin farkına varılması, çeşitli sektörleri silo uygulamaları ve karmaşık bürokratik yönetim yapılarından uzaklaşmaya zorluyor. Bunun yerine odak noktası, bilgi mimarisine yönelik yeni yaklaşımlar oluşturmaya ve şirketleri modern veri odaklı işletmelere dönüştürmeye kayıyor. Er ya da geç, inşaat sektörü de bu adımı atacak ve kademeli bir dijital evrimden tüm şirketleri etkileyen gerçek bir dijital devrime geçecektir.

> Veri odaklı iş süreçlerine geçiş kolay olmayacaktır. Birçok şirket zorluklarla karşılaşacak çünkü yöneticiler verimliliği ve iş büyümesini artırmak için kaotik veri setlerini nasıl kullanacaklarını her zaman anlamıyor.

Bu kitap, bilginin iş süreçlerinin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini belirleyen önemli bir stratejik kaynak haline geldiği veri dünyasını inceliyor. Bilginin hızla büyümesiyle birlikte şirketler yeni zorluklarla karşı karşıya kalıyor. Dijital dönüşüm artık sadece moda bir sözcük değil, bir gereklilik haline geliyor.

Şekil 4 Veri ve süreçler inşaatın temelini oluşturur.

Dönüşümü anlamak, karmaşık olanı basit kelimelerle açıklayabilmek demektir. Bu nedenle kitap erişilebilir bir dille yazılmış ve yazarın temel kavramları net bir şekilde açıklamak için özel olarak oluşturduğu illüstrasyonlarla desteklenmiştir. Bu diyagramlar, çizelgeler ve görselleştirmeler, algılama engellerini ortadan kaldırmak ve daha önce bu tür konuları çok karmaşık bulanlar için bile materyali anlaşılır kılmak için tasarlanmıştır. Bu kitaptaki tüm illüstrasyonlar, diyagramlar ve grafikler yazar tarafından oluşturulmuş ve özellikle metinde açıklanan temel kavramları görselleştirmek için tasarlanmıştır.

> *Bir resim bin kelimeye bedeldir [3].*
>
> - Fred R. Barnard, İngiliz illüstratör, 1927.

Teori ile pratik arasında bağlantı kurmak için, derin programlama bilgisine ihtiyaç duymadan çözümler geliştirmenize olanak tanıyan yapay zeka araçlarını (özellikle dil modelleri) kullanacağız. Pratik materyallere yöneliyorsanız ve verilerle pratik çalışma ile daha çok ilgileniyorsanız, ilk giriş bölümünü atlayabilir ve doğrudan somut örneklerin ve vakaların açıklamasının başladığı kitabın ikinci bölümüne geçebilirsiniz.

Ancak, genel olarak AI (Yapay Zeka), makine öğrenimi ve LLM (Büyük Dil Modelleri) araçlarına aşırı beklentiler yüklemeyin. Kaliteli girdi verileri ve konu hakkında derin bir anlayış olmadan, en gelişmiş algoritmalar bile güvenilir ve anlamlı sonuçlar sağlayamaz.

> Microsoft CEO'su Satya Nadella, 2025'in başlarında yapay zeka balonu riski konusunda uyarıda [4] ve mevcut aldatmacayı dot-com balonuyla karşılaştırıyor. Uygun bir gerekçe olmadan AGI (Yapay Genel Zeka) kilometre taşlarına ulaşma iddialarının "ölçütlerin anlamsız manipülasyonu" olduğunu vurguluyor. Nadella, YZ'nin gerçek başarısının moda sözcüklere aşırı vurgu yapmak yerine küresel GSYİH büyümesine katkısıyla ölçülmesi gerektiğine inanıyor.

Yeni teknolojiler ve kavramlarla ilgili tüm moda sözcüklerin ardında, veri kalitesini, iş süreçlerinin parametrelendirilmesini ve araçların gerçek görevlere uyarlanmasını sağlamak için karmaşık ve özenli bir çalışma yatmaktadır.

> Veri odaklı bir yaklaşım, sadece indirebileceğiniz veya satın alabileceğiniz bir ürün değildir. İnşa edilmesi gereken bir stratejidir. Mevcut süreçlere ve sorunlara yeni bir bakışla başlar ve ardından seçilen yönde disiplinli bir hareket gerektirir.

Önde gelen yazılım geliştiricileri ve uygulama satıcıları, inşaat sektöründeki değişimin motoru olmayacaktır, çünkü birçoğu için veri odaklı yaklaşım, yerleşik iş modellerine yönelik bir tehdittir.

> *Otomotiv gibi [inşaatın aksine] diğer sektörler çoktan radikal ve yıkıcı bir değişim geçirdi ve dijital dönüşümleri de devam ediyor. İnşaat şirketlerinin hızlı ve kararlı bir şekilde hareket etmesi gerekiyor: çevik şirketler büyük ödüller kazanacak, tereddüt edenler için ise riskler ciddi olacak. Dijital fotoğrafçılığın bu sektörde yol açtığı altüst oluşu düşünün [5].*
>
> - Dünya Ekonomik Forumu raporu Shaping the Future of Construction, 2016

Yeni yaklaşımın fırsatlarını ve faydalarını zamanında fark eden şirketler sürdürülebilir bir rekabet avantajı elde edecek ve büyük tedarikçilerin çözümlerine bağımlı olmadan gelişip büyüyebileceklerdir.

Bu, yaklaşan dijitalleşme fırtınasını sadece atlatmak için değil, aynı zamanda kontrolü ele almak için de bir şans. Bu kitapta sadece sektörün mevcut durumunun bir analizini değil, aynı zamanda yeni inşaat çağında lider olmak ve mesleki deneyiminizi geliştirmek için süreçlerinizi ve işinizi yeniden düşünmek ve yeniden yapılandırmak için somut öneriler bulacaksınız.

İnşaatın dijital geleceği sadece yeni teknolojiler ve programlar kullanmakla değil, aynı zamanda veri işleme ve iş modellerini temelden yeniden düşünmekle ilgilidir.

Şirketiniz bu stratejik değişime hazır mı?

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ **1**

GENEL BAKIŞ ..... **I**

I. BÖLÜM KİL TABLETLERDEN DİJİTAL DEVRİME: İNŞAATTA BİLGİ NASIL EVRİLDİ **2**

BÖLÜM 1.1. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE VERİ KULLANIMININ GELİŞİMİ 3

İnşaat sektöründe veri çağının doğuşu 3

Kil ve papirüsten dijital teknolojiye 4

Veri odaklı deneyim için bir araç olarak süreç 5

İnşaat süreci bilgilerinin dijitalleştirilmesi 8

BÖLÜM 1.2. MODERN İNŞAATTA TEKNOLOJİLER VE YÖNETİM SİSTEMLERİ 11

Dijital devrim ve modüler MRP/ERP sistemlerinin ortaya çıkışı 11

Veri yönetim sistemleri: veri madenciliğinden iş zorluklarına 13

Kurumsal miselyum: veriler iş süreçlerine nasıl bağlanır? 17

BÖLÜM 1.3. DİJİTAL DEVRİM VE VERİ PATLAMASI 20

Evrimsel bir dalga olarak veri hacmi patlamasının başlangıcı 20

Modern bir şirkette üretilen veri miktarı 22

Veri depolamanın maliyeti: ekonomik yönü 23

Veri birikiminin sınırları: kütleden anlama 25

Sonraki adımlar: veri teorisinden pratik değişime 27

BÖLÜM II İNŞAAT SEKTÖRÜ VERİ KAOSUNDA NASIL BOĞULUYOR? **29**

BÖLÜM 2.1. VERI PARÇALANMASI VE SILOLAR 30

Ne kadar çok araç, o kadar verimli iş? 30

Veri siloları ve bunların şirket performansı üzerindeki etkileri 32

Çoğaltma ve parçalanmanın bir sonucu olarak veri kalitesinin eksikliği 36

HiPPO veya karar almada görüşlerin tehlikesi 37

İş süreçlerinin karmaşıklığının ve dinamizminin sürekli artması 40

İnşaat sektöründe Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) ve Beşinci Sanayi Devrimi (Endüstri 5.0) 43

BÖLÜM 2.2. KAOSU DÜZENE DÖNÜŞTÜRMEK VE KARMAŞIKLIĞI AZALTMAK 46

Verimlilik artışının önünde bir engel olarak gereksiz kod ve kapalı sistemler 46
Silolardan tek bir veri ambarına 48
Entegre depolama sistemleri yapay zeka aracılarına geçişi mümkün kılıyor 50
Veri toplamadan karar vermeye: otomasyona giden yol 52
Sonraki adımlar: kaosu yönetilebilir bir sisteme dönüştürmek 54
III BÖLÜM İNŞAAT İŞ SÜREÇLERİNDE VERİ ÇERÇEVESİ 56
BÖLÜM 3.1. İNŞAATTA VERİ TİPLERİ 57
İnşaat sektöründeki en önemli veri türleri 57
Yapılandırılmış veri 61
RDBMS ilişkisel veritabanları ve SQL sorgu dili 63
Veritabanlarında SQL sorguları ve yeni trendler 65
Yapılandırılmamış veri 67
Metin verileri: yapılandırılmamış kaos ve yapı arasında 68
Yarı yapılandırılmış ve gevşek yapılandırılmış veriler 69
Geometrik veriler ve uygulamaları 70
CAD verileri: tasarımdan veri depolamaya 73
BIM (BOM) kavramının ortaya çıkışı ve CAD'in süreçlerde kullanımı 76
BÖLÜM 3.2. VERI UYUMLAŞTIRMA VE YAPILANDIRMA 82
İnşaat sektöründe sistemlerin verilerle doldurulması 82
Veri dönüşümü: modern iş analizinin kritik temeli 85
Veri modelleri: verilerdeki ilişkiler ve öğeler arasındaki ilişkiler 88
Tescilli formatlar ve bunların dijital süreçler üzerindeki etkisi 92
Açık formatlar dijitalleşme yaklaşımını değiştiriyor 96
Paradigma değişimi: Yazılım satıcısı hakimiyeti döneminin sonu olarak Açık Kaynak 97
Yapılandırılmış açık veri: dijital dönüşümün temeli 100
BÖLÜM 3.3. LLM VE VERİ İŞLEME VE İŞ SÜREÇLERİNDEKİ ROLLERİ 103
LLM sohbetleri: ChatGPT, LlaMa, Mistral, Claude, DeepSeek, QWEN, veri süreçlerini otomatikleştirmek için Grok 103
Büyük LLM dil modelleri: nasıl çalışır 104
Hassas şirket verileri için yerel LLM'lerin kullanılması 107
Şirkette yapay zekanın tam kontrolü ve kendi LLM'nizi nasıl dağıtacağınız 109

RAG: Kurumsal verilere erişimi olan akıllı LLM asistanları ... 111
BÖLÜM 3.4. LLM DESTEĞİ VE GELECEKTEKİ PROGRAM DEĞİŞİKLİKLERİ İLE İDE ... 114
Bir IDE seçmek: LLM deneylerinden iş çözümlerine ... 114
LLM destekli IDE ve gelecekteki programlama değişiklikleri ... 116
Python Pandas: verilerle çalışmak için vazgeçilmez bir araç ... 117
DataFrame: tablo verileri için evrensel format ... 121
Sonraki adımlar: sürdürülebilir bir veri çerçevesi oluşturmak ... 124
BÖLÜM IV VERİ KALİTESİ: ORGANİZASYON, YAPILANDIRMA, MODELLEME ... 126
BÖLÜM 4.1. VERILERIN YAPILANDIRILMIŞ BIR FORMA DÖNÜŞTÜRÜLMESI ... 127
Belgeleri, PDF'leri, resimleri ve metinleri yapılandırılmış formatlara nasıl dönüştüreceğinizi öğrenin ... 127
PDF belgesini tabloya dönüştürme örneği ... 128
JPEG, PNG görüntüsünü yapılandırılmış forma dönüştürme ... 132
Metin verilerini yapılandırılmış forma dönüştürme ... 135
CAD (BIM) verilerinin yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesi ... 138
CAD çözüm sağlayıcıları yapılandırılmış veriye geçiyor ... 143
BÖLÜM 4.2. SINIFLANDIRMA VE ENTEGRASYON: INŞAAT VERILERI IÇIN ORTAK BIR DIL ... 146
Karar verme hızı veri kalitesine bağlıdır ... 146
Veri standardizasyonu ve entegrasyonu ... 147
Dijital uyumluluk gereksinimlerle başlar ... 150
Ortak bir yapı dili: dijital dönüşümde sınıflandırıcıların rolü ... 152
Masterformat, OmniClass, Uniclass ve CoClass: sınıflandırma sistemlerinin evrimi ... 155
BÖLÜM 4.3. VERİ MODELLEME VE MÜKEMMELİYET MERKEZİ ... 160
Veri modelleme: kavramsal, mantıksal ve fiziksel model ... 160
İnşaat bağlamında pratik veri modelleme ... 164
LLM ile bir veritabanı oluşturma ... 166
Veri Modelleme Mükemmeliyet Merkezi (CoE) ... 168
BÖLÜM 4.4. GEREKSINIMLERIN SISTEMATIK HALE GETIRILMESI VE BILGILERIN DOĞRULANMASI ... 172
Gereksinimlerin toplanması ve analizi: iletişimin yapılandırılmış verilere dönüştürülmesi ... 172
Süreç akış şemaları ve kavramsal çerçevelerin etkinliği ... 176
Yapılandırılmış gereksinimler ve RegEx düzenli ifadeleri ... 178

Doğrulama süreci için veri toplama 183
Veri doğrulama ve doğrulama sonuçları 185
Denetim sonuçlarının görselleştirilmesi 190
Veri kalitesi kontrollerinin insan yaşamı ihtiyaçları ile karşılaştırılması 192
Sonraki adımlar: verileri doğru hesaplamalara ve planlara dönüştürmek 194

V. BÖLÜM MALİYET VE ZAMAN HESAPLAMALARI: VERİLERİN İNŞAAT SÜREÇLERİNE DAHİL EDİLMESİ 196

BÖLÜM 5.1. INŞAAT PROJELERI IÇIN MALIYET HESAPLAMALARI VE TAHMINLERI 197
İnşaat temelleri: miktar, maliyet ve zaman tahmini 197
Projelerin tahmini maliyetini hesaplama yöntemleri 198
İnşaatta tahmin ve hesaplamaların yapılmasında kaynak temelli yöntem 199
İnşaat kaynakları veri tabanı: inşaat malzemeleri ve işleri kataloğu 200
Kaynak tabanı temelinde maliyetlendirme ve işlerin maliyetlendirilmesi 201
Nihai proje maliyetlendirmesi: tahminlerden bütçeye 206
BÖLÜM 5.2. MIKTAR ÇIKARMA VE OTOMATIK TAHMIN VE PROGRAM OLUŞTURMA 210
3D'den 4D ve 5D'ye geçiş: volumetri ve nicelleştirme kullanımı 210
5D öznitelikler ve CAD'den öznitelik hacimlerinin alınması 210
QTO Quantity Take-Off: proje verilerini niteliklere göre gruplama 214
LLM ve yapılandırılmış veri kullanarak QTO otomasyonu 219
Excel elektronik tablosundan grup kurallarını kullanarak tüm projenin QTO hesaplaması 223
BÖLÜM 5.3. 4D, 6D-8D VE KARBONDIOKSIT EMISYONLARININ HESAPLANMASI CO_2 229
4D modeli: inşaat tahminlerine zamanın entegre edilmesi 229
İnşaat programı ve maliyetlendirme verilerine dayalı otomasyonu 230
Gelişmiş 6D-8D özellik katmanları: enerji verimliliğinden emniyet ve güvenliğe 232
CO_2 tahmini ve inşaat projelerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının hesaplanması 235
BÖLÜM 5.4. İNŞAAT ERP VE PMIS SİSTEMLERİ 240
İnşaat ERP sistemleri örneğinde hesaplamalar ve tahminler 240
PMIS: ERP ve şantiye arasındaki orta yol 245
ERP ve PMIS'de spekülasyon, kâr, kapatma ve şeffaflık eksikliği 246
Kapalı ERP/PMIS döneminin sonu: inşaat sektörünün yeni yaklaşımlara ihtiyacı var 249
Sonraki adımlar: proje verilerinin etkin kullanımı 251

BÖLÜM VI CAD VE BIM: PAZARLAMA, GERÇEKLİK VE İNŞAATTA TASARIM VERİLERİNİN GELECEĞİ 254

BÖLÜM 6.1. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BIM KAVRAMININ ORTAYA ÇIKIŞI 255

CAD satıcılarının pazarlama kavramları olarak BIM ve açık BIM'in ortaya çıkış tarihi 255

BIM gerçeği: entegre veri tabanları yerine kapalı modüler sistemler 258

İnşaat sektöründe açık format IFC'nin ortaya çıkışı 260

Geometrik çekirdeğe bağlı olarak IFC formatı sorunu 262

İnşaatta anlambilim ve ontoloji temasının ortaya çıkışı 265

Semantik teknolojiler inşaat sektöründe neden beklentileri karşılayamıyor? 267

BÖLÜM 6.2. KAPALI PROJE FORMATLARI VE BIRLIKTE ÇALIŞABILIRLIK SORUNLARI 271

Kapalı veri ve düşen üretkenlik: CAD (BIM) endüstrisinin çıkmazı 271

CAD sistemleri arasında birlikte çalışabilirlik efsanesi 273

USD ve granüler verilere geçiş 277

BÖLÜM 6.3. İNŞAATTA GEOMETRİ: ÇİZGİLERDEN METREKÜPLERE 281

Çizgiler paraya dönüştüğünde veya inşaatçılar neden geometriye ihtiyaç duyar? 281

Çizgilerden hacimlere: alan ve hacim nasıl veriye dönüşür? 281

MESH, USD ve çokgenlere geçiş: geometri için mozaikleme kullanma 284

LOD, LOI, LOMD - CAD'de (BIM) benzersiz bir ayrıntı sınıflandırması 285

Yeni CAD (BIM) standartları - AIA, BEP, IDS, LOD, COBie 288

BÖLÜM 6.4. TASARIM PARAMETRELENDİRMESİ VE CAD İŞLEMİ İÇİN LLM KULLANIMI 293

CAD (BIM) verilerinin benzersizliği yanılsaması: analitik ve açık formatlara giden yol 293

Parametreler aracılığıyla tasarım: CAD ve BIM'in geleceği 296

Tasarım CAD veri süreçlerinde LLM'nin ortaya çıkışı 299

LLM ve Pandas ile DWG dosyalarının otomatik analizi 302

Sonraki adımlar: kapalı formatlardan açık veriye geçiş 308

BÖLÜM VII VERIYE DAYALI KARAR VERME, ANALITIK, OTOMASYON VE MAKINE ÖĞRENIMI ... 311

BÖLÜM 7.1. VERI ANALITIĞI VE VERIYE DAYALI KARAR VERME 312

Karar vermede bir kaynak olarak veri 312

Veri görselleştirme: içgörü ve karar vermenin anahtarı 316

KPI ve ROI performans göstergeleri 318

Gösterge tabloları ve panolar: etkili yönetim için ölçümlerin görselleştirilmesi 320

Veri analizi ve soru sorma sanatı 321
BÖLÜM 7.2. MANUEL ÇABA OLMADAN VERİ AKIŞI: ETL NEDEN GEREKLİ 324
ETL otomasyonu: daha düşük maliyetler ve daha hızlı veri işleme 324
ETL Extract: veri toplama 328
ETL Dönüşümü: doğrulama ve dönüştürme kurallarının uygulanması 331
ETL Yüklemesi: Sonuçları çizelge ve grafiklerde görselleştirin 333
ETL Yüklemesi: Otomatik PDF Oluşturma 339
ETL Yüklemesi: FPDF'lerden otomatik belge oluşturma 340
ETL Yüklemesi: Raporlama ve diğer sistemlere yükleme 344
LLM ile ETL: PDF Belgelerindeki Verileri Görselleştirme 345
BÖLÜM 7.3. OTOMATİK ETL KONVEYÖR (BORU HATTI) 350
Boru Hattı: Otomatik ETL veri boru hattı 350
LLM ile boru hattı-ETL veri doğrulama süreci 354
Boru hattı-ETL: CAD'de (BIM) proje unsurlarının veri ve bilgi doğrulaması 356
BÖLÜM 7.4. ETL VE İŞ AKIŞLARININ ORKESTRASYONU: PRATİK ÇÖZÜMLER 362
DAG ve Apache Airflow: iş akışlarının otomatikleştirilmesi ve düzenlenmesi 362
Apache Airflow: ETL otomasyonu üzerine pratik bir uygulama 363
Yönlendirme ve veri dönüşümü için Apache NiFi 367
n8n Low-Code, No-Code süreç düzenlemesi 368
Sonraki adımlar: manuel işlemlerden analitik tabanlı çözümlere geçiş 371
BÖLÜM VIII İNŞAATTA VERİ DEPOLAMA VE YÖNETİMİ 373
BÖLÜM 8.1. VERI ALTYAPISI: DEPOLAMA FORMATLARINDAN DIJITAL DEPOLAR 374
Veri atomları: etkili bilgi yönetiminin temeli 374
Bilgi depolama: dosyalar veya veriler 375
Büyük veri depolama: popüler formatların ve verimliliklerinin analizi 377
Apache Parquet ile depolamayı optimize edin 380
DWH: Veri Ambarı veri ambarları 382
Veri Gölü - ELT'de ETL'nin evrimi: geleneksel temizlemeden esnek işlemeye 384
Data Lakehouse mimarisi: ambarlar ve veri göllerinin sinerjisi 386
CDE, PMIS, ERP veya DWH ve Veri Gölü 389

BÖLÜM 8.2. VERİ AMBARI YÖNETİMİ VE KAOSUN ÖNLENMESİ 392
Vektör Veritabanları ve Sınırlama Kutusu 392
Veri Yönetişimi, Veri Minimalizmi ve Veri Bataklıkları 395
DataOps ve VectorOps: verilerle çalışmak için yeni standartlar 398
Sonraki adımlar: kaotik depolamadan yapılandırılmış depolamaya 400
IX BÖLÜM BÜYÜK VERI, MAKINE ÖĞRENIMI VE TAHMINLER 402
BÖLÜM 9.1. BÜYÜK VERİ VE ANALİZİ 403
İnşaat sektöründe büyük veri: sezgiden öngörülebilirliğe 403
Büyük verinin fizibilitesinin sorgulanması: korelasyon, istatistik ve veri örnekleme 404
Büyük veri: San Francisco'nun bir milyon inşaat ruhsatı veri setinden elde edilen verilerin analizi 407
CAD (BIM) verilerine dayalı büyük veri örneği 413
IoT Nesnelerin İnterneti ve akıllı sözleşmeler 417
BÖLÜM 9.2. MAKİNE ÖĞRENMESİ VE TAHMİNLER 421
Makine öğrenimi ve yapay zeka inşaat yapma şeklimizi değiştirecek 421
Öznel değerlendirmeden istatistiksel tahmine 424
Titanic veri seti: Veri analitiği ve büyük veri dünyasında Merhaba Dünya 425
Makine öğrenimi iş başında: Titanik yolcularından proje yönetimine 430
Geçmiş verilere dayalı tahminler ve öngörüler 434
Makine öğreniminin temel kavramları 437
BÖLÜM 9.3. MAKİNE ÖĞRENMESİ KULLANARAK MALİYET VE PROGRAM TAHMİNİ ÖĞRENME 440
Proje maliyetini ve programını bulmak için makine öğrenimini kullanmaya bir örnek 440
Doğrusal regresyon kullanarak proje maliyet ve zaman tahmini 442
K-en yakın komşu (k-NN) algoritması kullanılarak proje maliyet ve zaman tahminleri 445
Sonraki adımlar: depolamadan analiz ve tahmine 449
X BÖLÜM DİJİTAL ÇAĞDA İNŞAAT SEKTÖRÜ. FIRSATLAR VE ZORLUKLAR 452
BÖLÜM 10.1. HAYATTA KALMA STRATEJİLERİ: REKABET AVANTAJI OLUŞTURMAK 453
Hesaplamalar yerine korelasyonlar: inşaat analitiğinin geleceği 453
İnşaatta veri odaklı yaklaşım: yeni bir altyapı düzeyi 456
Yeni nesil dijital ofis: Yapay zeka çalışma alanını nasıl değiştiriyor? 458

Açık veri ve uberleşme mevcut inşaat işleri için bir tehdit 460
Dönüşüm için zamanı kullanmak için son şans olarak uberleşmenin çözülmemiş sorunları 463
BÖLÜM 10.2. VERİ ODAKLI BİR YAKLAŞIMI UYGULAMAYA YÖNELİK PRATİK BİR REHBER 468
Teoriden Pratiğe: İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm için Bir Yol Haritası 468
Dijital temelin atılması: Dijital olgunluğa giden 1-5 adım 470
Verilerin potansiyelini açığa çıkarma: Dijital olgunluğa giden 5-10 adım 475
Dönüşüm yol haritası: kaostan veri odaklı bir şirkete 482
Endüstri 5.0 inşaat: Artık saklanamadığınızda nasıl para kazanabilirsiniz? 485
SONUÇ 487
YAZAR HAKKINDA 490
DAHA FAZLA ILIŞKI 491
ÇEVIRI YORUMU 491
DIĞER BECERI VE KAVRAMLAR 492
SÖZLÜK 496
REFERANS LİSTESİ VE ÇEVRİMİÇİ MATERYALLER 503
KONU İNDEKSİ 519

BASILI VERSIYON ILE MAKSIMUM KOLAYLIK

Veri Odaklı İnşaat kitabının ücretsiz dijital versiyonuna sahipsiniz. Daha rahat çalışmak ve materyallere hızlı erişim için **basılı baskıya** dikkat etmenizi öneririz:

- **Her zaman elinizin** altında: Basılı formattaki kitap, her türlü çalışma durumunda doğru görselleştirmeleri ve diyagramları hızlı bir şekilde bulmanızı ve kullanmanızı sağlayan güvenilir bir çalışma aracı haline gelecektir
- **Yüksek kaliteli çizimler**: basılı baskıdaki tüm görseller ve grafikler maksimum kalitede sunulmuştur
- **Bilgiye hızlı erişim**: kolay gezinme, not alma, yer imi koyma ve kitapla her yerde çalışma olanağı.

Kitabın tam basılı versiyonunu satın alarak, bilgi ile rahat ve verimli çalışmak için kullanışlı bir araç elde edersiniz: günlük işlerde görsel materyalleri hızlı bir şekilde kullanma, gerekli şemaları hızlı bir şekilde bulma ve not alma yeteneği. Ayrıca, satın alma işleminiz açık bilginin yayılmasını da desteklemektedir.

Kitabın basılı versiyonunu şu adresten sipariş edebilirsiniz: datadrivenconstruction.io/books

I KISIM

KİL TABLETLERDEN DİJİTAL DEVRİME: İNŞAATTA BİLGİ NASIL EVRİLDİ

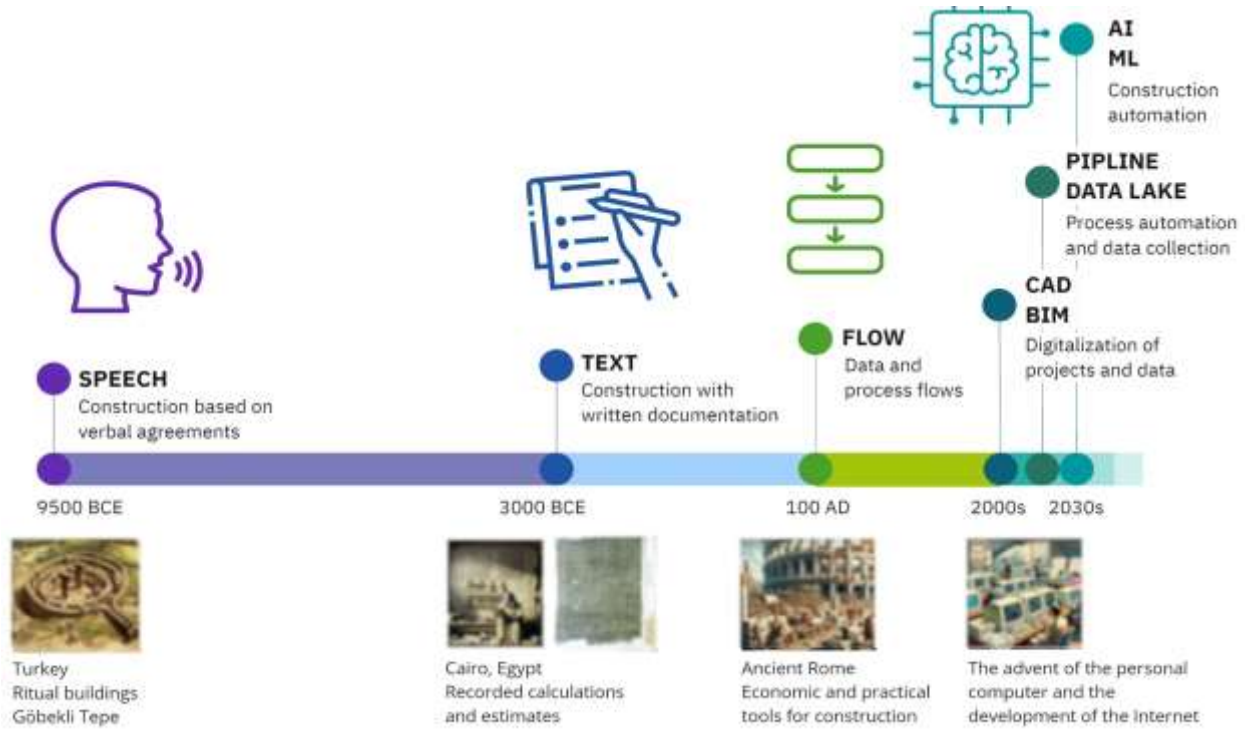
Kitabın ilk bölümü, fiziksel ortamdaki ilkel kayıtlardan modern dijital ekosistemlere kadar inşaat sektöründe veri yönetiminin tarihsel gelişimini incelemektedir. Bilgi yönetimi teknolojilerinin dönüşümünü, ERP sistemlerinin ortaya çıkışını ve veri parçalanmasının iş süreçlerinin verimliliği üzerindeki etkisini analiz etmektedir. Bilginin dijitalleşmesi sürecine ve öznel uzman yargısı yerine nesnel analizin artan önemine özellikle dikkat edilmektedir. Modern inşaat sektörünün karşı karşıya olduğu bilgi hacminin katlanarak büyümesi ve kurumsal sistemler için ilgili zorluklar ayrıntılı olarak incelenmektedir. İnşaat sektörünün dördüncü ve beşinci sanayi devrimleri bağlamında konumlandırılmasının yanı sıra sürdürülebilir rekabet avantajı yaratmak için yapay zeka ve veri merkezli yaklaşımların kullanılma potansiyeli araştırılmaktadır.

BÖLÜM 1.1.
İNŞAAT SEKTÖRÜNDE VERİ KULLANIMININ EVRİMİ

İnşaat sektöründe veri çağının doğuşu

Yaklaşık 10.000 yıl önce, Neolitik çağda, insanlık gelişiminde devrim niteliğinde bir geçiş yaparak göçebe yaşam tarzını yerleşik yaşam lehine terk etti ve bu da kil, ahşap ve taştan yapılmış ilk ilkel binaların ortaya çıkmasına neden oldu [6]. Bu andan itibaren inşaat sektörünün tarihi başlar.

Medeniyetler geliştikçe mimari de giderek karmaşıklaştı ve ilk ritüel tapınaklar ve kamu binaları ortaya çıktı. Mimari tasarımların artan karmaşıklığı, antik çağ mühendislerinin ve yöneticilerinin ilk kayıtları ve hesaplamaları oluşturmalarını gerektirmiştir. Kil tabletler ve papirüsler üzerindeki ilk kayıtlar genellikle ihtiyaç duyulan yapı malzemelerinin miktarını, maliyetini ve yapılan iş için ödemeyi hesaplamanın ardındaki mantığın bir tanımını içeriyordu [7]. Böylece, modern dijital teknolojilerin ortaya çıkmasından çok önce inşaatta veri kullanımı dönemi başlamıştır (Şekil 1.1-1).

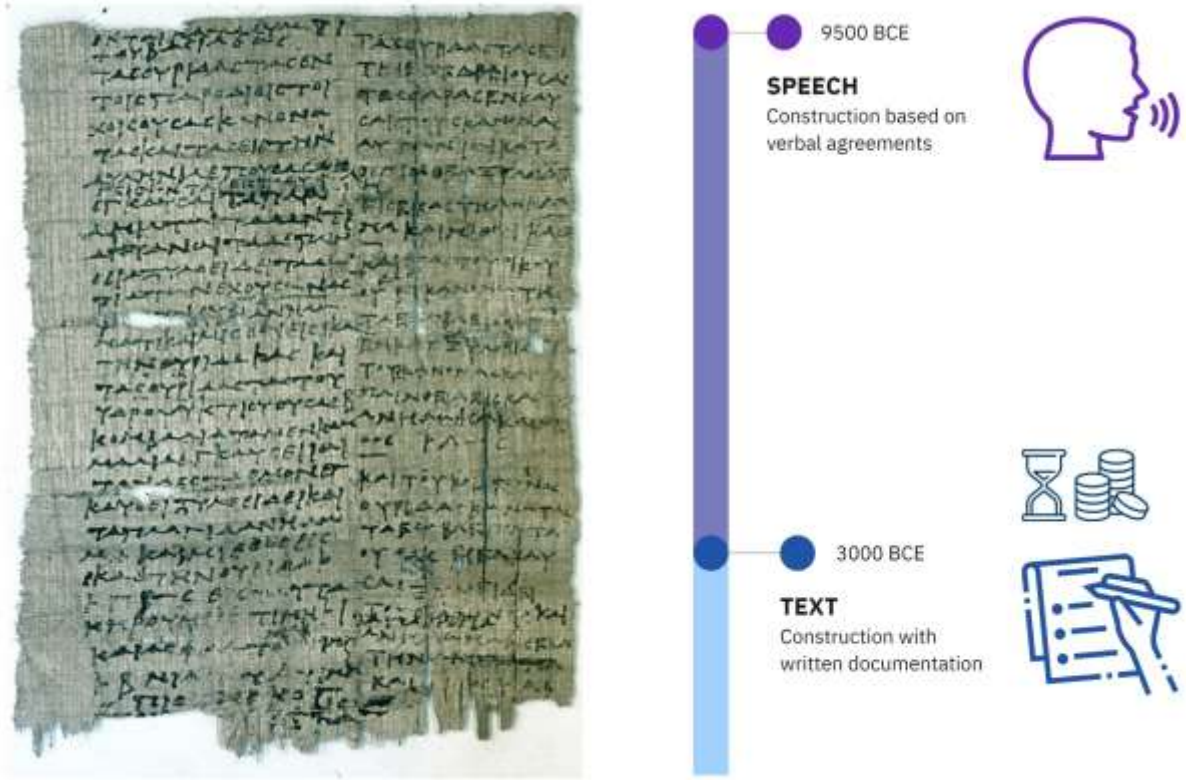


Şekil 1.1-1 İnşaatta bilgi teknolojilerinin gelişim kronolojisi: sözel bilgiden yapay zekaya.

Kil ve papirüsten dijital teknolojiye

İnşaat alanındaki ilk belgesel kanıtlar, MÖ 3000-4000 yıllarında piramitlerin inşa edildiği döneme kadar uzanmaktadır[7]. O zamandan bu yana, yazılı kayıtların tutulması inşaat sektöründeki ilerlemeyi kolaylaştırmış ve ona eşlik etmiş, sonraki 10.000 yıl boyunca inşaat yöntemleri ve mimaride önemli yeniliklere yol açan bilginin birikmesine ve sistematik hale getirilmesine olanak sağlamıştır.

Binlerce yıl öncesine ait kil tabletler, papirüsler (Şekil 1.1-2) veya 1980'lerde "A0" kağıtları gibi inşaat alanındaki ilk fiziksel ortamların veri kaydetmek için kullanılması, başlangıçta bu bilgilerin yeni projelere uygulanmasına yönelik değildi. Bu tür kayıtların temel amacı, gerekli malzemelerin ve işin maliyetinin hesaplanması da dahil olmak üzere projenin mevcut durumunu detaylandırmaktı. Benzer şekilde, günümüz dünyasında, dijital tasarım verilerinin ve modellerinin mevcudiyeti, bunların gelecekteki projelerde uygulanmasını her zaman garanti etmez ve genellikle gerekli malzemelerin ve inşaat maliyetlerinin mevcut hesaplamaları için bilgi olarak hizmet eder.



Şek. 1.1-2 Bir kraliyet sarayındaki çeşitli pencere tiplerinin enkaustik tekniği kullanılarak boyanmasının maliyetini anlatan MÖ 3. yüzyıla ait bir papirüs.

> İnsanlığın inşaat proje yönetiminde sözlü konuşmalardan yazılı belgelere geçmesi yaklaşık 5.000 yıl sürdü ve planlama ve kontrol için birincil kaynak olarak kağıttan dijital verilere geçmesi de aynı süreyi aldı.

Ticaretin ve parasal ilişkilerin gelişmesi nasıl yazının ve anlaşmazlıkları çözmek için ilk avukatların ortaya çıkmasını teşvik ettiyse, inşaatta malzeme maliyetlerinin ve iş kapsamlarının ilk kayıtları da inşaat sektöründe, görevleri proje zaman çizelgeleri ve maliyetleri hakkında temel bilgileri belgelemek, izlemek ve bunlardan sorumlu olmak olan ilk yöneticilerin ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Günümüzde veriler çok daha önemli bir rol oynamaktadır: sadece alınan kararları kaydetmekle kalmaz, aynı zamanda geleceği tahmin etmek ve modellemek için bir araç haline gelir. Bu, proje yönetimindeki modern süreç yaklaşımının üzerine inşa edildiği temeldir - birikmiş deneyimi yapılandırılmış ve doğrulanabilir verilere dayalı bir karar verme sistemine dönüştürmek.

Veri odaklı deneyim için bir araç olarak süreç

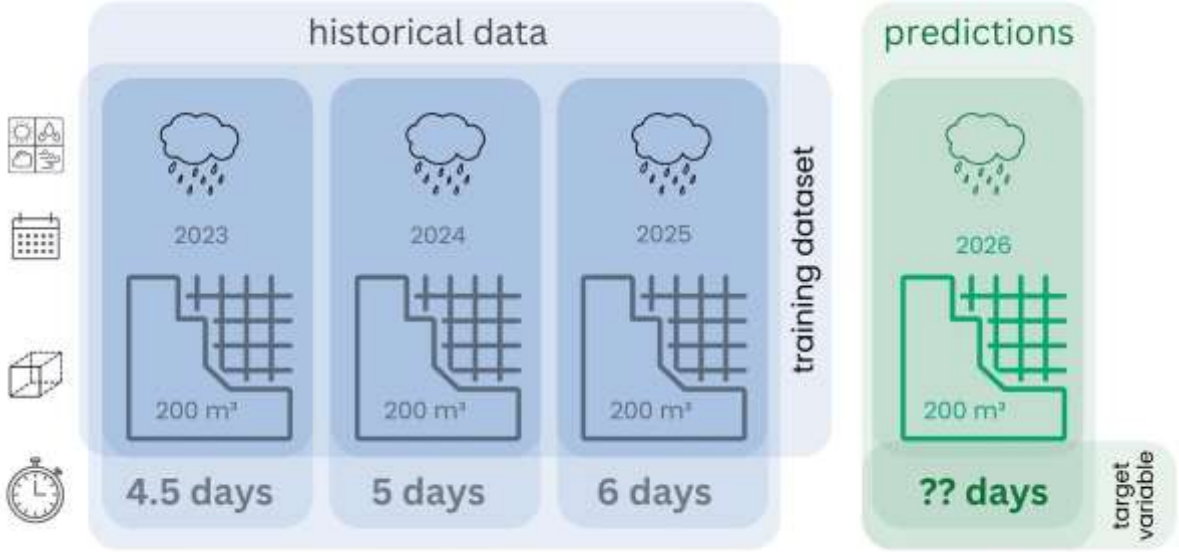
Her sürecin merkezinde, geçmiş deneyimin geleceği planlamak için bir araca dönüştürülmesi yer alır. Modern anlamda deneyim, bilgiye dayalı tahminler yapmak için analiz edilebilen yapılandırılmış bir veri kümesidir.

> Geçmiş veriler, yapılan işin sonuçlarını açıkça gösterdiği ve bu sonuçları etkileyen faktörler hakkında fikir verdiği için tahminlerin temelini oluşturur.

Monolitik inşaattan somut bir örnek verelim: genellikle işlerin zamanlaması planlanırken beton hacmi, yapının karmaşıklığı ve hava koşulları dikkate alınır. Belirli bir şantiye ustabaşının veya şirketin son üç yıllık (2023-2025) geçmiş verilerinin, yağmurlu havalarda 200 m²'lik monolitik bir yapının dökülmesinin 4,5 ila 6 gün arasında sürdüğünü gösterdiğini varsayalım (Şekil 1.1-3). Bu birikmiş istatistikler, gelecekteki projelerde benzer işleri planlarken teslim sürelerini tahmin etmek ve kaynakları maliyetlendirmek için temel oluşturur. Ustabaşı veya tahmin uzmanı, bu geçmiş verilere dayanarak, 2026 yılında benzer koşullar altında gelecekteki benzer işleri tamamlamak için gereken süre hakkında deneyime dayalı bilinçli bir tahmin yapabilir.

Zaman tahminlerinin söz konusu olduğu bu durumda analitik süreç, farklı verileri yapılandırılmış deneyime ve ardından hassas bir planlama aracına dönüştüren bir mekanizma görevi görür. Veri ve süreçler, biri olmadan diğerinin var olamayacağı tek bir ekosistemdir.

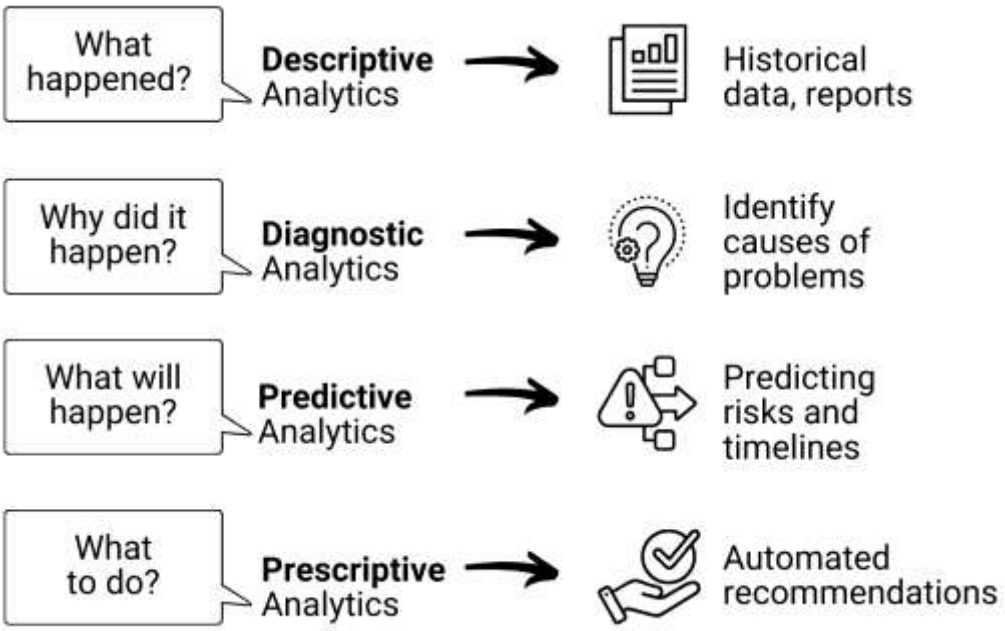
> *Sayılabilir olanı sayın, ölçülebilir olanı ölçün ve ölçülebilir olmayanı ölçülebilir hale getirin [8].*
>
> - Galileo Galilei



Şekil 1.1-3 Geçmiş veriler, gelecekteki değerlerden birini tahmin etmek için bir eğitim veri seti görevi görür

Günümüz iş dünyasında veri analitiği etkili proje yönetimi, süreç optimizasyonu ve stratejik karar alma süreçlerinin kritik bir bileşeni haline gelmektedir. İnşaat sektörü, her biri belirli bir soruyu yanıtlayan ve benzersiz faydalar sağlayan dört temel analitik seviyesinde kademeli olarak uzmanlaşmaktadır (Şekil 1.1-4):

- **Tanımlayıcı analitik** - "*ne oldu*?" sorusuna yanıt verir ve geçmiş olaylar ve sonuçlar hakkında geçmiş veriler ve raporlar sağlar: son üç yılda (2023-2025), yağmurlu havalarda 200m²'lik monolitik bir yapının dökülmesi 4,5 ila 6 gün arasında sürdü.
- **Teşhis analitiği** - sorunların nedenlerini belirleyerek "*bu neden oldu?*" sorusuna cevap verir: analiz, monolitik yapının dökülme süresinin yağmurlu hava nedeniyle arttığını ve bunun da betonun kürlenme sürecini yavaşlattığını göstermektedir
- **Tahmine** dayalı **analitik** - ileriye dönük, "*ne olacak*?" sorusunu yanıtlayarak olası riskleri ve teslim sürelerini tahmin etme: geçmiş verilere dayanarak, 2026 yılında yağmurlu bir havada 200 m²'lik benzer bir monolitik yapının dökülmesinin, bilinen tüm faktörler ve eğilimler dikkate alınarak yaklaşık 5,5 gün süreceği tahmin edilmektedir.
- **Kuralcı analitik** - otomatik öneriler sunar ve "*ne yapmalı*?" sorusuna yanıt vererek şirketlerin en uygun eylemleri seçmesine olanak tanır: Örneğin, işi optimize etmek için şunlar önerilir: yüksek nem koşullarında beton kürünü hızlandırmak için özel katkı maddeleri kullanmak; yağış olasılığının en düşük olduğu dönemler için dökümü planlamak; olumsuz hava koşullarında bile çalışma süresini 4-4,5 güne indirecek yapı için geçici barınaklar ayarlamak.



Şekil 1.1-4 Ana analitik türleri: geçmiş tanımlamadan otomatik karar vermeye kadar.

Sistem analitiğine ve veri odaklı yönetime geçiş anlamına gelen tam teşekküllü dijital dönüşüm, sadece dış kaynak kullanımını değil, yetkin bir iç ekibin oluşturulmasını da gerektirir. Böyle bir ekibin kilit üyeleri, iş birimleriyle yakın işbirliği içinde çalışacak olan ürün yöneticileri, veri mühendisleri, analistler ve geliştiriciler olmalıdır (Şekil 4.3-9). Bu işbirliği, akıllı analitik sorular sormak ve işle ilgili karar verme görevlerini etkili bir şekilde parametrelendirmek için gereklidir. Bilgi toplumunda veri sadece yardımcı bir araç değil, tahmin ve optimizasyonun temeli haline gelir.

İnşaat sektöründe dijital dönüşüm, tesislerin tasarlanma, yönetilme ve işletilme şeklini temelden değiştiriyor. Bu süreç, inşaat sürecinin tüm yönlerinin analize uygun dijital bir forma dönüştürüldüğü bilginin dijitalleştirilmesi olarak adlandırılmaktadır.

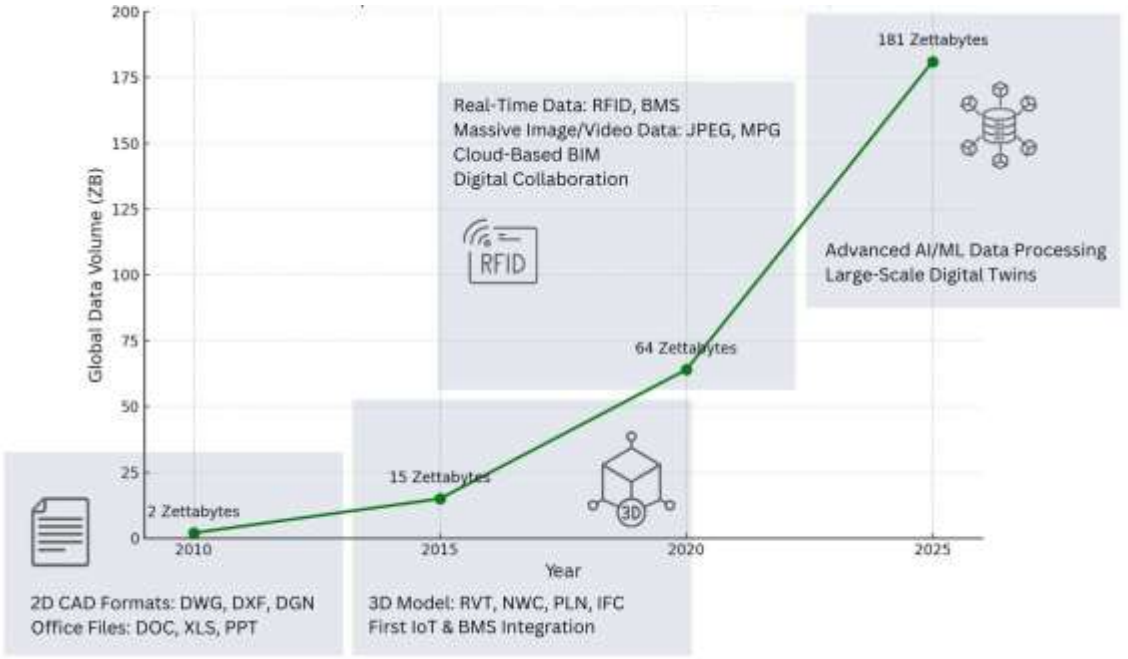
İnşaat süreci bilgilerinin dijitalleştirilmesi

Binlerce yıldır, inşaatta kaydedilen bilgi miktarı neredeyse hiç değişmemiştir, ancak son yıllarda hızla artmıştır (Şekil 1.1-5).

> PwC çalışmasına göre® "Yönetilen Veri. Hızla Değişen İş Dünyasında Başarılı Olmak İçin Gerekenler" (2015) [9] başlıklı çalışmaya göre, dünyadaki tüm verilerin%90'ı son iki yıl içinde (2015 itibariyle) oluşturulmuştur. Ancak çoğu şirket bu verilerden tam olarak faydalanamamaktadır çünkü bu veriler ya silo sistemlerinde kalmakta ya da gerçek bir analiz yapılmadan basitçe arşivlenmektedir.

Veri hacmindeki artış son yıllarda hızlanarak 2015 yılında 15 zettabayt iken 2025 yılında iki katına

çıkarak 181 zettabayta ulaşmıştır [10]. İnşaat ve tasarım şirketlerinin sunucuları her gün proje dokümantasyonu, iş programları, hesaplamalar ve hesaplamalar, finansal raporlar ile dolmaktadır. 2D/3D çizimler için DWG, DXF ve DGN formatları, 3D modeller için ise RVT, NWC, PLN ve IFC™ formatları kullanılmaktadır. Metin belgeleri, tablolar ve sunumlar DOC, XLSX ve PPT formatlarında kaydedilir. Şantiyeden video ve görüntülere ek olarak - MPG ve JPEG olarak, IoT bileşenlerinden, RFID® etiketlerinden (tanımlama ve izleme) ve BMS bina yönetim sistemlerinden (izleme ve kontrol) gerçek zamanlı veriler



Şekil 1.1-5 Parabolik veri büyümesi 2010-2025 ([10] temel alınmıştır).

Bilginin hızla artmasıyla birlikte, inşaat sektörü sadece veri toplama ve saklama değil, aynı zamanda doğrulama, onaylama, ölçülebilirlik ve analitik işleme ihtiyacı ile karşı karşıya kalmaktadır. Günümüzde sektör, inşaat faaliyetinin tüm yönlerinin analiz, yorumlama ve otomasyona uygun dijital bir forma sistematik olarak dönüştürülmesi olan bilgi dijitalleşmesinin aktif bir aşamasından geçmektedir.

> Bilginin dijitalleştirilmesi, bir inşaat projesinin tüm varlıkları ve unsurları ile inşaat sürecinin kendisi hakkında - daha önce hiç bilgi olarak kabul etmediklerimiz de dahil olmak üzere - bilgi almak ve bilgiyi ölçülebilir ve analiz edilmesi kolay hale getirmek için bir veri formatına dönüştürmek anlamına gelir.

İnşaat bağlamında bu, analitik modeller oluşturmak için şantiyedeki makine ve insan hareketlerinden şantiyedeki hava ve iklim koşullarına, mevcut malzeme fiyatlarından merkez bankası faiz oranlarına kadar projelerin tüm unsurlarına ve tüm süreçlere ilişkin bilgilerin yakalanması ve dijitalleştirilmesi anlamına gelmektedir.

> *Eğer bahsettiğiniz şeyi ölçebiliyor ve sayılarla ifade edebiliyorsanız, o zaman konu hakkında bir şeyler biliyorsunuz demektir. Ancak bunu niceliksel olarak ifade edemiyorsanız, bilginiz son derece sınırlı ve yetersizdir. Bu bir başlangıç noktası olabilir, ancak gerçek bilimsel bilgi düzeyi değildir. [11].*
>
> - W. Thomson (Lord Kelvin), 1824-1907, İngiliz bilim adamı

Bilginin dijitalleşmesi, yalnızca adam-saat veya gerçek malzeme maliyetleri gibi temel ölçümlerin kaydedildiği geleneksel bilgi toplama yaklaşımının çok ötesine geçmektedir. Günümüzde neredeyse her olay, gelişmiş analitik araçları ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak derinlemesine analize uygun bir veri akışına dönüştürülebilmektedir. İnşaat sektörü, kağıt çizimler, Excel tabloları ve sözlü talimatlardan, bir projenin her unsurunun veri kaynağı haline geldiği dijital sistemlere (Şekil 1.2-4) doğru köklü bir değişim geçirmiştir. Mühendislerden şantiyedeki inşaat işçilerine kadar çalışanlar bile artık dijital değişkenler ve veri setlerinden oluşan bir koleksiyon olarak görülüyor.

> KPMG'nin "Tanıdık Zorluklar - Yeni Yaklaşımlar: Küresel İnşaat Araştırması 2023" raporuna göre, dijital ikizler, yapay zeka (AI) ve Büyük Veri, proje karlılığını artırmak için temel itici güçler olarak ortaya çıkmaktadır [2].

Modern teknolojiler sadece bilgi toplamayı basitleştirerek büyük ölçüde otomatik hale getirmekle kalmıyor, aynı zamanda veri depolama maliyetini de radikal bir şekilde düşürüyor. Sonuç olarak, şirketler seçici bir yaklaşımdan uzaklaşmakta ve daha sonra analiz etmek üzere tüm bilgi dizisini depolamayı tercih etmektedir (Şekil 2.1-5), bu da gelecekte süreçleri optimize etmek için potansiyel fırsatlar yaratmaktadır.

> Bilginin dijitalleşmesi ve dijitalleşme, bilginin gizli kalmış, daha önce kullanılmamış değerinin ortaya çıkarılmasını mümkün kılmaktadır. Doğru şekilde düzenlendiği takdirde veriler yeniden kullanılabilir, yeniden yorumlanabilir ve yeni hizmet ve çözümlere entegre edilebilir.

Gelecekte, bilginin dijitalleşmesi muhtemelen belge yönetiminin tam otomasyonuna, kendi kendini yöneten inşaat süreçlerinin başlatılmasına ve yeni mesleklerin ortaya çıkmasına yol açacaktır - inşaat veri analistleri, yapay zeka proje yönetimi uzmanları ve dijital mühendisler. İnşaat projeleri dinamik bilgi kaynakları haline gelecek ve karar alma mekanizması sezgiye veya öznel deneyime değil, güvenilir ve tekrarlanabilir dijital gerçeklere dayanacaktır

> *Bilgi 21. yüzyılın petrolü, analitik ise içten yanmalı motorudur [12].*
>
> - Peter Sondergaard, Kıdemli Başkan Yardımcısı, Gartner®

> IoT Analytics 2024'e [13] göre, veri yönetimi ve analitiğine yönelik küresel harcamaların 2023'te 185,5 milyar dolardan 2030'a kadar%16'lık yıllık bileşik büyüme oranıyla 513,3 milyar dolara çıkması beklenmektedir. Ancak tüm bileşenler aynı oranda büyümemektedir: analitik hızla büyürken depolama alanındaki büyüme yavaşlamaktadır. Analitik, veri yönetimi ekosistemindeki en hızlı büyümeyi sağlayacaktır: 2023 yılında 60,6 milyar $ olan analitiğin, yıllık%27'lik bileşik büyüme oranıyla 2030 yılına kadar 227,9 milyar $'a çıkması beklenmektedir.

Bilginin dijitalleşmesinin hızlanması ve bilgi hacminin hızla büyümesiyle birlikte, inşaat proje ve şirket yönetimi, çeşitli ve genellikle heterojen verilerin sistematik olarak depolanması, analiz edilmesi ve işlenmesi ihtiyacıyla karşı karşıya kalmıştır. Bu zorluğa yanıt olarak, 1990'ların ortalarından itibaren sektör, elektronik tablolar ve tasarım hesaplamalarından çizimlere ve sözleşmelere kadar belgelerin elektronik olarak oluşturulması, depolanması ve yönetilmesi yönünde büyük bir değişim başlattı.

İmza, fiziksel depolama, düzenli revizyon ve dolaplarda arşivleme gerektiren geleneksel kağıt belgelerin yerini yavaş yavaş, verileri yapılandırılmış bir şekilde - özel uygulamaların veri tabanlarında - depolayan dijital sistemler alıyor.

BÖLÜM 1.2.
MODERN İNŞAATTA TEKNOLOJİLER VE YÖNETİM SİSTEMLERİ

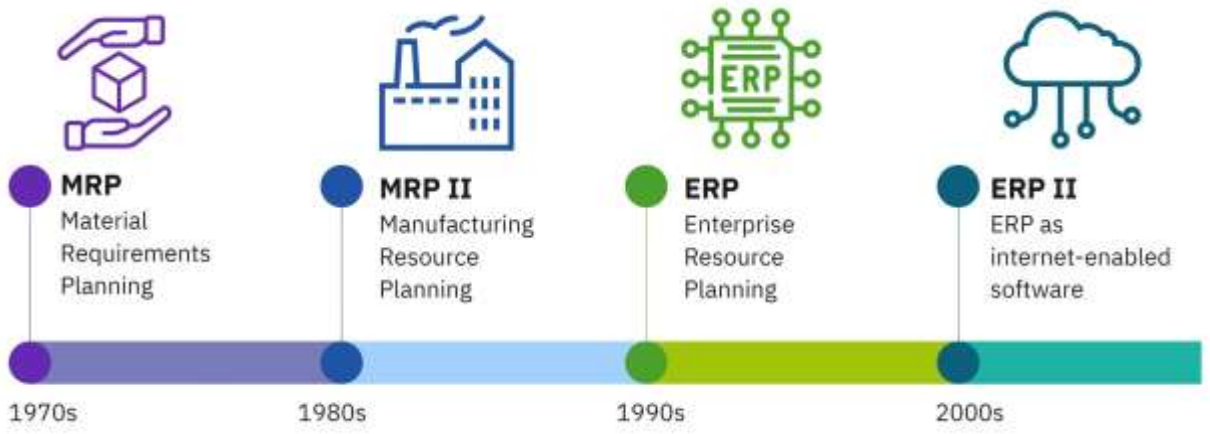
Dijital devrim ve modüler MRP/ERP -sistemlerinin ortaya çıkışı

Modern dijital veri depolama ve işleme çağı, 1950'lerde büyük miktarda bilginin depolanması ve kullanılmasının önünü açan manyetik bandın ortaya çıkmasıyla başladı. Bir sonraki atılım, inşaat sektöründe veri yönetimi yaklaşımını kökten değiştiren disk sürücülerinin ortaya çıkmasıydı.

Veri ambarı 'un gelişmesiyle birlikte çok sayıda şirket çözüm pazarına girmiş ve veri oluşturmak, depolamak, işlemek ve rutin görevleri otomatikleştirmek için modüler yazılımlar geliştirmeye başlamıştır

> Bilgi ve araçların katlanarak büyümesi, tek tek dosyalarla çalışmayan, ancak süreçler ve projeler arasındaki veri akışını yönetmeye ve kontrol etmeye yardımcı olan entegre, modüler çözümlere ihtiyaç duyulmasına neden oldu.

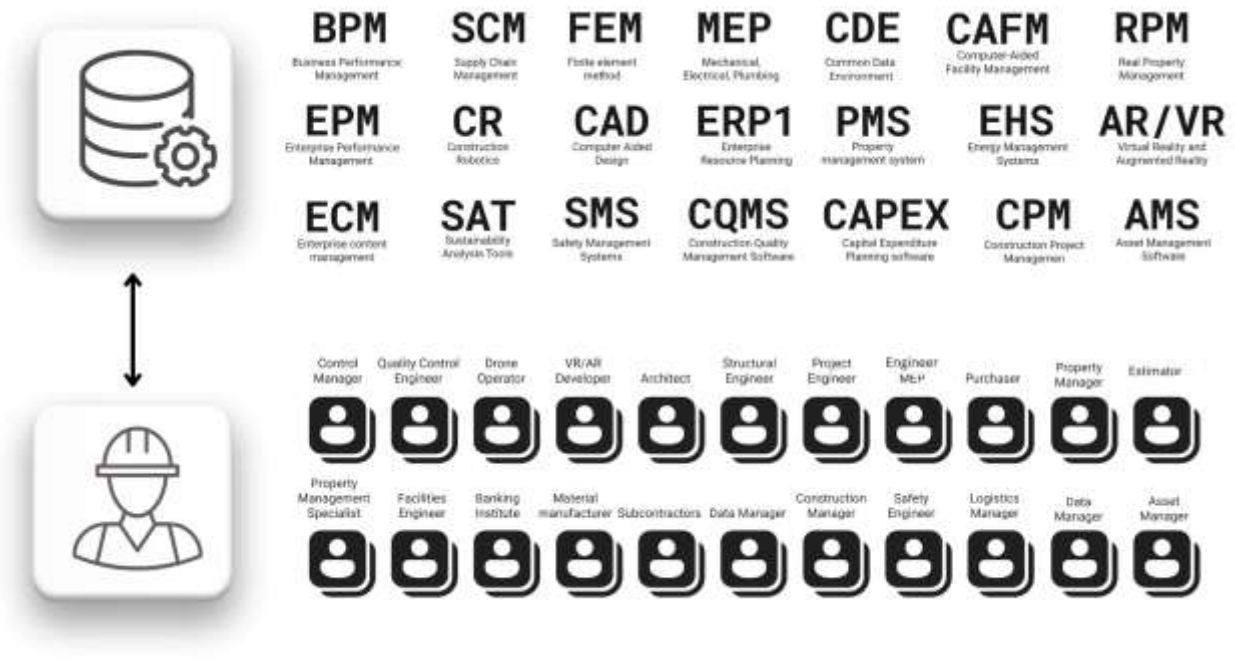
İlk kapsamlı platform araçları yalnızca belgeleri saklamakla kalmamalı, aynı zamanda süreçlerdeki tüm değişiklik taleplerini ve işlemleri de belgelemeliydi: bunları kimin başlattığı, talebin kapsamının ne olduğu ve nihayetinde bir değer veya nitelik olarak neyin kaydedildiği. Bu amaçlar doğrultusunda, doğru hesaplamaları ve alınan kararları takip edebilecek bir sisteme ihtiyaç vardı (Şekil 1.2-1). Bu tür platformlar1990'ların başından itibaren popüler hale gelen ilk MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) ve ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması) sistemleriydi [14].



Şekil 1.2-1 Veri depolama teknolojisindeki gelişmeler 1980'lerde ERP -sistemlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır.

İlk MRP - ve ERP - sistemleri, iş süreçleri ve inşaat proje yönetiminde dijitalleşme çağının temelini atmıştır. Başlangıçta temel iş süreçlerini otomatikleştirmek için tasarlanan modüler sistemler, sonunda ek, daha esnek ve uyarlanabilir yazılım çözümleriyle entegre edildi.

Bu ek çözümler veri işleme ve proje içerik yönetimi için tasarlanmıştır (Şekil 1.2-2), ya büyük sistemlerin belirli modüllerinin yerini almışlardır, ya da tüm sistemin işlevselliğini genişleterek onları etkili bir şekilde tamamlamışlardır.



Şekil 1.2-2 Yeni yazılım çözümleri, veri akışlarını yönetmek için bir yönetici ordusunu işin içine çekmiştir.

Son yıllarda şirketler, uzun vadeli entegre çözümler olarak algıladıkları modüler sistemlere [15] büyük yatırımlar yapmışlardır.

> Software Path'in 2022 yılı raporuna göre [16], bir ERP sisteminin kullanıcı başına ortalama bütçesi 9.000 $'dır. Ortalama olarak, şirket çalışanlarının yaklaşık%26'sı bu tür sistemleri kullanmaktadır. Dolayısıyla, 100 kullanıcısı olan bir kuruluş için ERP uygulamasının toplam maliyeti yaklaşık 900.000 $'a ulaşmaktadır.

Tescilli, kapalı, modüler çözümlere yapılan yatırımlar, modern, esnek ve açık teknolojilerin hızlı gelişimi karşısında giderek daha az haklı hale gelmektedir. Bu tür yatırımlar zaten yapılmışsa, mevcut sistemlerin rolünü objektif olarak yeniden değerlendirmek önemlidir: uzun vadede gerekli olmaya devam edip etmedikleri veya işlevlerinin revize edilip daha verimli ve şeffaf bir şekilde uygulanıp uygulanamayacağı.

Günümüzün modüler veri platformlarının temel sorunlarından biri, veri yönetimini kapalı uygulamalar içinde merkezileştirmeleridir. Sonuç olarak, bir şirketin temel varlığı olan veriler, belirli yazılım çözümlerine bağımlı hale gelmekte, bunun tam tersi olmaktadır. Bu durum bilginin yeniden kullanımını sınırlamakta, geçişini zorlaştırmakta ve hızla değişen dijital ortamda iş çevikliğini azaltmaktadır.

Kapalı modüler mimarinin geçerliliğinin veya öneminin gelecekte azalması muhtemel ise, bugün katlanılan maliyetleri batık maliyetler olarak kabul etmek ve daha açık, ölçeklenebilir ve uyarlanabilir bir

dijital ekosisteme stratejik bir geçişe odaklanmak mantıklı olacaktır.

> Tescilli yazılım, geliştiricinin kaynak kodu ve bu tür çözümlerin kullanımının bir parçası olarak oluşturulan kullanıcı verileri üzerindeki münhasır kontrolü ile karakterize edilir. Açık kaynak yazılımın aksine, kullanıcılar uygulamanın iç yapısına erişemez ve bağımsız olarak inceleyemez, değiştiremez veya kendi ihtiyaçlarına göre uyarlayamaz. Bunun yerine, yazılımı satıcı tarafından belirlenen sınırlar dahilinde kullanma hakkı veren lisansları satın almaları gerekmektedir.

Modern veri merkezli bir yaklaşım farklı bir paradigma sunar: veri, bağımsız, dayanıklı ve belirli yazılım çözümlerinden ayrı, temel bir stratejik varlık olarak görülmelidir. Uygulamalar ise kritik bilgileri kaybetme riski olmadan serbestçe değiştirilebilen veri araçları haline gelir.

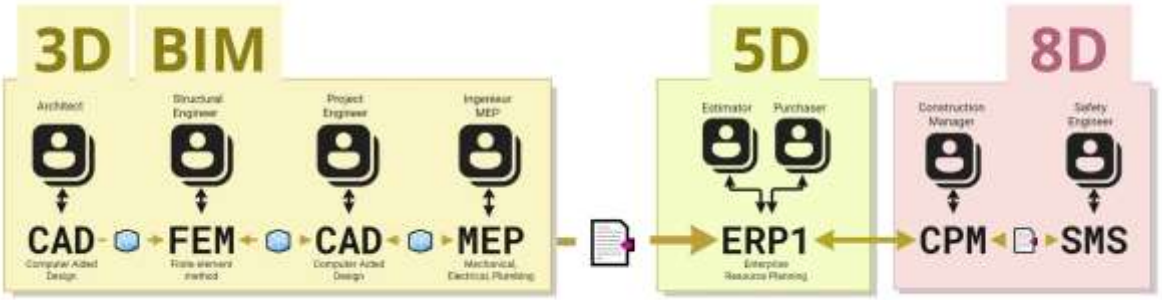
1990'larda ERP ve MRP sistemlerinin geliştirilmesi (Şekil 1.2-1) işletmelere süreç yönetimi için güçlü araçlar sağlamış, ancak aynı zamanda bilgi akışlarının sürdürülmesinde yer alan kişi sayısını önemli ölçüde artırma gibi istenmeyen bir sonuç doğurmuştur. Bu sistemler operasyonel görevleri otomatikleştirmek ve basitleştirmek yerine, genellikle yeni karmaşıklık seviyeleri, bürokrasi ve dahili BT kaynaklarına bağımlılık yaratmıştır.

Veri yönetim sistemleri: veri madenciliğinden iş dünyasının sorunlarına

Günümüz şirketleri birden fazla veri yönetim sistemini entegre etme ihtiyacıyla karşı karşıyadır. Veri yönetim sistemlerini seçmek, bu sistemleri akıllıca yönetmek ve farklı veri kaynaklarını entegre etmek iş performansı için kritik hale geliyor.

2020'lerin ortalarında, inşaat sürecinin tüm yönlerinin sorunsuz ve uyumlu bir şekilde işlemesi için uyum içinde çalışması gereken yüzlerce (ve büyük inşaat şirketlerinde binlerce) farklı sistem bulabilirsiniz (Şekil 1.2-3).

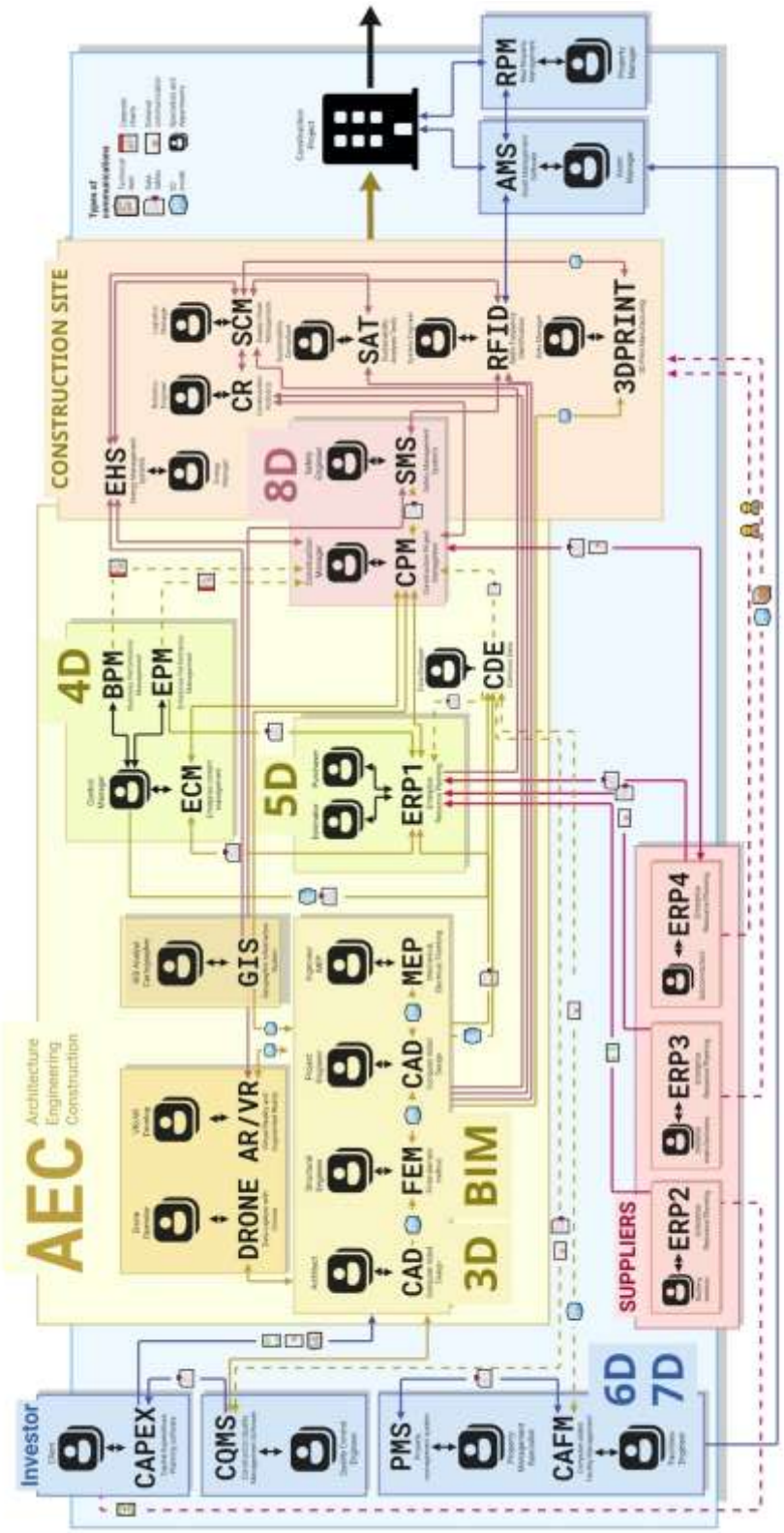
> Deloitte'un 2016 tarihli çalışmasına göre® "Dijital Sermaye Projelerinde Veri Odaklı Yönetim" - ortalama bir inşaat profesyoneli günde 3,3 yazılım uygulaması kullanıyor, ancak bunların sadece 1,7'si birbiriyle entegre [17].



Şekil 1.2-3 Her iş sistemi, kaliteli veri yönetimi için profesyonel bir ekip ve sorumlu bir yönetici gerektirir.

Aşağıda, inşaat sektöründeki orta ve büyük ölçekli şirketler için etkili inşaat proje yönetiminde kullanılan popüler sistemlerin bir listesi yer almaktadır:

- **ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması)** - muhasebe, satın alma ve proje yönetimi dahil olmak üzere iş süreçlerinin entegrasyonunu sağlar.
- **CAPEX (Sermaye Harcamaları Planlama Yazılımı)** - inşaat projelerindeki finansal yatırımları bütçelemek ve yönetmek için kullanılır, sabit varlıkların maliyetini ve uzun vadeli varlıklara yapılan yatırımları belirlemeye yardımcı olur.
- **CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım)** ve **BIM (Yapı Bilgi Modellemesi)** - projelerin detaylı ve doğru teknik çizimlerini ve 3D - modellerini oluşturmak için kullanılır. Bu sistemlerin odak noktası geometrik bilgilerle çalışmaktır.
- **MEP (Mekanik, Elektrik, Sıhhi Tesisat)** - Mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat bileşenlerini içeren ve bir projenin iç "dolaşım" sistemini detaylandıran mühendislik sistemleri.
- **CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri)** - haritacılık ve mekansal analiz dahil olmak üzere arazi analizi ve planlaması için kullanılır.
- **CQMS (inşaat kalite yönetimi yazılımı)** - inşaat süreçlerinin belirlenmiş standartlara ve yönetmeliklere uygun olmasını sağlayarak kusurların ortadan kaldırılmasına yardımcı olur.
- **CPM (inşaat proje yönetimi)** - inşaat süreçlerinin planlanması, koordinasyonu ve kontrolünü içerir.
- **CAFM (Bilgisayar Destekli Tesis Yönetimi)** - bina yönetimi ve bakım sistemleri.
- Tedarikçiler ile şantiye arasındaki malzeme ve bilgi akışını optimize etmek için **SCM (Tedarik Zinciri Yönetimi)** gereklidir.
- **EPM (Kurumsal Performans Yönetimi)** - iş süreçlerini ve performansı iyileştirmeyi amaçlar.
- **AMS** (Varlık **Yönetim Yazılımı)** - varlık yaşam döngüsü boyunca ekipman ve altyapının kullanımını, yönetimini ve bakımını optimize etmek için kullanılır.
- **RPM (Gayrimenkul Yönetimi)** - bina ve arazilerin yanı sıra ilgili kaynak ve varlıkların yönetimi ve işletilmesiyle ilgili görev ve süreçleri içerir.



Şekil 1.2-4 Şirketin süreçlerini farklı departmanlar arasındaki bilgi akışıyla birbirine bağlayan sistemlerin birbirine bağlanabilirliği.

- **CAE (Bilgisayar Destekli Mühendislik)** - Bilgisayar destekli mühendislik, sonlu eleman analizi (FEA) ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) gibi hesaplama ve simülasyon sistemlerini içerir.
- **CFD (**Computational **Fluid** Dynamics**)** - Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, akışkan ve gaz akışlarının modellenmesi. CAE alt kategorisi.
- **CAPP (Computer-Aided Process Planning)** - **Bilgisayar Destekli Süreç** Planlama. Rota ve süreç haritaları oluşturmak için kullanılır.
- **CAM (Bilgisayar Destekli Üretim)** - bilgisayar destekli üretim, CNC makineleri için kontrol programlarının oluşturulması.
- **PDM (Ürün Veri Yönetimi)** - Ürün Veri Yönetimi, teknik belgelerin depolanması ve yönetilmesi için bir sistem.
- **MES (Manufacturing Execution System)** gerçek zamanlı bir üretim süreci kontrol sistemidir.
- **PLM (Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi)** - bir proje öğesinin yaşam döngüsü yönetimi, PDM, CAPP, CAM ve geliştirmeden elden çıkarmaya kadar eksiksiz ürün kontrolü için diğer sistemleri entegre eder.

Bunlar ve çeşitli yazılım çözümlerini içeren diğer birçok sistem, modern inşaat sektörünün ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Şekil 1.2-4). Bu sistemlerin özünde, tasarım ve inşaatın tüm aşamalarında etkin bilgi girişi, işleme ve analizi sağlayan sezgisel arayüzlere sahip uzmanlaşmış veri tabanları bulunmaktadır. Dijital araçların birbirleriyle entegrasyonu sadece iş süreçlerinin optimize edilmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda kararların doğruluğunu da önemli ölçüde artırır, bu da proje uygulamasının zamanlaması ve kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Ancak vakaların yarısında entegrasyon yoktur. İstatistiklere göre, sadece her iki uygulama veya sistemden biri diğer çözümlerle entegre edilmiştir [17]. Bu durum, dijital ortamın parçalanmaya devam ettiğini göstermekte ve bir inşaat projesinde uçtan uca bilgi alışverişini sağlamak için açık standartlar ve birleşik arayüzler geliştirme ihtiyacını vurgulamaktadır.

Modern şirketler için entegrasyondaki ana zorluklardan biri, dijital sistemlerin yüksek karmaşıklığı ve etkili bilgi alma ve yorumlama için gerekli kullanıcı yetkinliği gereksinimleridir. İşletmede uygulanan her sistemi desteklemek için bir kilit yönetici (Şekil 1.2-2) başkanlığında uzmanlardan oluşan bir ekip kurulur.

> Kilit sistem yöneticisi veri akışının doğru yönlendirilmesinde belirleyici bir rol oynar ve tıpkı binlerce yıl önce ilk yöneticilerin papirüs veya kil tabletler üzerine yazılan rakamlardan sorumlu olması gibi nihai bilginin kalitesinden sorumludur.

Farklı bilgi akışlarını bir yönetim aracına dönüştürmek için verileri sistematik olarak entegre etme ve yönetme becerisi şarttır. Bu mimaride yöneticiler tek bir ağın unsurları olarak hareket etmelidir - tıpkı şirketin münferit parçalarını uyum sağlayabilen ve gelişebilen tutarlı bir canlı organizmaya bağlayan bir miselyum gibi.

Kurumsal miselyum: veriler iş süreçlerine nasıl bağlanır?

Verilerin uygulamalara ve veri tabanlarına entegre edilmesi süreci, farklı departmanlar ve uzmanlar da dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen bilgilerin bir araya getirilmesine dayanır (Şekil 1.2-4). Uzmanlar ilgili verileri arar, işler ve daha sonra kullanmak üzere kendi sistemlerine ve uygulamalarına aktarır.

Bir dizi araç, teknoloji ve veri tabanından oluşan her şirket sistemi, geçmiş verilerin toprağında kök salmış ve bitmiş çözümler şeklinde yeni meyveler vermek üzere büyüyen bir bilgi ağacıdır: belgeler, hesaplamalar, tablolar, grafikler ve gösterge panoları (Şekil 1.2-5). Bir şirketteki sistemler, belirli bir orman parçasındaki ağaçlar gibi birbirleriyle etkileşim ve iletişim halindedir ve uzman yöneticiler tarafından desteklenen ve yönetilen karmaşık ve iyi yapılandırılmış bir sistem oluşturur.

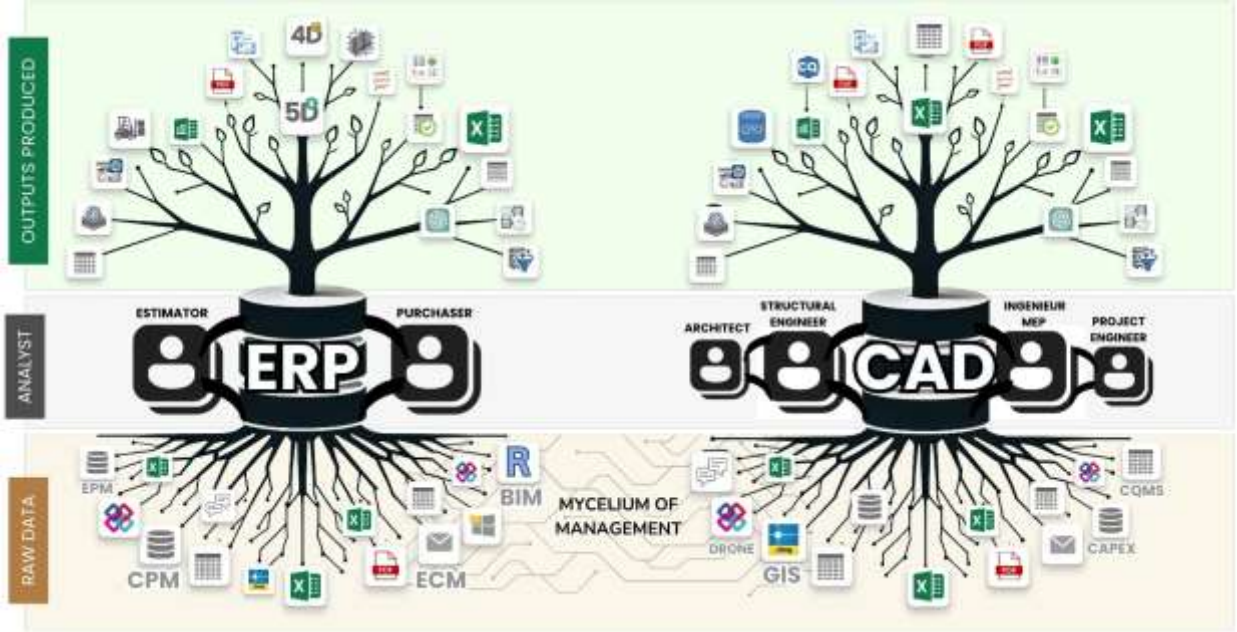
> Bir şirketin bilgi alma ve aktarma sistemi, iletken ve geri dönüştürücü olarak hareket eden ağaçlar (sistemler) ve miselyum mantarlarından (yöneticiler) oluşan karmaşık bir orman ağı gibi çalışarak bilginin aktarılmasını ve doğru sistemlere akmasını sağlar. Bu, şirket içinde sağlıklı ve verimli bir veri akışının ve dağıtımının sürdürülmesine yardımcı olur.

Uzmanlar, kökler gibi, bir projenin ilk aşamalarında ham verileri emerek kurumsal ekosistem için besin maddesine dönüştürür. Veri ve içerik yönetim sistemleri (Şekil 1.2-4 - ERP, CPM, BIM, vb.) bu bilginin şirketin tüm kademelerinde dolaştığı güçlü bilgi otoyolları olarak işlev görür.

Tıpkı ekosistemin her bir unsurunun kendi rolünü oynadığı doğada olduğu gibi, bir şirketin iş dünyasında da mühendisten analiste kadar her bir süreç katılımcısı bilgi ortamının büyümesine ve verimliliğine katkıda bulunur. Bu sistemik "veri ağaçları" (Şekil 1.2-5) sadece bilgi toplama mekanizmaları değil, aynı zamanda bir şirketin sürdürülebilirliğini sağlayan bir rekabet avantajıdır.

Orman ekosistemleri, dijital kurumsal yapıların nasıl organize edildiğinin şaşırtıcı derecede doğru bir yansımasıdır. Bir ormanın katmanlı yapısı gibi - çalılıklardan ağaç tepelerine - kurumsal yönetişim de sorumluluk seviyelerine ve işlevsel departmanlara görevler atar.

> Derin ve dallanan ağaç kökleri esneklik ve besin maddelerine erişim sağlar. Benzer şekilde, sağlam bir organizasyon yapısı ve kaliteli verilerle çalışmaya yönelik istikrarlı süreçler, bir şirketin tüm bilgi ekosistemini destekler ve (yüksek rüzgarlı) piyasa istikrarsızlığı ve kriz dönemlerinde bile sürdürülebilir büyümesine ve gelişmesine katkıda bulunur.



Şekil 1.2-5 Verilerin farklı sistemler aracılığıyla entegre edilmesi, yöneticileri ve uzmanları tek bir bilgi ağına bağlayan bir miselyum gibidir.

İş dünyasındaki modern ölçek anlayışı evrim geçirmiştir. Günümüzde bir şirketin değeri yalnızca görünür kısmıyla - nihai belgeler ve raporlar şeklindeki "taçlar" - değil, aynı zamanda niteliksel olarak toplanan ve sistematik olarak işlenen verilerin "kök sisteminin" derinliğiyle de belirlenmektedir. Ne kadar çok bilgi toplanabilir ve işlenebilirse, iş değeri de o kadar yüksek olur. Halihazırda işlenmiş verilerden oluşan bir "kompostu" metodik olarak biriktiren ve bundan faydalı içgörüler çıkarabilen şirketler stratejik bir avantaj elde eder

> Tarihsel bilgi, büyüme, süreç optimizasyonu ve rekabet avantajı sağlayan yeni bir sermaye türü haline geliyor. Veri odaklı bir dünyada kimin daha çok bilgiye sahip olduğu değil, kimin daha çok şey bildiği kazanıyor.

İnşaat sektörü için bu, tasarım ve tedarikten yüklenici koordinasyonuna kadar tüm süreçlerin ilgili, günlük olarak güncellenen verilere dayanacağı gerçek zamanlı proje yönetimine geçmek anlamına gelmektedir. Farklı kaynaklardan (ERP -sistemleri, CAD -modelleri, şantiyelerdeki sensörler IoT, RFID) gelen bilgilerin entegrasyonu, daha doğru tahminler yapmayı, değişikliklere hızlı tepki vermeyi ve güncel veri eksikliğinden kaynaklanan gecikmeleri önlemeyi mümkün kılacaktır.

> McKinsey & Company'nin Veri Odaklı İşletme 2025 (McKinsey & Company®, 2022 [18]) raporuna göre, geleceğin başarılı şirketleri stratejik kararlardan operasyonel etkileşimlere kadar faaliyetlerinin tüm kilit yönlerinde veriye dayanacaktır.

Veri sadece bir analitik araç olmaktan çıkacak ve şeffaflık, kontrol ve yönetim otomasyonu sağlayarak tüm iş süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelecektir. Veriye dayalı hareketi, kuruluşların insan faktörünün etkisini en aza indirmesine, operasyonel riskleri azaltmasına ve karar alma sürecinin

şeffaflığını ve verimliliğini artırmasına olanak tanıyacaktır.

21. yüzyıl ekonomik paradigmayı alt üst ediyor: eskiden makine ve ulaşıma güç sağladığı için petrol "kara altın" olarak adlandırılırken, bugün zaman baskısı altında sıkıştırılan tarihsel veriler yeni bir stratejik kaynak haline geliyor ve makinelere değil, iş dünyasını yönlendirecek karar verme algoritmalarına güç sağlıyor.

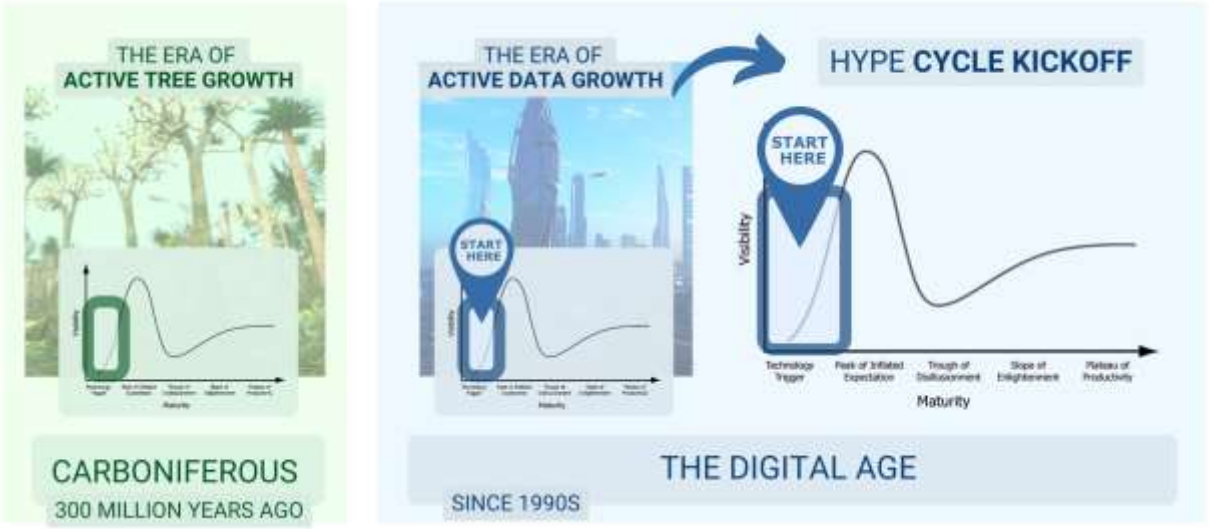
BÖLÜM 1.3.
DİJİTAL DEVRİM VE VERİ PATLAMASI

Evrimsel bir dalga olarak veri patlamasının başlangıcı

İnşaat sektöründe eşi benzeri görülmemiş bir bilgi patlaması yaşanıyor. İş dünyasını verilerle beslenen bir bilgi ağacı olarak düşünürsek (Şekil 1.2-5), dijitalleşmenin mevcut aşaması, Dünya'nın biyosferinin hızlı biyokütle birikimiyle dönüştüğü bir dönem olan Karbonifer döneminde bitki örtüsünün hızlı büyümesiyle karşılaştırılabilir (Şekil 1.3-1).

Küresel dijitalleşmeyle birlikte inşaat sektöründeki bilgi miktarı her yıl ikiye katlanıyor. Modern teknoloji, verilerin arka planda toplanmasına, gerçek zamanlı olarak analiz edilmesine ve kısa bir süre önce imkansız görünen bir ölçekte kullanılmasına olanak tanıyor.

> Gordon Moore (Intel®'in kurucu ortağı) tarafından formüle edilen Moore Yasası'na göre, entegre devrelerin yoğunluğu ve karmaşıklığı ile işlenen ve depolanan veri miktarı yaklaşık olarak her iki yılda bir iki katına çıkmaktadır [19].



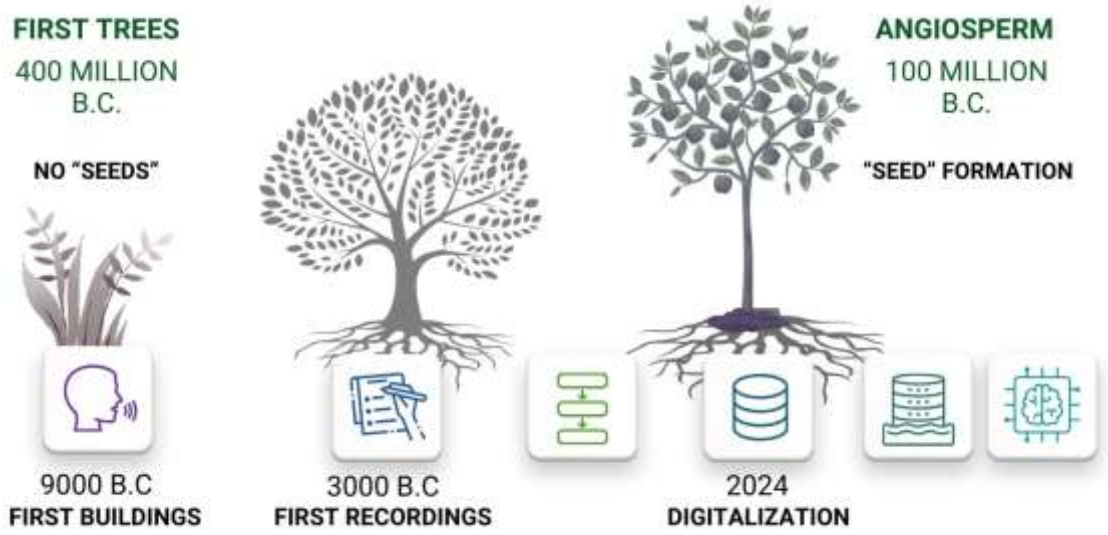
Şekil 1.3-1 Dijitalleşmenin başlaması, tıpkı kömür çağındaki bitki örtüsü artışına benzer şekilde, verilerin katlanarak büyümesine yol açmıştır.

Göbekli Tepe (Türkiye) gibi eski megalitik yapılar arkalarında yeniden kullanıma uygun belgelenmiş bilgi bırakmazken, günümüzde dijital teknolojiler bilginin biriktirilmesini ve yeniden kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bu durum, sporlu bitkilerden tohumlu bitkilere (angiospermler) evrimsel geçişle karşılaştırılabilir: tohumun ortaya çıkışı, gezegende yaşamın yaygınlaşmasına yol açmıştır. (Şekil 1.3-2).

Benzer şekilde, geçmiş projelerden elde edilen veriler bir tür "dijital tohum" haline gelir - yeni projelerde ve pro duces'de ölçeklendirilebilen ve kullanılabilen DNA bilgi taşıyıcıları. Modern yapay

zeka araçlarının - makine öğrenimi ve ChatGPT, LlaMa, Mistral, Claude, DeepSeek, QWEN, Grok gibi büyük dil modelleri (LLM'ler) - ortaya çıkması, verilerin otomatik olarak çıkarılmasına, yorumlanmasına ve yeni bağlamlarda uygulanmasına olanak tanır

> Tıpkı tohumların başlangıçta cansız olan bir gezegende yaşamın yayılmasında devrim yaratması gibi, 'veri tohumları' da yeni bilgi yapılarının ve bilginin otomatik olarak ortaya çıkmasının temeli haline geliyor ve dijital ekosistemlerin bağımsız olarak gelişmesine ve değişen kullanıcı gereksinimlerine uyum sağlamasına olanak tanıyor.



Şekil 1.3-2 Dijital "veri tohumları", Dünya'nın ekosistemini dönüştüren çiçekli bitkiler olan anjiyospermlerle aynı evrimsel rolü oynamaktadır.

İnşaat sektöründe, veri patlamasının ve 'veri tohumlarının' (geçmiş ve devam eden projelerden elde edilen yapılandırılmış bilgiler) aktif olarak yayılmasının sektörün dijital geleceğinin temelini oluşturduğu yeni bir çağın eşiğinde duruyoruz. Bunların büyük veri dil modelleri (LLM'ler) aracılığıyla 'tozlaşması', dijital değişimi sadece gözlemlememize değil, kendi kendine öğrenen, uyarlanabilir ekosistemlerin yaratılmasına aktif olarak katılmamıza olanak tanıyor. Bu bir evrim değil, verilerin yeni bir gerçekliğin ana yapı taşı haline geldiği dijital bir devrimdir

> *İnşaat projelerinin yaşam döngüsü boyunca çeşitli disiplinlerden gelen bilgiler nedeniyle inşaat sektöründeki veri miktarı önemli ölçüde artmaktadır. Bu büyük veri birikimi, inşaat sektörünü Büyük Veri çağına doğru itmiştir [20].*
>
> - Prof Hang Yang, İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Bölümü, Wuhan Teknoloji Üniversitesi, Wuhan,

Bilgi çağında verilerin büyümesi, doğadaki evrimsel süreçleri anımsatıyor: ormanların gelişimi nasıl

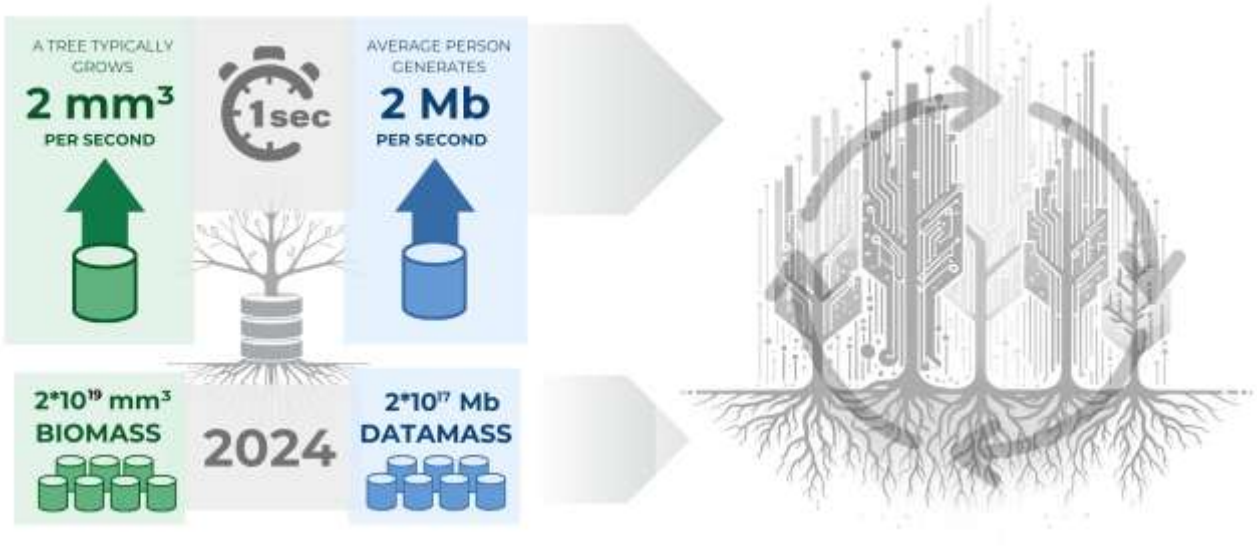
gezegenin eski manzarasını değiştirdiyse, mevcut bilgi patlaması da tüm inşaat sektörünün manzarasını değiştiriyor.

Modern bir şirkette üretilen veri miktarı

Son iki yılda, dünyadaki mevcut tüm verilerin%90'ı oluşturulmuştur [21]. 2023 itibariyle, inşaat sektörü profesyonelleri de dahil olmak üzere her bir kişi saniyede yaklaşık 1,7 megabayt veri üretmektedir [22] ve dünyadaki toplam veri miktarının 2023 yılında 64 zettabayta ulaşacağı ve 2025 yılına kadar 180 zettabaytı veya 180*10^15 megabaytı aşacağı tahmin edilmektedir [23].

> Bu bilgi patlamasının tarihsel bir emsali vardır: Johannes Gutenberg'in on beşinci yüzyılda matbaayı icat etmesi. Matbaanın kullanılmaya başlamasından sadece elli yıl sonra Avrupa'daki kitap sayısı ikiye katlandı: birkaç on yıl içinde, önceki 1.200 yılda elle yaratılan kitap sayısı kadar kitap basıldı [24]. Bugün daha da hızlı bir büyüme görüyoruz: dünyadaki veri miktarı her üç yılda bir ikiye katlanıyor.

Mevcut veri artış hızı göz önüne alındığında, inşaat sektörü önümüzdeki birkaç on yıl içinde, önceki tüm tarihi boyunca biriktirdiği kadar bilgi üretme potansiyeline sahiptir

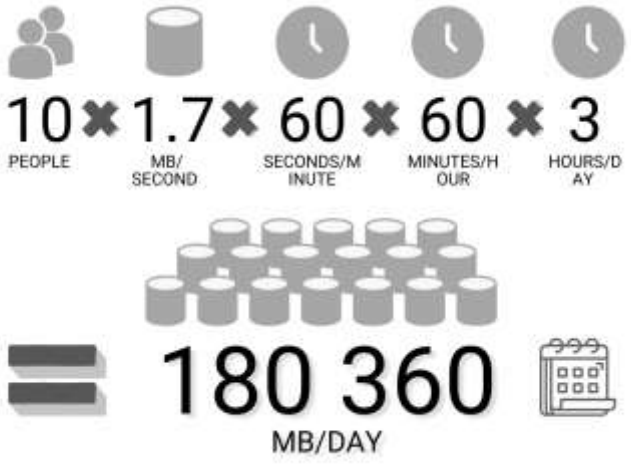


Şekil 1.3-3 Her çalışanın şirket sunucularında günlük olarak veri depolaması, verilerin sürekli büyümesine katkıda bulunur.

Günümüz inşaat iş dünyasında, küçük şirketler bile günlük olarak büyük miktarda çok formatlı bilgi üretmektedir ve küçük bir inşaat şirketinin bile dijital ayak izi, model ve çizimlerden fotoğraf kayıtlarına ve sahadaki sensörlere kadar günde onlarca gigabayta ulaşabilir. Her teknisyenin saniyede ortalama 1,7 MB veri ürettiğini varsayarsak, bu günde yaklaşık 146 GB veya yılda 53 TB'a eşdeğerdir (Şekil 1.3-

3).

10 kişilik bir ekip günde sadece 3 saat aktif olarak çalıştığında, günde üretilen kümülatif bilgi miktarı 180 gigabayta ulaşmaktadır (Şekil 1.3-4).



Şekil 1.3-4 10 kişilik bir şirket günde yaklaşık 50-200 gigabayt veri üretir.

İş verilerinin%30'unun yeni olduğu varsayılırsa (geri kalanı üzerine yazılır veya silinir), 10 kişilik bir firma ayda birkaç yüz gigabayt yeni veri oluşturabilir (gerçek rakamlar şirketin yaptığı işin türüne bağlıdır)

Dolayısıyla şu çok açık: sadece giderek daha fazla veri üretmekle kalmıyoruz, aynı zamanda bu verilerin etkin yönetimi, depolanması ve uzun vadeli kullanılabilirliğine yönelik artan bir ihtiyaçla karşı karşıyayız. Daha önce veriler yerel sunucularda hiçbir ücret ödemeden "yatabilirken", dijital dönüşüm bağlamında giderek daha fazla şirket bilgi altyapılarının temeli olarak bulut çözümlerini kullanmaya başlıyor.

Veri depolamanın maliyeti: ekonomik yönü

Son yıllarda, giderek daha fazla şirket veri depolamayı bulut hizmetlerine devretmektedir. Örneğin, bir şirket verilerinin yarısını bulutta barındırıyorsa, aylık gigabayt başına ortalama 0,015 $ fiyatla, depolama maliyetleri her ay 10-50 $ [25] artabilir.

Tipik veri üretim modellerine sahip küçük bir şirket için bulut depolama maliyetleri birkaç yıl içinde aylık yüzlerce dolardan potansiyel olarak bin doların üzerine çıkabilir (Şekil 1.3-5) ve bu da potansiyel olarak önemli bir mali yük oluşturur.

> Forrester'ın 214 teknoloji altyapısı karar vericisiyle yaptığı "Karmaşıklık Arttıkça Şirketler Veri Depolamada Dış Kaynak Kullanıyor" [26] araştırmasına göre 214 teknoloji altyapısı karar vericisi ile yapılan bir ankete göre [26], kurumların üçte birinden fazlası veri işlemlerinin artan hacmi ve karmaşıklığı ile başa çıkmak için depolama için dış kaynak kullanmakta ve kurumların yaklaşık üçte ikisi abonelik tabanlı bir modeli tercih etmektedir.

Şekil 1.3-5 Verilerin buluta taşınması, 10 kadar az çalışanı olan bir şirket için bile aylık depolama maliyetlerini 2.000 $'a kadar artırabilir.

CAD (BIM), CAFM, PMIS ve ERP gibi veri depolama ve işleme maliyetlerini daha da artıran sistemler gibi bulut tabanlı teknolojilerin hızla benimsenmesi durumu daha da karmaşık hale getirmektedir. Sonuç olarak, şirketler maliyetleri optimize etmenin ve bulut sağlayıcılarına olan bağımlılıklarını azaltmanın yollarını aramak zorunda kalmaktadır.

2023 yılından bu yana büyük dil modellerinin (LLM) aktif olarak geliştirilmesiyle birlikte veri depolamaya yönelik yaklaşımlar değişmeye başlamıştır. Bilgileri kendi sunucularında işlemek daha güvenli ve daha kârlı hale geldikçe, giderek daha fazla şirket verilerinin kontrolünü geri almayı düşünüyor.

Bu bağlamda, kurumsal LLM ve AI çözümlerinin yerel dağıtımı lehine yalnızca gerekli verilerin bulut tabanlı depolanması ve işlenmesinden uzaklaşma eğilimi ön plana çıkmaktadır. Microsoft CEO'sunun bir röportajında [27] belirttiği gibi, farklı görevleri yerine getirmek için birkaç ayrı uygulamaya veya bulut tabanlı SaaS çözümlerine güvenmek yerine, YZ ajanları veritabanlarındaki süreçleri yönetecek ve farklı sistemlerin işlevlerini otomatikleştirecektir.

> *[...] bu [veri işleme] meselesine eski yaklaşım şuydu: farklı iş uygulamalarının entegrasyonu nasıl ele aldığını düşünürseniz, bağlayıcılar kullanıyorlardı. Şirketler bu bağlayıcılar için lisanslar sattı ve iş modeli bunun etrafında şekillendi. SAP [ERP] klasik örneklerden biridir: SAP verilerine ancak doğru bağlayıcıya sahipseniz erişebilirsiniz. Bana öyle geliyor ki [AI] aracı etkileşimi [...] durumunda da benzer bir şey ortaya çıkacaktır. En azından bizim benimsediğimiz yaklaşım şu: İş uygulamalarının varlığı kavramının [YZ] aracılar çağında muhtemelen çökeceğini düşünüyorum. Çünkü düşünecek olursanız, bunlar aslında bir grup iş mantığına sahip veritabanlarıdır*
>
> - Satya Nadella, Microsoft CEO'su, BG2 kanalı ile röportaj, 2024. [28]

Bu paradigmada, veri odaklı LLM yaklaşımı klasik sistemlerin ötesine geçmektedir. Yapay zeka,

kullanıcı ve veri arasında bir aracı haline gelerek (Şekil 2.2-3, Şekil 2.2-4) birden fazla aracı arayüz ihtiyacını ortadan kaldırır ve iş süreçlerinin verimliliğini artırır. "Kaosu Düzene Dönüştürme ve Karmaşıklığı Azaltma" bölümünde verilerle çalışmaya yönelik bu yaklaşım hakkında daha fazla konuşacağız.

Geleceğin mimarisi hala şekillenirken, şirketler şimdiden geçmişte aldıkları kararların sonuçlarıyla yüzleşiyor. Son yıllarda yaşanan muazzam dijitalleşme, farklı sistemlerin devreye girmesi ve kontrolsüz veri birikimi ile birlikte yeni bir soruna yol açtı: aşırı bilgi yüklemesi.

Veri birikiminin sınırları: kütleden anlama

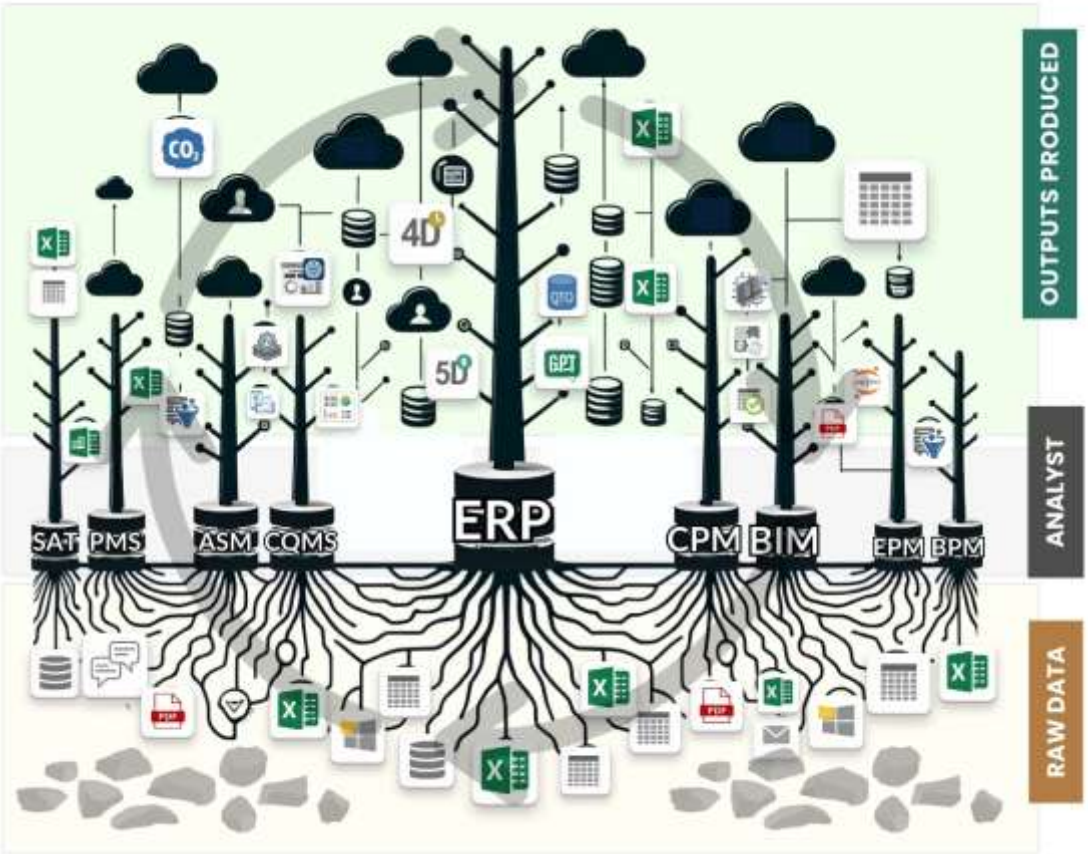
Modern şirket sistemleri, veri hacmi ve uygulama sayısı BT departmanlarının ve yöneticilerinin yetenekleriyle dengede olduğunda, yönetilen büyüme altında başarılı bir şekilde gelişir ve çalışır. Ancak son yıllarda dijitalleşme, veri hacminde ve karmaşıklığında kontrol edilemez bir artışa yol açmış ve bu da şirketlerin bilgi ekosisteminde aşırı doygunluk etkisine neden olmuştur.

Günümüzde sunucular ve depolama tesisleri, komposta dönüşecek zamanı olmayan ve hızla önemsiz hale gelen, işlenmemiş ve çok formatlı benzeri görülmemiş bir bilgi akışına maruz kalmaktadır. Sınırlı şirket kaynakları bu tufanla başa çıkamamakta ve veriler, yararlı bilgileri çıkarmak için manuel işlem gerektiren izole silolarda ("silolar " olarak adlandırılır) birikmektedir.

> Sonuç olarak, sarmaşıklarla büyümüş ve küfle kaplanmış bir orman gibi, modern şirket yönetim sistemleri de genellikle aşırı bilgi yükünden muzdariptir. Kurumsal ekosistemin kalbindeki bilgi humusunu beslemek yerine, farklı formattaki verilerden oluşan izole alanlar oluşmakta ve bu da kaçınılmaz olarak iş süreçlerinin genel verimliliğinde bir düşüşe yol açmaktadır.

Son 40 yıldaki uzun üstel veri büyümesi dönemini kaçınılmaz olarak bir doygunluk ve ardından soğuma aşaması izleyecektir. Depolama sınırlarına ulaştığında, niteliksel bir değişim meydana gelecektir: veri artık sadece bir depolama nesnesi değil, stratejik bir kaynak olacaktır.

Yapay zeka ve makine öğreniminin gelişmesiyle birlikte şirketler bilgi işleme maliyetlerini azaltma ve niceliksel büyümeden niteliksel veri kullanımına geçme fırsatına sahip oldu. Önümüzdeki on yıl boyunca, inşaat sektörü odağını daha fazla veri yaratmaktan, bu verilerin yapısını, bütünlüğünü ve analitik değerini sağlamaya kaydırmak zorunda kalacaktır.



Şekil 1.3-6 İzole edilmiş veri kaynakları veri sistemleri arasında bilgi paylaşımını engeller.

> Ana değer artık bilginin hacminde değil, onu otomatik olarak yorumlama ve yönetimsel kararlar almak için yararlı uygulamalı bilgiye dönüştürme yeteneğindedir. Verilerin gerçekten faydalı olabilmesi için düzgün bir şekilde yönetilmesi gerekir: belirli iş görevleri bağlamında toplanmalı, doğrulanmalı, yapılandırılmalı, depolanmalı ve analiz edilmelidir.

Bir şirketteki veri analitiği süreci, bir ormandaki ağaçların yaşam ve çürüme döngüsüne ve yeni genç ve güçlü ağaçların ortaya çıkmasına benzer: olgun ağaçlar ölür, çürür ve yeni büyüme için bir üreme alanı haline gelir. Bitmiş ve tamamlanmış süreçler, tamamlandıklarında, şirketin bilgi ekosisteminin bir parçası haline gelir ve sonunda yeni sistemlerin ve verilerin gelecekteki büyümesini besleyen bilgi humusu haline gelir.

Ancak uygulamada bu döngü genellikle kırılmaktadır. Organik yenilenme yerine, jeolojik tabakalar gibi katmanlı bir kaos oluşmakta, yeni sistemler derin bir entegrasyon ve yapılandırma olmaksızın eskilerinin üzerine yerleştirilmektedir. Sonuç olarak, bilginin dolaşımını engelleyen ve veri yönetimini karmaşıklaştıran farklı bilgi "siloları" ortaya çıkar.

Sonraki adımlar: veri teorisinden pratik değişime

İnşaatta verinin evrimi kil tabletlerden modern modüler platformlara uzanan bir yolculuktur. Günümüzdeki zorluk bilgi toplamak değil, farklı ve çeşitli verileri stratejik bir kaynağa dönüştüren bir çerçeve oluşturmaktır. Rolünüz ister bir şirket yöneticisi ister bir mühendis olsun, verinin değerini ve onunla nasıl çalışılacağını anlamak gelecekte kilit bir beceri olacaktır.

Bu bölümü özetlemek gerekirse, tartışılan yaklaşımları günlük işlerinizde uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var:

- Bilgi akışlarının kişisel denetimini gerçekleştirin
  - ☐ Günlük olarak çalıştığınız tüm sistem ve uygulamaların bir listesini yapın
  - ☐ Verileri aramak veya tekrar kontrol etmek için en çok zaman harcadığınız yeri işaretleyin
  - ☐ Temel bilgi kaynaklarınızı belirleyin
  - ☐ Mevcut uygulama ortamınızı fazlalık ve işlevlerin tekrarlanması açısından analiz edin
- Analitik olgunluk seviyelerine göre süreçlerde ilerlemeye çalışın
  - ☐ Görevlerinize açıklayıcı analizlerle başlayın (ne oldu?)
  - ☐ Teşhisi kademeli olarak tanıtın (bu neden oldu?)
  - ☐ Süreçlerde öngörücü (ne olacak?) ve kuralcı (ne yapmalı?) analitiğe nasıl geçebileceğinizi düşünün
- İş verilerinizi yapılandırmaya başlayın
  - ☐ Çalışmalarınızda sıklıkla kullandığınız dosya ve klasörleri adlandırmak için birleşik bir sistem uygulayın
  - ☐ Sık kullanılan belgeler ve raporlar için şablonlar oluşturun
  - ☐ Tamamlanan projeleri net bir yapı ile düzenli olarak arşivlemek

Ekibinizdeki veya şirketinizdeki tüm bilgi altyapısını değiştiremiyorsanız bile, kendi süreçlerinizle ve günlük işlerinizdeki küçük iyileştirmelerle başlayın. Verinin gerçek değerinin hacminde değil, ondan eyleme geçirilebilir içgörüler çıkarma becerisinde olduğunu unutmayın. Küçük ama düzgün yapılandırılmış ve analiz edilmiş veri setleri bile karar alma süreçlerine entegre edildiğinde önemli bir etkiye sahip olabilir.

Kitabın sonraki bölümlerinde, verilerle çalışmak için belirli yöntem ve araçlara geçecek, yapılandırılmamış bilgileri yapılandırılmış kümelere dönüştürmenin yollarını inceleyecek, analitik otomasyon teknolojilerini keşfedecek ve bir inşaat şirketinde etkili bir analitik ekosisteminin nasıl oluşturulacağını detaylandıracağız.

II KISIM

İNŞAAT SEKTÖRÜ VERİ KAOSUNDA NASIL BOĞULUYOR?

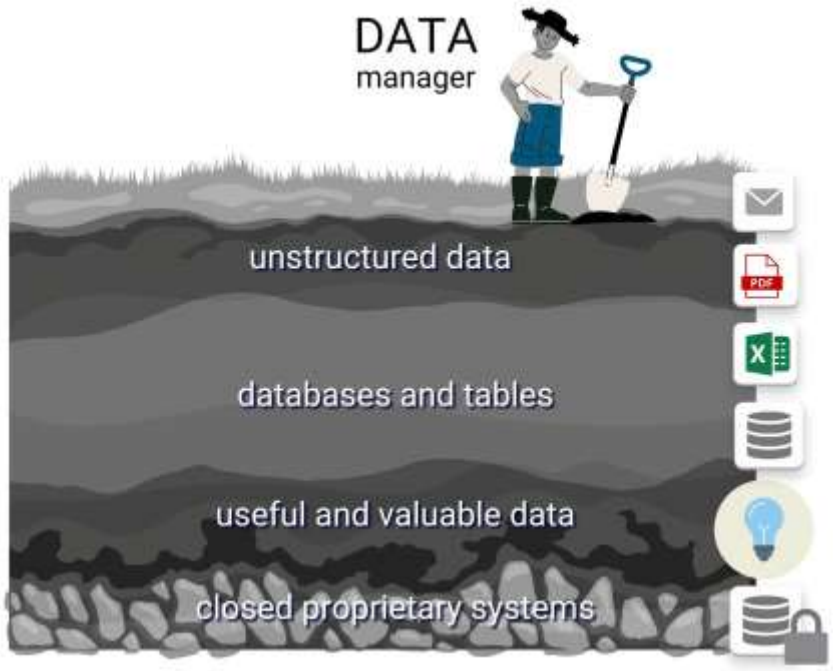
İkinci bölüm, inşaat şirketlerinin artan veri hacimleriyle başa çıkarken karşılaştıkları zorlukları eleştirel bir şekilde analiz etmeye ayrılmıştır. Bilgi parçalanmasının sonuçları ve etkili karar vermeyi engelleyen "silolardaki veri" olgusu ayrıntılı olarak incelenmiştir. HiPPO yaklaşımının (En Yüksek Ücretli Kişinin Görüşü) sorunları ve inşaat projelerindeki yönetim kararlarının kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Dinamik iş süreçlerinin ve bunların artan karmaşıklığının bilgi akışları ve operasyonel verimlilik üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. Aşırı sistem karmaşıklığının maliyetleri nasıl artırdığı ve kuruluşların esnekliğini nasıl azalttığına dair spesifik örnekler verilmiştir. Tescilli formatların yarattığı sınırlamalara ve inşaat sektöründe açık standartların kullanımına yönelik beklentilere özel önem verilmektedir. Aşırı karmaşıklığı ve teknik engelleri en aza indiren AI ve LLM tabanlı yazılım ekosistemlerine doğru ilerleme kavramı sunulmuştur.

BÖLÜM 2.1.
VERI PARÇALANMASI VE SILOLAR

Ne kadar çok araç, o kadar verimli iş?

İlk bakışta, daha fazla dijital araç daha fazla verimlilik sağlıyor gibi görünebilir. Ancak pratikte durum böyle değildir. İster bir bulut hizmeti, ister eski bir sistem veya başka bir Excel raporu olsun, her yeni çözümle birlikte bir şirket dijital ortamına başka bir katman daha ekler - bu katman genellikle diğerleriyle entegre değildir (Şekil 2.1-1).

Veriler kömüre veya petrole benzetilebilir: kaos, hatalar, yapılandırılmamış süreçler ve unutulmuş formatlar katmanları altında sıkıştırılarak birikmesi yıllar alır. Şirketler bu verilerden gerçekten faydalı bilgiler elde etmek için kelimenin tam anlamıyla eski çözümler ve dijital gürültü katmanlarının arasından geçmelidir.



Şekil 2.1-1 Çeşitli veriler bölümlere ayrılmış katmanlar oluşturur - 'altın' içgörüler bile sistemik karmaşıklığın jeolojik kayalarında kaybolur.

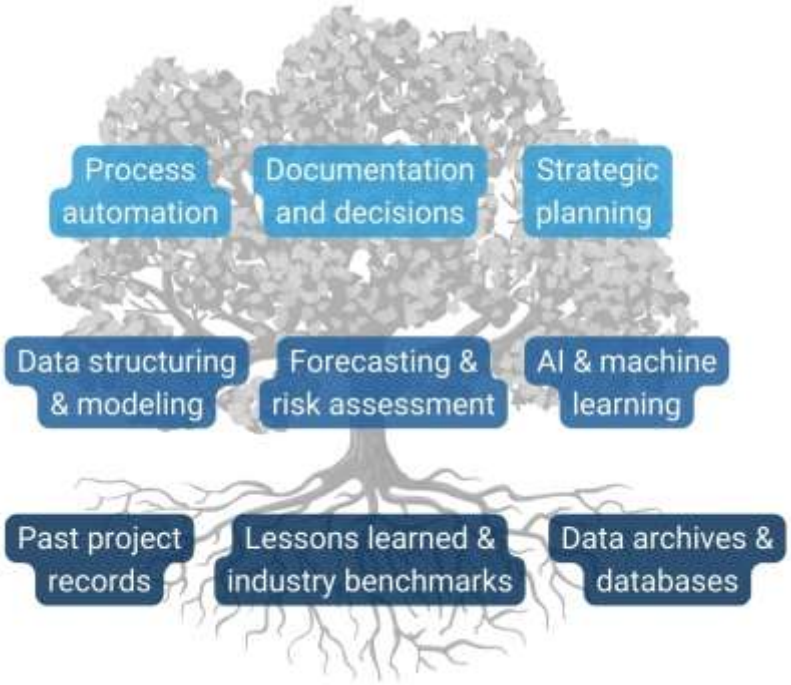
Her yeni uygulama ardında bir iz bırakır: bir dosya, bir tablo veya sunucu üzerinde bütünüyle izole edilmiş bir "silo". Katmanlardan biri kil (eski ve unutulmuş veriler), diğeri kum (farklı tablolar ve raporlar), üçüncüsü ise granittir (entegre edilemeyen kapalı tescilli formatlar). Zamanla, bir şirketin dijital ortamı, değerin şirketin sunucularının derinliklerinde kaybolduğu, kontrolsüz bilgi birikiminden oluşan bir rezervuarı andırır hale gelir.

Her yeni proje ve her yeni sistemle birlikte yalnızca altyapı değil, aynı zamanda faydalı kaliteli verilere giden yol da daha karmaşık hale gelmektedir. Değerli "kayaya" ulaşmak için derinlemesine temizlik yapmak, bilgiyi yapılandırmak, "parçalara ayırmak", anlamlı parçalar halinde gruplandırmak ve analitik ve veri modelleme yoluyla stratejik açıdan önemli içgörüler elde etmek gerekir.

> *Veri değerli bir şeydir ve [veriyi işleyen] sistemlerin kendisinden daha uzun ömürlü olacaktır [29].*
>
> - Tim Berners-Lee, World Wide Web'in babası ve ilk web sitesinin yaratıcısı

Veriler "değerli bir şey" ve karar verme için güvenilir bir temel haline gelmeden önce dikkatli bir hazırlık sürecinden geçmelidir. Farklı verileri yapılandırılmış deneyime, faydalı bilgi humusuna dönüştüren ve daha sonra bir tahmin ve optimizasyon aracı haline getiren uygun ön işlemedir.

> Analize başlamak için tamamen temiz verilere ihtiyacınız olduğuna dair yanlış bir kanı vardır, ancak pratikte kirli verilerle çalışabilmek sürecin önemli bir parçasıdır.



Şekil 2.1-2 Veri, iş dünyasının kök sistemi ve temelidir; bu da karar verme süreçlerine dayanır.

Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe, işletmeniz de ilerlemeli ve verilerden nasıl değer yaratılacağını öğrenmelidir. Tıpkı petrol ve kömür şirketlerinin madenleri çıkarmak için altyapı inşa etmesi gibi,

işletmeler de kendi sunucularındaki yeni bilgi akışını nasıl yöneteceklerini ve kullanılmayan, biçimlendirilmemiş ve eski verilerden değerli içgörüler elde ederek bunları stratejik bir kaynağa nasıl dönüştüreceklerini öğrenmelidir.

Alanların oluşturulması (veri ambarları) ilk adımdır. Şirketler silo sistemlerinde çalışmaya devam ederse, en güçlü araçlar bile veri izolasyonu ve çok formatlı veri sorununu çözmez. Veriler birbirlerinden ayrı olarak, kesişmeden ve bilgi paylaşmadan var olduğunda, işletmeler bir "veri silosu" etkisiyle karşı karşıya kalır. Şirketler tek ve tutarlı bir altyapı yerine verileri birleştirmek ve senkronize etmek için kaynak harcamak zorunda kalırlar.

Veri siloları ve bunların şirket performansı üzerindeki etkileri

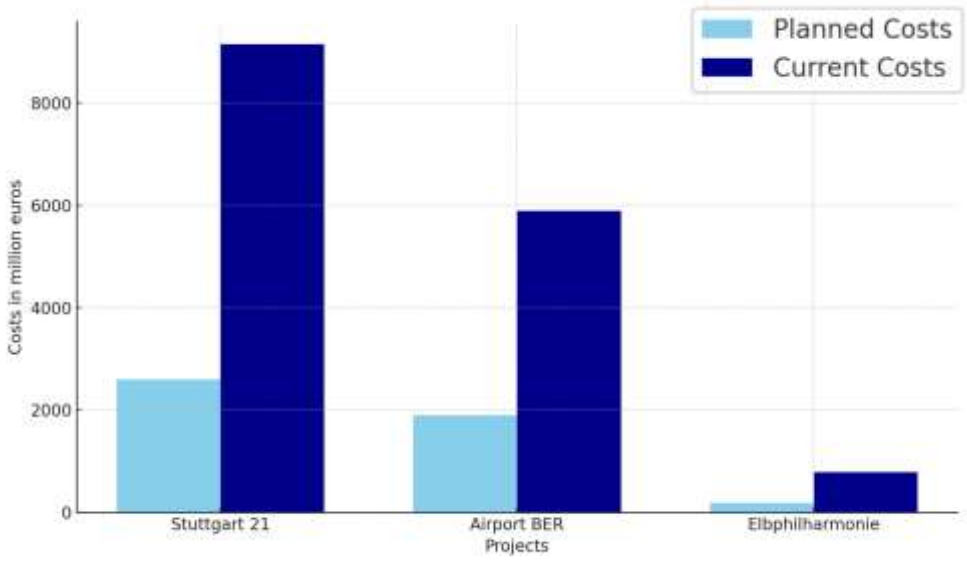
Bir site inşa ettiğinizi düşünün, ancak her ekibin kendi projesi var. Bazıları duvar örüyor, diğerleri iletişim hattı döşüyor ve diğerleri de birbirlerini kontrol etmeden yol döşüyor. Sonuç olarak, borular duvarlardaki açıklıklara uymuyor, asansör boşlukları katlara karşılık gelmiyor ve yolların sökülüp yeniden döşenmesi gerekiyor.

Bu durum sadece varsayımsal bir senaryo değil, birçok modern inşaat projesinin gerçeğidir. Farklı sistemlerle çalışan ve tek bir koordinasyon merkezi olmayan çok sayıda genel ve alt yüklenici nedeniyle, süreç bir dizi sonsuz onay, yeniden çalışma ve çatışmaya dönüşür. Tüm bunlar önemli gecikmelere ve çoklu proje maliyetlerine yol açmaktadır.

Bir şantiyedeki klasik bir durum basittir: kalıp hazırdır, ancak donatı teslimatı zamanında gelmemiştir. Çeşitli sistemlerdeki bilgileri kontrol ederken, iletişim kabaca aşağıdaki gibidir:

- Ayın 20'sinde şantiyedeki ustabaşı proje müdürüne **şöyle** yazıyor: "*Kalıbı kurmayı bitirdik,* inşaat *demiri nerede?*"
- **Proje Yöneticisinden** (PMIS) Satın Alma Departmanına**:** - "*Kalıp hazır. Sistemimde [PMIS] inşaat demirinin ayın 18'inde gelmesi gerektiği yazıyor. İnşaat demiri nerede?"*
- **Tedarik Zinciri Uzmanı** (ERP): - "ERP'miz teslimatın ayın 25'inde yapılacağını söylüyor".
- **Veri Mühendisi** veya BT departmanı (entegrasyonlardan sorumlu): - PMIS'te tarih 18'i, ERP'de ise 25'idir. ERP ve PMIS arasında OrderID bağlantısı yok, bu nedenle veriler senkronize değil. Bu tipik bir bilgi açığı örneğidir.
- **Proje Müdüründen** Genel Müdüre - "Bağlantı *parçalarının teslimi gecikti, saha duruyor ve kimin sorumlu olduğu belirsiz*".

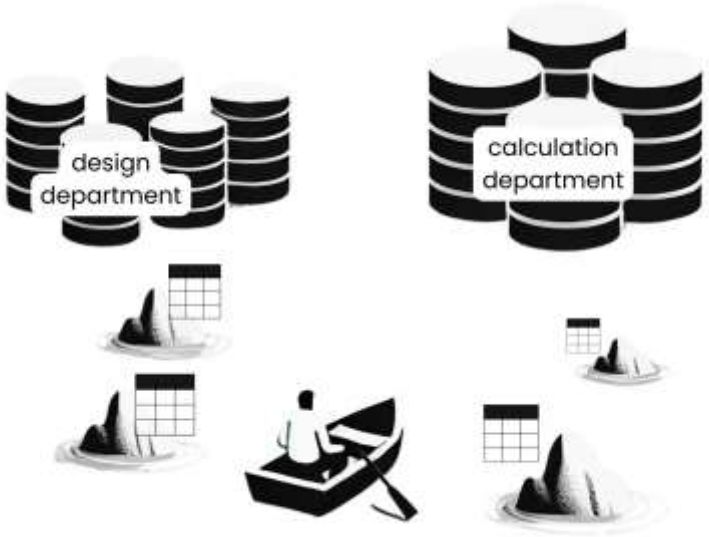
Olayın nedeni, farklı sistemlerdeki verilerin izole edilmesiydi. Veri kaynaklarını entegre ederek ve birleştirerek, tek bir bilgi havuzu oluşturarak ve ETL araçları (Apache NiFi, Airflow veya n8n) aracılığıyla otomatikleştirerek sistemler arasındaki silolar ortadan kaldırılabilir. Bu ve diğer yöntem ve araçlar kitabın ilerleyen bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.



Şekil 2.1-3 Almanya'daki büyük altyapı projelerinin planlanan ve gerçekleşen maliyetlerinin karşılaştırılması.

Aynı şey kurumsal sistemler için de geçerlidir: önce izole çözümler yaratılır ve daha sonra bunları entegre etmek ve uyumlu hale getirmek için büyük bütçeler harcanması gerekir. Eğer veri ve iletişim modelleri en başından itibaren düşünülmüş olsaydı, entegrasyona hiç gerek kalmazdı. Silo halindeki veriler dijital dünyada tıpkı koordine edilmemiş bir inşaat süreci gibi kaos yaratır.

> KPMG'nin 2023 tarihli "Cue construction 4.0: Time to make or break" çalışmasına göre, şirketlerin yalnızca%36'sı departmanlar arasında etkin bir şekilde veri paylaşırken,%61'i izole veri "siloları" nedeniyle ciddi sorunlarla karşılaşmaktadır [30].



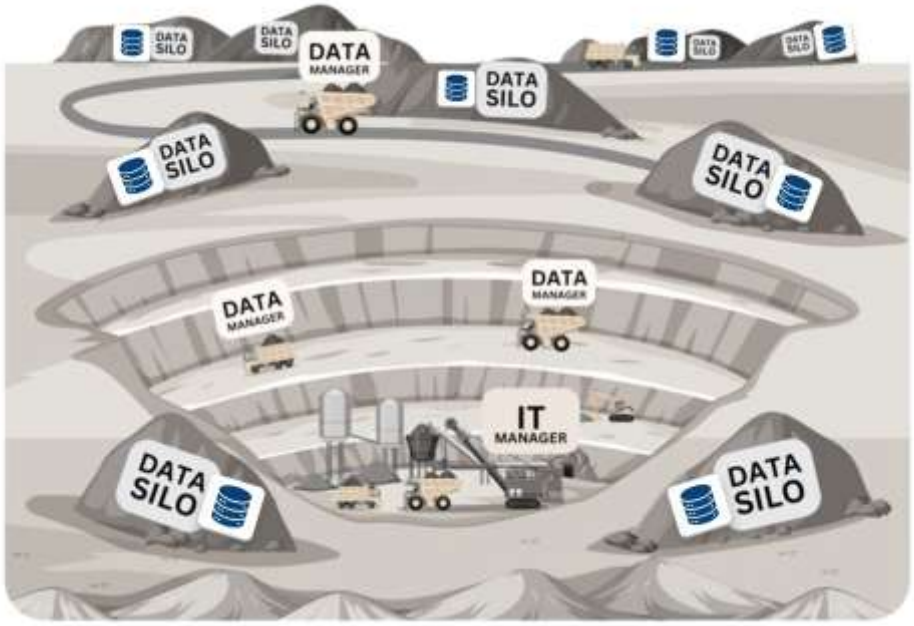
Şekil 2.1-4 Yıllar boyunca toplanması zor veriler, hiç kullanılmama riskiyle izole edilmiş depolama "silolarında" birikir.

Şirket verileri, araziye dağılmış tek tek ağaçlar gibi izole sistemlerde depolanır. Her biri değerli bilgiler içerir, ancak aralarında bağlantı olmaması tek ve birbirine bağlı bir ekosistem oluşturulmasını engeller. Bu silo, veri akışını engeller ve kuruluşun resmin tamamını görme kabiliyetini sınırlar. Bu siloları birbirine bağlamak, sistemler arasında tek tek bilgi parçalarının nasıl aktarılacağını öğrenmek için yönetim düzeyinde mantar miselyumu yetiştirmek gibi son derece uzun ve karmaşık bir süreçtir.

2016 WEF araştırmasına göre, dijital dönüşümün önündeki başlıca engellerden biri ortak veri standartlarının olmaması ve parçalanmışlıktır.

> *İnşaat sektörü dünyadaki en parçalı sektörlerden biridir ve değer zincirindeki tüm katılımcıların sorunsuz etkileşimine bağlıdır [5].*
>
> - Dünya Ekonomik Forumu 2016: Geleceğini Şekillendirmek

Tasarımcılar, yöneticiler, koordinatörler ve geliştiriciler genellikle koordinasyonun karmaşıklığından kaçınarak özerk çalışmayı tercih ederler. Bu doğal eğilim, verilerin ayrı sistemler içinde izole edildiği bilgi "silolarının" oluşmasına yol açar. Ne kadar çok izole sistem varsa, bunların birlikte çalışmasını sağlamak o kadar zordur. Zamanla her sistem kendi veri tabanına ve yöneticilerden oluşan uzmanlaşmış bir destek departmanına sahip olur (Şekil 1.2-4), bu da entegrasyonu daha da zorlaştırır.



Şekil 2.1-5 Her sistem, uygun araçlar tarafından işlenmesi gereken kendine özgü silo veri yaratma eğilimindedir [31].

Kurumsal sistemlerdeki kısır döngü şu şekildedir: şirketler karmaşık iso leated çözümlere yatırım yapmakta, daha sonra bunların entegrasyonu için yüksek maliyetlerle karşılaşmakta ve sistemleri birleştirmenin karmaşıklığını fark eden geliştiriciler kendi kapalı ekosistemlerinde çalışmayı tercih

etmektedir. Tüm bunlar BT ortamının parçalanmasını artırmakta ve yeni çözümlere geçişi zorlaştırmaktadır (Şekil 2.1-5). Yöneticiler sonunda veri silolarını eleştirir, ancak nedenlerini ve nasıl önlenebileceklerini nadiren analiz ederler. Yöneticiler modası geçmiş BT sistemlerinden şikayet ederler, ancak bunları değiştirmek önemli yatırımlar gerektirir ve nadiren beklenen sonuçları verir. Sonuç olarak, sorunla mücadele etme girişimleri bile çoğu zaman işleri daha da kötüleştirmektedir.

Kopukluğun ana nedeni, uygulamalara verilerden daha fazla öncelik verilmesidir. Şirketler önce ayrı sistemler geliştiriyor ya da satıcılardan hazır çözümler satın alıyor, ardından da yinelenen ve uyumsuz depolama ve veritabanları oluşturarak bunları birleştirmeye çalışıyor.

Parçalanma sorununun üstesinden gelmek radikal yeni bir yaklaşım gerektirmektedir - uygulamalardan ziyade verilere öncelik vermek. Şirketler öncelikle veri yönetimi stratejileri ve veri modelleri geliştirmeli, ardından yeni engeller yaratmak yerine tek bir bilgi kümesiyle çalışan sistemler kurmalı veya çözümler satın almalıdır.

> *Verinin yazılımdan daha önemli olabileceği yeni bir dünyaya giriyoruz.*
>
> - Tim O'Reilly, O'Reilly Media, Inc. CEO'su

> McKinsey Global Institute'un "Rethinking Construction: the path to improved productivity" (2016) adlı çalışması, inşaat sektörünün dijital dönüşümde diğer sektörlerin gerisinde kaldığını ortaya koymaktadır [32]. Rapora göre, otomatik veri yönetimi ve dijital platformların benimsenmesi verimliliği önemli ölçüde artırabilir ve süreç tutarsızlığı ile ilişkili kayıpları azaltabilir. Dijital dönüşüme duyulan bu ihtiyaç, inşaatta entegre süreçlerin ve işbirlikçi bir yaklaşımın kilit rolünü vurgulayan Egan (Birleşik Krallık, 1998) raporunda da vurgulanmaktadır [33].

> Sonuç olarak, son 10.000 yılda veri yöneticileri için temel sorun veri eksikliği iken, veri ve veri yönetim sistemlerinin çığ gibi büyümesiyle birlikte kullanıcılar ve yöneticiler bir sorunla karşı karşıya kalmıştır: yasal olarak doğru ve kaliteli bilgiye ulaşmayı zorlaştıran aşırı veri bolluğu.

Birbirinden farklı veri siloları kaçınılmaz olarak veri kalitesinin düşmesi gibi ciddi bir soruna yol açmaktadır. Birden fazla bağımsız sistemde, aynı veriler farklı versiyonlarda, genellikle çelişkili değerlerle mevcut olabilir ve hangi bilgilerin ilgili ve güvenilir olduğunu belirlemesi gereken kullanıcılar için ek zorluklar yaratır.

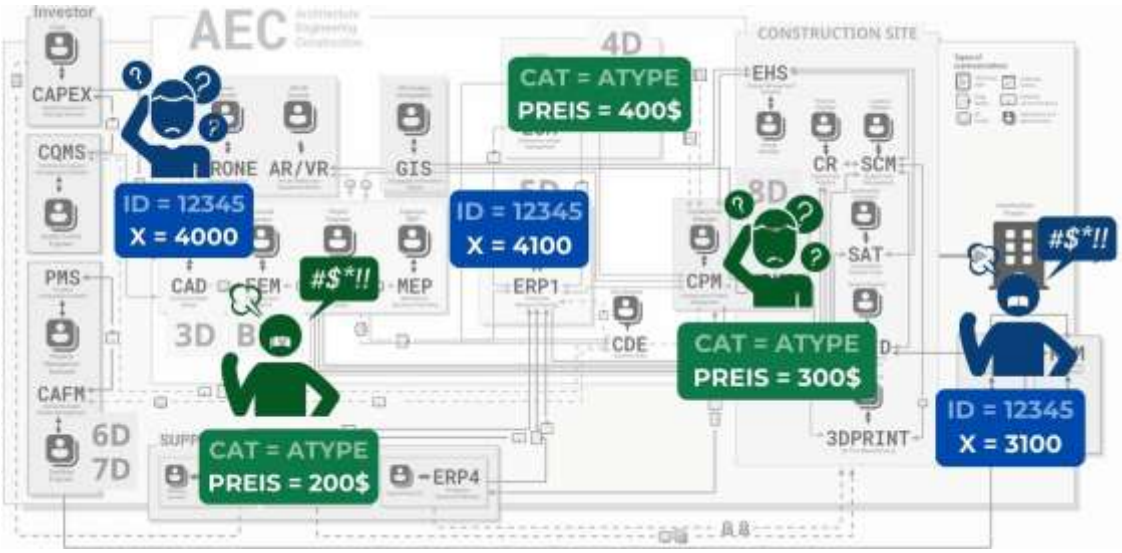
Kopukluğun bir sonucu olarak mükerrerlik ve veri kalitesi eksikliği

Veri siloları sorunu nedeniyle, yöneticiler verileri aramak ve uzlaştırmak için önemli ölçüde zaman harcamak zorunda kalmaktadır. Kalite sorunlarından korunmak için şirketler, verileri aramaktan,

doğrulamaktan ve uzlaştırmaktan sorumlu bir yöneticiler dikeyinin bulunduğu karmaşık bilgi yönetimi yapıları oluşturmaktadır. Ancak bu yaklaşım sadece bürokrasiyi artırır ve karar alma sürecini yavaşlatır. Ne kadar çok veri varsa, özellikle de depolamak ve işlemek için tek tip bir standart yoksa, analiz etmek ve yorumlamak o kadar zordur.

Son on yılda yağmurdan sonra mantar gibi çoğalan yazılım uygulamaları ve sistemlerinin çokluğu ile silolar ve uygunsuz veri kalitesi sorunu son kullanıcılar için giderek daha önemli hale gelmiştir. Aynı veriler, ancak farklı değerlerle, artık farklı sistem ve uygulamalarda bulunabilmektedir (Şekil 2.1-6). Bu durum, son kullanıcılar için mevcut birçok veri arasından hangi veri versiyonunun ilgili ve doğru olduğunu belirlemeye çalışırken zorluklara yol açmaktadır. Bu da analizlerde ve nihayetinde karar alma süreçlerinde hatalara yol açmaktadır.

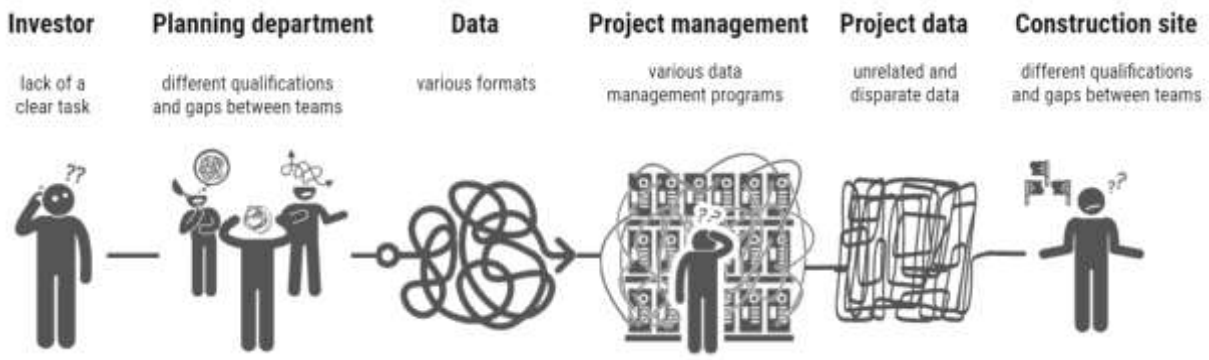
Şirket yöneticileri, doğru verileri bulma sorunlarına karşı güvence sağlamak için doğrulama yöneticilerinden oluşan çok düzeyli bir bürokrasi oluşturur. Bunların görevi, farklı sistemler labirentinde gezinerek gerekli verileri tablolar ve raporlar halinde hızlı bir şekilde bulmak, kontrol etmek ve göndermektir.



Şekil 2.1-6 Doğru veriyi bulmaya çalışırken, yöneticiler farklı sistemler arasındaki verilerin kalitesini ve yasal güvenilirliğini sağlamalıdır.

Ancak uygulamada bu model yeni karmaşıklıklar yaratmaktadır. Veriler manuel olarak yönetildiğinde ve bilgiler birbiriyle ilgisiz birçok karara dağıldığında, karar vericilerden oluşan bir piramit (Şekil 2.1-7) aracılığıyla doğru ve güncel bilgi elde etmeye yönelik her girişim, zaman alıcı ve hataya açık bir darboğaz haline gelir.

Dijital çözümlerin çığ gibi büyümesi durumu daha da kötüleştiriyor. Yazılım pazarı, umut verici görünen yeni araçlarla dolup taşmaya devam ediyor. Ancak net bir veri yönetimi stratejisi olmadan bu çözümler birleşik bir sisteme entegre olmuyor, bunun yerine ek karmaşıklık ve tekrarlama katmanları yaratıyor. Sonuç olarak, süreçleri basitleştirmek yerine, şirketler kendilerini daha da parçalanmış ve kaotik bir bilgi ortamında buluyor.



Şekil 2.1-7 Sistemlerin karmaşıklığı ve veri formatlarının çeşitliliği, inşaat sürecinde tutarlılık kaybına yol açmaktadır.

Çok sayıda farklı çözümün yönetilmesiyle ilgili tüm bu sorunlar er ya da geç şirket yönetimini önemli bir farkındalığa götürür: Sorun veri hacmi ya da bir sonraki "herkese uyan" veri işleme aracı arayışı değildir. Asıl neden, verilerin kalitesinde ve kuruluşun bu verileri nasıl oluşturduğu, aldığı, depoladığı ve kullandığında yatmaktadır.

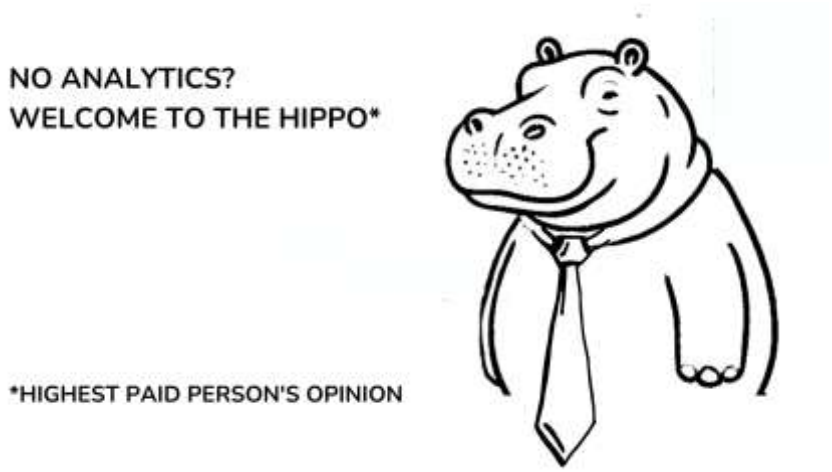
> Sürdürülebilir başarının anahtarı yeni "sihirli" uygulamaların peşinde koşmak değil, şirket içinde bir veri kültürü oluşturmaktır. Bu, veriyi stratejik bir varlık olarak ele almak ve veri kalitesini, bütünlüğünü ve uygunluğunu kuruluşun tüm seviyelerinde bir öncelik haline getirmek anlamına gelir.

"Niteliğe karşı nicelik" ikileminin çözümü, tekrarları ortadan kaldıran, tutarsızlıkları gideren ve bilgi akışlarını birleştiren birleşik bir veri yapısının oluşturulmasında yatmaktadır. Bu mimari, bilgiye dayalı, doğru ve zamanında kararlar almak için tek ve güvenilir bir veri kaynağı sağlar.

Aksi takdirde, hala sıklıkla olduğu gibi, şirketler güvenilir gerçeklerden ziyade HiPPO uzmanlarının öznel görüşlerine ve sezgisel değerlendirmelerine güvenmeye devam etmektedir. Uzmanlığın geleneksel olarak önemli bir rol oynadığı inşaat sektöründe bu durum özellikle dikkat çekicidir.

HiPPO veya karar almada görüşlerin tehlikesi

Geleneksel olarak, inşaat sektöründe kilit kararlar deneyim ve öznel yargılara dayalı olarak alınır. Zamanında ve güvenilir veriler olmadan, şirket yöneticileri objektif gerçeklerden ziyade en yüksek maaşlı çalışanların sezgilerine (HiPPO - En Yüksek Maaşlı Kişinin Görüşü) güvenerek körü körüne hareket etmek zorundadır (Şekil 2.1-8).



Şekil 2.1-8 Analitiğin olmadığı durumlarda iş, deneyimli profesyonellerin öznel görüşlerine bağlıdır.

Böyle bir yaklaşım istikrarlı ve yavaş değişen bir ortamda haklı görülebilir, ancak dijital dönüşüm çağında ciddi bir risk haline gelir. Sezgiye ve tahmine dayalı kararlar çarpıtılmaya açıktır, genellikle desteklenmeyen hipotezlere dayanır ve verilere yansıyan karmaşık resmi dikkate almaz

> Bir şirkette karar alma düzeyinde akıllıca bir tartışma olarak sunulan şey genellikle somut bir şeye dayanmaz. Bir şirketin başarısı uzmanların yetkisine ve maaşına değil, verilerle etkili bir şekilde çalışma, kalıpları belirleme ve bilinçli kararlar alma becerisine bağlı olmalıdır.

Yetki veya deneyimin otomatik olarak bir kararın doğru olduğu anlamına geldiği düşüncesini terk etmek önemlidir. Veri odaklı yaklaşım oyunun kurallarını değiştirmektedir: artık karar verme sürecinin temelinde pozisyon ve maaş değil veri ve analitik yer almaktadır. Büyük veri, makine öğrenimi ve görsel analitik, kalıpları belirlememizi ve tahmin yerine gerçeklere dayanmamızı sağlar (Şekil 1.1-4).

> *Veri olmadan, sadece fikir sahibi başka bir insansınızdır [34].*
>
> - W. Edwards Deming, akademisyen ve yönetim danışmanı

Modern veri yönetimi yöntemleri aynı zamanda şirket içinde bilginin sürekliliğini de sağlar. Açıkça tanımlanmış süreçler, otomasyon ve sistematik bir yaklaşım, verimliliği kaybetmeden kilit rollerin bile aktarılmasını mümkün kılar.

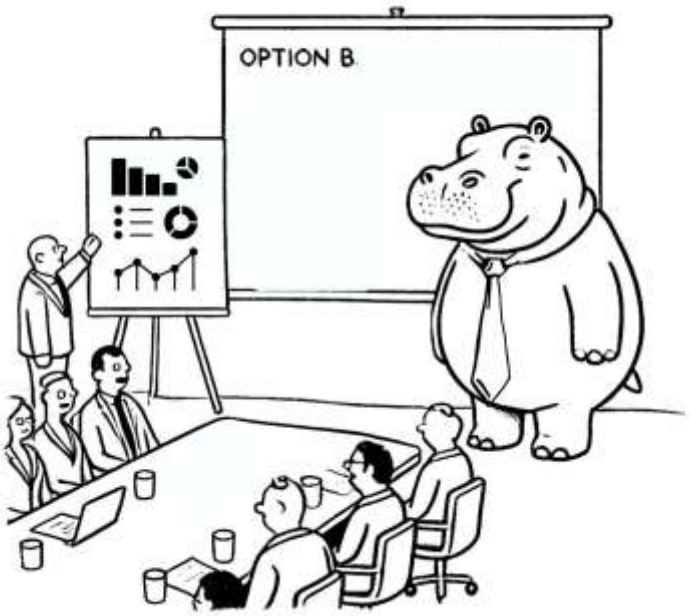
Ancak verilere körü körüne güvenmek de ciddi hatalara yol açabilir. Verinin kendisi sadece bir sayılar topluluğudur. Doğru analiz, bağlam ve kalıpları belirleme yeteneği olmadan hiçbir değeri yoktur ve süreçleri yönlendiremezler. Başarının anahtarı HiPPO sezgileri ile analitik arasında seçim yapmakta değil birbirinden farklı bilgileri yönetilebilir ve bilinçli kararlara dönüştüren akıllı araçlar geliştirmekte

yatmaktadır.

> Dijital bir inşaat ortamında belirleyici başarı faktörleri kıdem ve hiyerarşideki yer değil, yanıt verebilirlik, karar doğruluğu ve kaynak verimliliğidir

Veriler araçtır, mutlak gerçekler değil. İnsan düşüncesinin yerini almamalı, onu tamamlamalıdır. Analitiğin faydalarına rağmen, veriler insan sezgisi ve deneyiminin yerini tamamen alamaz. Bunların rolü, daha doğru ve bilinçli kararlar alınmasına yardımcı olmaktır.

Rekabet avantajı sadece standartları karşılamakla değil, herkes için aynı olan kaynakların verimli kullanımında rakipleri geride bırakabilmekle elde edilecektir. Gelecekte veri becerileri, bir zamanlar okuryazarlık veya matematik becerileri kadar önemli hale gelecektir. Verileri analiz edip yorumlayabilen profesyoneller daha doğru kararlar verebilecek ve sadece kişisel deneyimlerine güvenenlerin yerini alacaktır (Şekil 2.1-9).



Şek. 2.1-9 Kararlar, en yüksek maaşlı çalışanın görüşüne değil, objektif analize dayanmalıdır.

Yöneticiler, uzmanlar ve mühendisler, projelerin yapısını, dinamiklerini ve temel göstergelerini inceleyen veri analistleri olarak hareket edeceklerdir. İnsan kaynakları, verimliliği en üst düzeye çıkarmak için esnek veri odaklı özelleştirme gerektiren sistemin unsurları haline gelecektir.

> *Yetersiz veri kullanıldığında yapılan hatalar, hiç veri kullanılmadığında yapılan hatalardan çok daha küçüktür [35].*
>
> - Charles Babbage, ilk analitik hesaplama makinesinin mucidi

Büyük verinin ortaya çıkışı ve LLM'nin (Büyük Dil Modelleri) kullanılmaya başlanması sadece analiz etme şeklimizi değil, aynı zamanda karar verme sürecinin doğasını da kökten değiştirmiştir. Önceleri nedenselliğe (bir şeyin neden olduğuna - teşhis analitiği) odaklanılırken (Şekil 1.1-4), bugün geleceği tahmin etme yeteneği (tahmine dayalı analitik) ve gelecekte makine öğrenimi ve yapay zekanın karar verme sürecinde en iyi seçimi önerdiği kuralcı analitik ön plana çıkmaktadır.

> Yeni SAP™ araştırması "New Study Finds Nearly Half of Executives Trust Artificial Intelligence More Than Themselves" 2025'e [36] göre, üst düzey yöneticilerin%44'ü yapay zeka tavsiyelerine dayanarak önceki kararlarını değiştirmeye istekli ve%38'i yapay zekanın kendileri adına iş kararları alacağına güveniyor. Bu arada, yöneticilerin%74'ü YZ tavsiyelerine arkadaşlarından ve ailelerinden daha fazla güvendiklerini ve%55'inin YZ'den türetilen içgörülerin geleneksel karar verme yöntemlerinin yerini aldığı veya çoğu zaman bunları atladığı şirketlerde çalıştığını belirtmiştir - özellikle de yıllık geliri 5 milyar doların üzerinde olan kuruluşlarda. Ayrıca, katılımcıların%48'i üretken YZ araçlarını günlük olarak kullanmaktadır ve bunların%15'i bu araçları günde birden fazla kez kullanmaktadır.

LLM ve otomatik veri yönetim sistemlerinin gelişmesiyle birlikte yeni bir zorluk ortaya çıkmaktadır: iş süreçlerinin artan karmaşıklığı ve dinamikleri ile tamamlanan uyumsuz formatlar ve heterojen kaynaklar kaosunda değerini kaybetmeden bilginin nasıl etkili bir şekilde kullanılacağı.

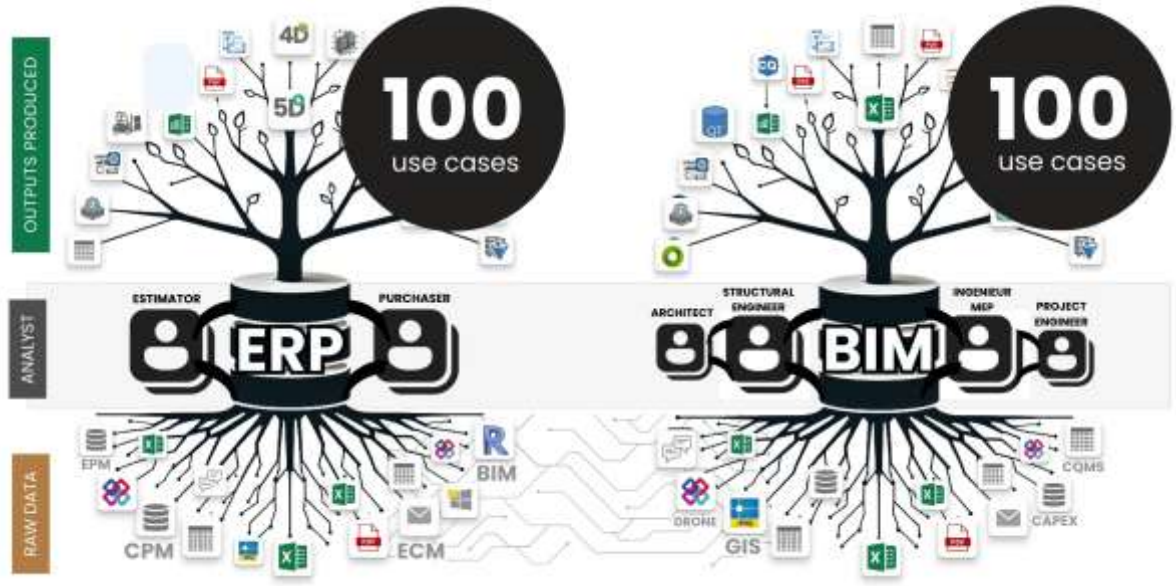
İş süreçlerinin karmaşıklığının ve dinamizminin sürekli artması

İnşaat sektörü bugün veri ve süreç yönetimi konusunda ciddi zorluklarla karşı karşıya. Bu zorlukların başında parçalı bilgi sistemleri, aşırı bürokrasi ve dijital araçlar arasında entegrasyon eksikliği gelmektedir. Bu zorluklar, teknolojinin, değişen müşteri gereksinimlerinin ve gelişen düzenlemelerin etkisiyle iş süreçleri daha karmaşık hale geldikçe daha da artmaktadır.

İnşaat projelerinin benzersizliği sadece teknik özelliklerinden değil, aynı zamanda farklı ülkelerdeki ulusal standartlar ve düzenleyici gerekliliklerdeki farklılıklardan da kaynaklanmaktadır (Şekil 4.2-10, Şekil 5.1-7). Bu durum, her bir proje için geleneksel modüler kontrol sistemlerinde uygulanması zor olan esnek ve bireyselleştirilmiş bir yaklaşım gerektirmektedir. Süreçlerin karmaşıklığı ve büyük miktarda veri nedeniyle, birçok şirket özel çözümler sunan satıcılara yönelmektedir. Ancak pazar aşırı yüklüdür - birçok girişim dar görevlere odaklanarak benzer ürünler sunmaktadır. Sonuç olarak, veri yönetimine yönelik bütünsel bir yaklaşım genellikle kaybolmaktadır.

> Yeni teknolojilerin ve pazar gereksinimlerinin sürekli akışına uyum sağlamak, rekabet gücü için kritik bir faktör haline gelmektedir. Bununla birlikte, mevcut tescilli uygulamalar ve modüler sistemler düşük uyarlanabilirliğe sahiptir - herhangi bir değişiklik genellikle inşaat süreçlerinin özelliklerini her zaman anlamayan geliştiriciler tarafından uzun ve maliyetli revizyonlar gerektirir.

Şirketler, yenilikçi entegre yaklaşımları derhal uygulamak yerine yeni güncellemeleri bekleyerek teknolojik gecikmenin esiri olmaktadır. Sonuç olarak, inşaat kuruluşlarının iç yapısı genellikle birbirine bağlı hiyerarşik ve genellikle kapalı sistemlerden oluşan karmaşık bir ekosistemdir ve çok seviyeli bir yönetici ağı aracılığıyla koordine edilir (Şekil 2.1-10).

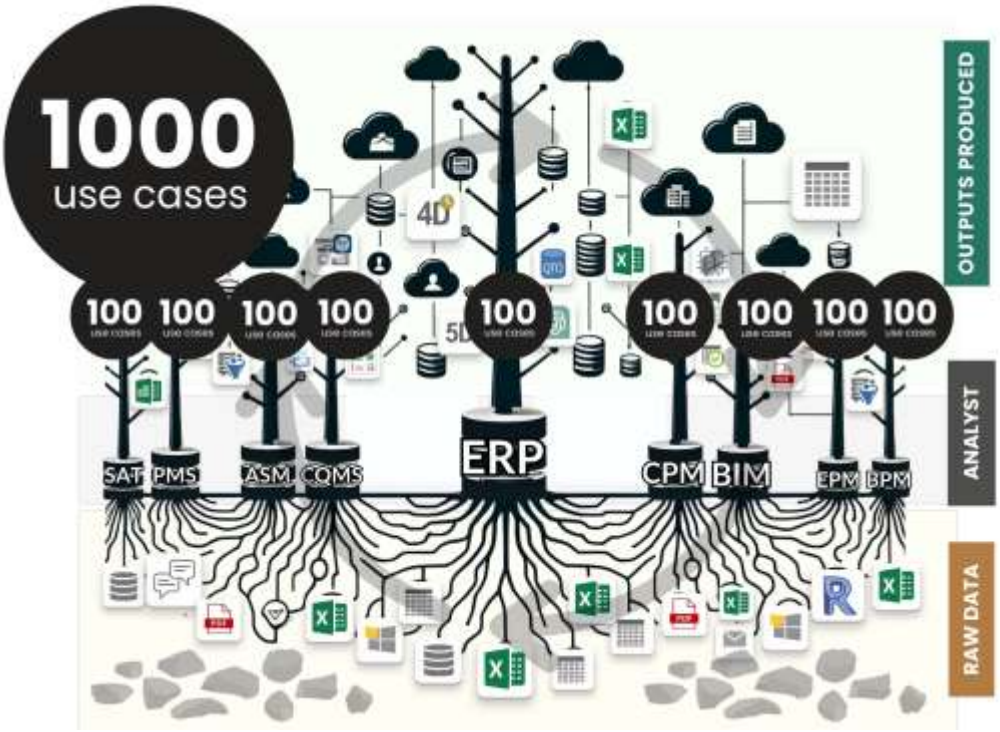


Şekil 2.1-10 Şirketler, otomasyon gerektiren süreçleri oluşturan birbirine bağlı sistemlerden oluşur.

> Kanada İnşaat Derneği ve KPMG Kanada 2021 tarafından yapılan bir araştırmaya göre [37], şirketlerin yalnızca%25'i teknolojinin benimsenmesi veya dijital çözümler açısından rakiplerine kıyasla önemli veya farklı bir konumda olduklarına inanmaktadır. Katılımcıların sadece%23'ü çözümlerinin önemli ölçüde veya büyük ölçüde veri odaklı olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda, anket katılımcılarının çoğunluğu bir dizi diğer teknolojiyi kullanımlarını tamamen deneysel olarak nitelendirmiş veya hiç kullanmadıklarını itiraf etmiştir.

Teknolojik deneylere katılma konusundaki bu isteksizlik, özellikle hataların milyonlarca dolara mal olabileceği büyük altyapı projelerinde belirgindir. En gelişmiş teknolojiler bile - dijital ikizler, tahmine dayalı analitik - genellikle etkinlikleri nedeniyle değil, gerçek projelerde kanıtlanmış güvenilirliklerinin olmaması nedeniyle dirençle karşılaşmaktadır.

> Dünya Ekonomik Forumu'nun (WEF) "İnşaatın Geleceğini Şekillendirmek" [5] başlıklı raporuna göre, inşaat sektöründe yeni teknolojilerin kullanılmaya başlanması sadece teknik zorluklarla değil, aynı zamanda müşterilerin psikolojik engelleriyle de karşılaşmaktadır [5], inşaat sektöründe yeni teknolojilerin kullanılmaya başlanması sadece teknik zorluklarla değil, aynı zamanda müşterilerin psikolojik engelleriyle de karşılaşmaktadır. Birçok müşteri, gelişmiş çözümlerin kullanılmasının projelerini bir deney sahası haline getireceğinden ve kendilerini "kobay" yapacağından ve öngörülemeyen sonuçların ek maliyetlere ve risklere yol açabileceğinden korkmaktadır.



Şekil 2.1-11 Her bir veri kullanım durumu için, çözümler pazarı süreçleri optimize etmeye ve otomatikleştirmeye yönelik uygulamalar sunmaktadır.

> İnşaat sektörü çok çeşitlidir: farklı projelerin farklı gereksinimleri, bölgesel özellikler, yasal sınıflandırma düzenlemeleri (Şekil 4.2-10), hesaplama standartları (Şekil 5.1-7) vb. vardır. Bu nedenle, tüm bu gereksinimlere ve proje özelliklerine mükemmel şekilde uyacak tescilli bir evrensel uygulama veya sistem oluşturmak pratikte imkansızdır.

Sistemlerin artan karmaşıklığı ve yazılım satıcılarına olan bağımlılıkla başa çıkma çabası içinde, etkili veri yönetiminin anahtarının sadece açıklık ve standardizasyon değil, aynı zamanda süreç mimarisinin kendisinin basitleştirilmesi olduğu giderek daha fazla fark edilmektedir. İş süreçlerinin artan karmaşıklığı ve dinamizmi, önceliğin veri biriktirmekten yapılandırmaya ve düzenlemeye kaydığı yeni yaklaşımlar gerektirmektedir. İnşaat sektörünün gelişiminde bir sonraki adım olacak olan bu değişim,

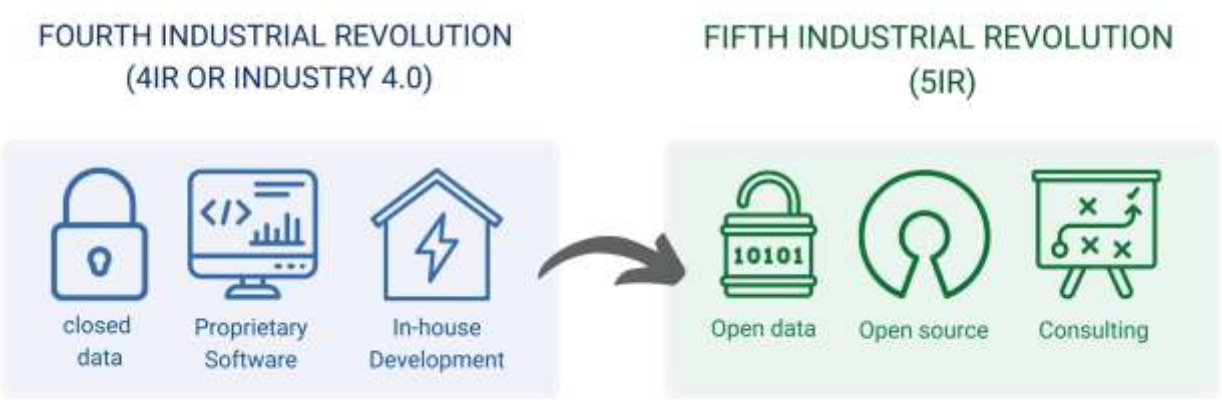
yazılım satıcılarının egemenliği döneminin sonunu ve anlamlı bilgi organizasyonu döneminin başlangıcını işaret etmektedir.

Herkese uyan tek bir çözümün sınırlarının ve artan karmaşıklığa karşı kırılganlığın farkına varılması, önceliklerin kapalı platformlardan ve veri istiflemeden şeffaflığa, uyarlanabilirliğe ve yapılandırılmış bilgi işlemeye doğru kaymasına yol açmaktadır. Düşüncelerdeki bu değişim, küresel ekonomi ve teknolojideki, "endüstriyel devrimler" olarak adlandırılan mercekle tanımlanan daha geniş değişiklikleri yansıtmaktadır. İnşaat sektörünün nereye gittiğini ve gelecekteki yönünü anlamak için sektörün otomasyon ve dijitalleşmeden kişiselleştirmeye, açık standartlara ve hizmet tabanlı veri modeline kadar Dördüncü ve Beşinci Sanayi Devrimleri bağlamındaki yerini göz önünde bulundurmak gerekir.

Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) ve inşaatta Beşinci Sanayi Devrimi (Endüstri 5.0)

Teknolojik ve ekonomik aşamalar, toplumun ve ekonominin farklı gelişim aşamalarındaki evrimini tanımlamak ve analiz etmek için kullanılan teorik kavramlardır. Farklı araştırmacılar ve uzmanlar tarafından farklı şekillerde yorumlanabilirler.

- **Dördüncü sanayi devrimi** (4IR veya Endüstri 4.0) bilgi teknolojisi, otomasyon, dijitalleşme ve küreselleşme ile ilgilidir. Temel unsurlarından biri, özel yazılım çözümlerinin, yani belirli görevler ve şirketler için tasarlanmış özel dijital ürünlerin oluşturulmasıdır. Bu çözümler genellikle BT altyapısının önemli bir parçası haline gelir, ancak ek modifikasyonlar olmadan ölçeklendirilebilirliği zayıftır.
- **Beşinci Sanayi Devrimi (5IR)** şu anda 4IR'den daha erken bir kavramsallaştırma ve geliştirme aşamasındadır. Temel ilkeleri arasında ürün ve hizmetlerin daha fazla kişiselleştirilmesi yer almaktadır. 5IR, kişiselleştirme, danışmanlık ve hizmet odaklı modellere odaklanarak daha uyarlanabilir, esnek ve kişiselleştirilmiş ekonomik faaliyetlere doğru bir harekettir. Beşinci ekonomik modun önemli bir yönü, açık veri ve açık araçlar kullanılmadan neredeyse imkansız olan karar verme için veri kullanımıdır (Şekil 2.1-12).



Şekil 2.1-12 Dördüncü model çözümlere odaklanırken, beşinci model kişiselleştirme ve verilere odaklanmaktadır.

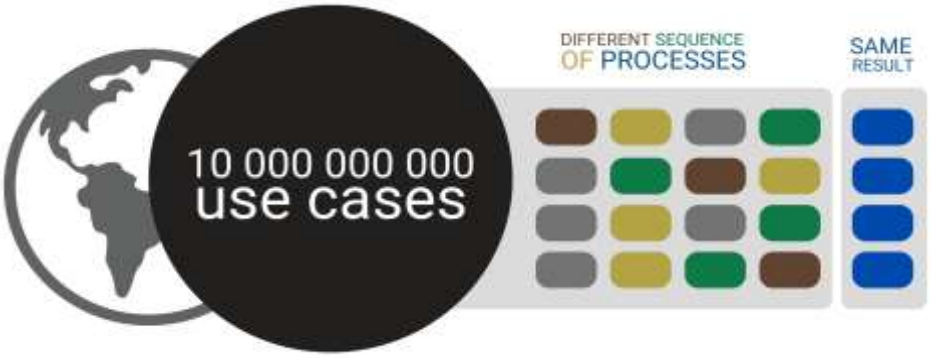
> İnşaat sektöründeki şirketler için on veya yüz kuruluşta kullanılmak üzere bir uygulama oluşturmak, önemli değişiklikler ve geliştirmeler yapılmadan diğer şirketlere, bölgelere veya ülkelere başarılı bir şekilde ölçeklendirilmesini garanti etmez. Her kuruluşun kendine özgü süreçleri, gereksinimleri ve kişiselleştirilmiş uyarlamalar gerektirebilecek koşulları olduğundan, bu tür çözümlerin başarılı bir şekilde ölçeklendirilmesi olasılığı düşüktür.

Günümüzde teknolojik çözümlerin başarılı bir şekilde entegrasyonunun her bir süreç, proje ve şirket için son derece kişiselleştirilmiş bir yaklaşım anlamına geldiğini anlamak önemlidir. Bu da evrensel bir çerçeve, araç veya program geliştirildikten sonra bile her bir şirket ve projenin kendine özgü gereksinimlerini ve koşullarını karşılamak için ayrıntılı uyarlama ve özelleştirme gerektireceği anlamına gelmektedir.

> PwC'nin "Beşinci Sanayi Devriminin Şifresini Çözmek" [38] başlıklı raporuna göre [38], bu yıl çeşitli sektörlerdeki üst düzey yöneticilerin yaklaşık%50'si ileri teknoloji ve insan uzmanlığının entegrasyonuna güveniyor. Bu yaklaşım, ürün tasarımındaki veya müşteri gereksinimlerindeki değişikliklere hızla uyum sağlayarak kişiselleştirilmiş üretim yaratmalarına olanak tanıyor.

Küresel inşaat sektörünün büyüklüğü ve projelerin çeşitliliği göz önüne alındığında, her bir süreç benzersiz bir işlevin veya uygulamanın geliştirilmesini gerektirmektedir ve bu da her biri benzersiz bir Boru Hattı mantığını temsil eden çok sayıda iş vakasının varlığına yol açmaktadır (Şekil 2.1-13). Bu tür vakaların her birinin kendine özgü özellikleri vardır ve özelleştirilmiş bir yaklaşım gerektirir. Makine öğrenimi ve Titanic veri setinin ayrıştırılmasına ayrılan bölümde farklı yaklaşımlar bağlamında aynı analitik probleme yönelik olası çözümlerin çeşitliliğine daha ayrıntılı olarak bakacağız (Şekil 9.2-9).

> **Boru hattı** dijital süreçler bağlamında, otomatik veya yapılandırılmış bir veri akışı sağlayan ve proje yaşam döngüsünün farklı aşamaları boyunca çalışan bir dizi faaliyet, süreç ve araçtır.



Şekil 2.1-13 İş vakalarının bireyselliği ve değişkenliği, ölçeklenebilir kapalı platformlar ve araçlar oluşturma girişimlerini imkansız kılmaktadır.

Dijital dönüşümün etkisiyle hayatlarımız zaten birçok yönden değişti ve bugün inşaat sektörünün ekonomik gelişiminde yeni bir aşamadan bahsedebiliriz. Bu "yeni ekonomide" rekabet farklı kurallara göre düzenlenecektir: kamusal bilgiyi ve açık veriyi verimli bir şekilde talep edilen ürün ve hizmetlere dönüştürebilen, beşinci sanayi devrimi koşullarında önemli bir avantaj elde eder.

> Ekonomist Kate Maskus'un "Özel Haklar ve Kamusal Sorunlar: 21. Yüzyılda Küresel Fikri Mülkiyet Ekonomisi" kitabında belirttiği gibi [39] 2012 [39], "küresel bir bilgi ekonomisinde yaşıyoruz ve gelecek, bilimsel keşifleri nasıl metaya dönüştüreceğini bilenlere ait".

Beşinci ekonomik moda geçiş, kapalı BT çözümlerinden açık standartlara ve platformlara doğru bir odak kayması anlamına gelmektedir. Şirketler, ana varlığın tescilli teknolojiler yerine veri olacağı hizmet odaklı modeller lehine geleneksel yazılım ürünlerinden uzaklaşmaya başlayacaktır.

> Harvard Business School 2024 çalışması [40] açık kaynaklı yazılımının (Open Source Software, OSS) büyük ekonomik değerini göstermektedir. Çalışmaya göre, OSS tüm yazılım kodlarının%96'sında mevcuttur ve bazı ticari yazılımlar%99,9 oranında OSS bileşenlerinden oluşmaktadır. OSS olmasaydı, şirketler yazılım için 3,5 kat daha fazla harcama yapardı.

> Küresel trendleri takip ederek şirket ekosistemleri oluşturmak, kademeli olarak veri merkezli analitik ve danışmanlık hizmetlerinin katı bir şekilde tanımlanmış kullanım senaryolarına sahip izole, kapalı çözümlerden daha yüksek bir öncelik haline geleceği beşinci bir ekonomik paradigmaya kayacaktır.

Dijitalleşme çağı, sektördeki güç dengesini değiştirecek: şirketler, satıcı çözümlerine güvenmek yerine, rekabet güçlerini verileri etkin bir şekilde kullanma becerilerine dayandıracaklar. Sonuç olarak, inşaat sektörü eski katı sistemlerden, açık standartların ve birlikte çalışabilir araçların proje yönetiminin temeli olacağı esnek, uyarlanabilir ekosistemlere geçecektir. Uygulama satıcılarının hakimiyeti döneminin sona ermesi, değerin kapalı kaynak koduna ve özel bağlayıcılara sahip olmakla değil, verileri stratejik bir avantaja dönüştürme becerisiyle tanımlanacağı yeni bir ortam yaratacaktır.

BÖLÜM 2.2.
KAOSU DÜZENE DÖNÜŞTÜRMEK VE KARMAŞIKLIĞI AZALTMAK

Verimlilik artışının önünde bir engel olarak gereksiz kod ve kapalı sistemler

Geçtiğimiz on yıllar boyunca, BT alanındaki teknolojik değişiklikler öncelikle yazılım satıcıları tarafından yönlendirildi. Şirketlerin hangi teknolojileri benimsemesi ve hangilerini geride bırakması gerektiğini belirleyerek gelişimin gidişatını belirlediler. Silo çözümlerden merkezi veri tabanlarına ve entegre sistemlere geçiş döneminde, satıcılar erişim ve ölçeklenebilirlik üzerinde kontrol sağlayan lisanslı ürünleri teşvik ettiler. Daha sonra bulut teknolojilerinin ve Hizmet Olarak Yazılım (SaaS) modellerinin ortaya çıkmasıyla birlikte bu kontrol, abonelik modeline dönüşerek kullanıcıları dijital hizmetlerin sadık müşterileri haline getirdi.

Bu yaklaşım bir paradoksa yol açmıştır: yaratılan program kodunun eşi benzeri görülmemiş hacimlerine rağmen, bunların sadece küçük bir kısmı gerçekten kullanılmaktadır. Belki de gerekenden yüzlerce ya da binlerce kat daha fazla kod vardır, çünkü aynı iş süreçleri aynı şirket içinde bile düzinelerce ya da yüzlerce programda farklı şekillerde tanımlanmakta ve çoğaltılmaktadır. Aynı zamanda, geliştirme maliyetleri zaten ödenmiştir ve bu maliyetler geri alınamaz. Buna rağmen endüstri, gerçek ihtiyaçlardan ziyade piyasa beklentilerinin baskısı altında, son kullanıcı için asgari katma değere sahip yeni ürünler yaratarak bu döngüyü yeniden üretmeye devam etmektedir.

> Savunma Edinme Üniversitesi (DAU) Yazılım Geliştirme Maliyet Tahmin Kılavuzuna [41] göre, yazılım geliştirme maliyeti, sistemin karmaşıklığı ve seçilen teknoloji dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Tarihsel olarak, 2008 yılı için geliştirme maliyetleri kaynak kod satırı (SLOC) başına yaklaşık 100 $ iken, bakım maliyetleri SLOC başına 4.000 $'a kadar çıkabilmektedir.

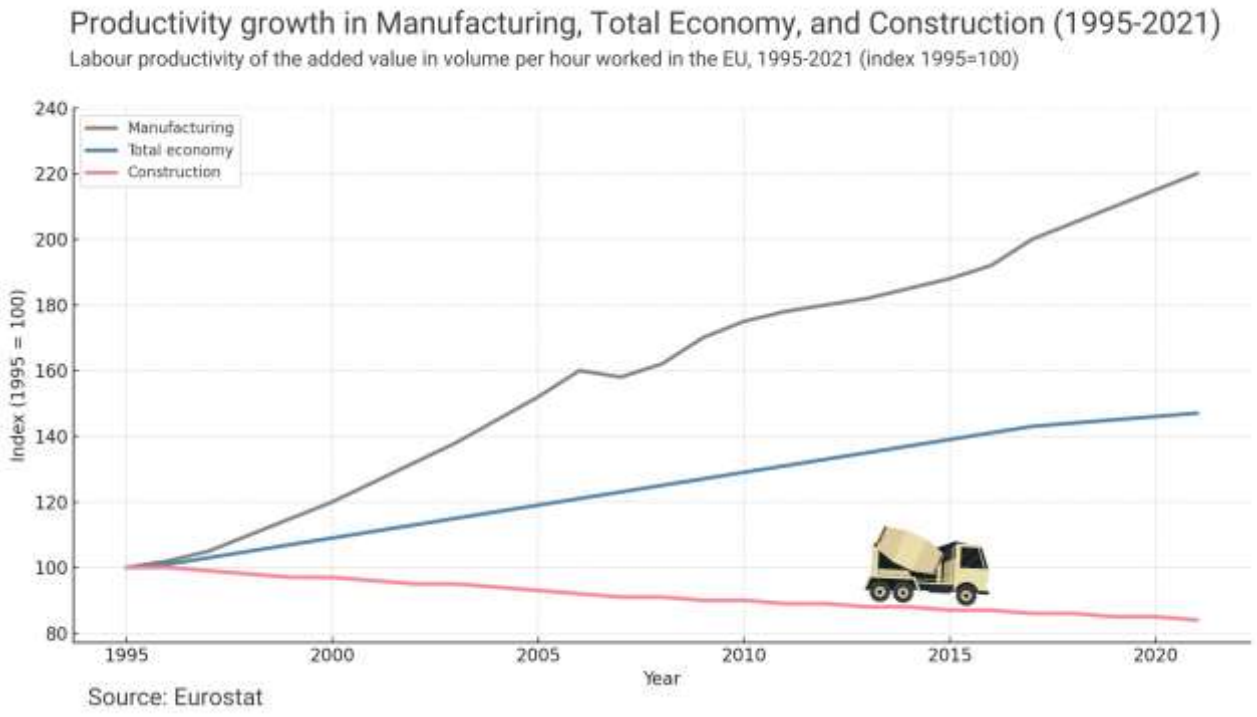
CAD uygulamalarının bileşenlerinden sadece biri - geometrik çekirdek - on milyonlarca satır koda sahip olabilir (Şekil 6.1-5). Benzer bir durum ERP sistemlerinde de gözlenmektedir (Şekil 5.4-4), kitabın beşinci bölümünde karmaşıklık tartışmasına geri döneceğiz. Ancak, daha yakından bakıldığında bu kodların çoğunun değer katmadığı, yalnızca bir "postacı" olarak görev yaptığı - veritabanı, API, kullanıcı arayüzü ve sistemdeki diğer tablolar arasında mekanik olarak veri taşıdığı ortaya çıkmaktadır. Sözde iş mantığının kritik önemi hakkındaki popüler efsaneye rağmen, acı gerçek çok daha yavandır: modern kod tabanları, tek amacı karar verme veya iş verimliliğini etkilemeden tablolar ve bileşenler arasında veri aktarımını sağlamak olan modası geçmiş şablon bloklarla (eski kod) doludur.

Sonuç olarak, çeşitli kaynaklardan gelen verileri işleyen kapalı çözümler kaçınılmaz olarak kafa karıştırıcı "spagetti ekosistemlerine" dönüşür. Bu karmaşık, iç içe geçmiş sistemler ancak yarı rutin modda çalışan bir yönetici ordusu tarafından idare edilebilir. Veri yönetiminin bu şekilde organize edilmesi sadece kaynaklar açısından verimsiz olmakla kalmaz, aynı zamanda iş süreçlerinde kritik güvenlik açıkları yaratır ve şirketi bu teknolojik labirentin nasıl çalıştığını anlayan dar bir uzmanlar çevresine bağımlı hale getirir.

Kod miktarındaki sürekli artış, uygulama sayısı ve satıcılar tarafından sunulan konseptlerin artan karmaşıklığı doğal bir sonuca yol açmıştır - inşaat sektöründeki BT ekosisteminin karmaşıklığında bir artış. Bu durum, sektördeki uygulama sayısının artırılması yoluyla dijitalleşmenin pratikte uygulanmasını etkisiz hale getirmiştir. Kullanıcı ihtiyaçlarına gereken özen gösterilmeden oluşturulan yazılım ürünleri genellikle uygulama ve destek için önemli kaynaklar gerektirmekte, ancak beklenen getirileri sağlamamaktadır.

> McKinsey'in "İnşaat Verimliliğinin Artırılması" başlıklı çalışmasına göre [42], son yirmi yılda, inşaat sektöründeki küresel işgücü verimliliği artışı, dünya ekonomisinin tamamı için%2,8 ve imalat için%3,6 olan büyümeye kıyasla yılda ortalama sadece%1 olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nde işçi başına inşaat işgücü verimliliği 1960'lardan bu yana yarı yarıya azalmıştır [43].

Sistemlerin artan karmaşıklığı, izolasyon ve kapalı veriler, profesyoneller arasındaki iletişimi bozarak inşaat sektörünü en az verimli sektörlerden biri haline getirmiştir (Şekil 2.2-1). 2040 yılına kadar 22 trilyon $'a ulaşacak olan bu rakam, önemli verimlilik kazanımları gerektirecektir.



Şekil 2.2-1 Kapalı ve karmaşık veriler ve bunun sonucu olarak uzmanlar arasındaki zayıf iletişim, inşaat sektörünü ekonominin en verimsiz sektörlerinden biri haline getirmiştir ([44], [45]'e dayanarak).

> McKinsey'in (2024) "İnşaat verimliliğini sağlamak artık isteğe bağlı değil" *başlıklı* çalışmasında vurgulandığı üzere, artan kaynak kıtlığı ve sektörün büyüme oranını iki katına çıkarma çabası nedeniyle, inşaat artık mevcut verimlilik seviyelerinde kalmayı göze alamaz [44]. Küresel inşaat maliyetlerinin 2023 yılında 13 trilyon dolardan on yılın sonunda çok daha yüksek seviyelere çıkacağı öngörülmektedir ve bu da verimlilik konusunu sadece önemli değil, aynı zamanda kritik hale getirmektedir.

Verimliliği artırmanın temel yollarından biri, uygulama yapılarının ve veri ekosistemi mimarilerinin kaçınılmaz olarak birleştirilmesi ve basitleştirilmesi olacaktır. Rasyonelleştirmeye yönelik bu yaklaşım, kurumsal sistemlerde yıllar boyunca biriken gereksiz soyutlama katmanlarını ve gereksiz karmaşıklığı ortadan kaldıracaktır.

Silolardan tek bir veri ambarına

Bir kuruluş ne kadar çok veri biriktirirse, bu verilerden gerçek değer elde etmek de o kadar zorlaşır. Bilginin izole silolarda depolanmasının parçalı doğası nedeniyle, modern şirketlerin iş süreçleri, binlerce farklı depoda depolanan malzemelerden bir gökdelen inşa etmeye çalışan inşaatçılar gibidir. Bilgi fazlalığı sadece yasal olarak ilgili bilgilere erişimi zorlaştırmakla kalmıyor, aynı zamanda karar alma sürecini de yavaşlatıyor: her adımın tekrar tekrar kontrol edilmesi ve onaylanması gerekiyor.

> Her görev veya süreç ayrı bir tabloya veya veritabanına bağlıdır ve sistemler arasında veri alışverişi karmaşık entegrasyonlar gerektirir. Bir sistemdeki hatalar ve tutarsızlıklar diğerlerinde zincirleme arızalara neden olabilir. Yanlış değerler, geç güncellemeler ve yinelenen bilgiler, çalışanları verileri manuel olarak uzlaştırmak ve mutabakat sağlamak için önemli ölçüde zaman harcamaya zorlar. Sonuç olarak kuruluş, süreçleri geliştirmek ve optimize etmek yerine parçalanmanın sonuçlarıyla uğraşmaya daha fazla zaman harcar

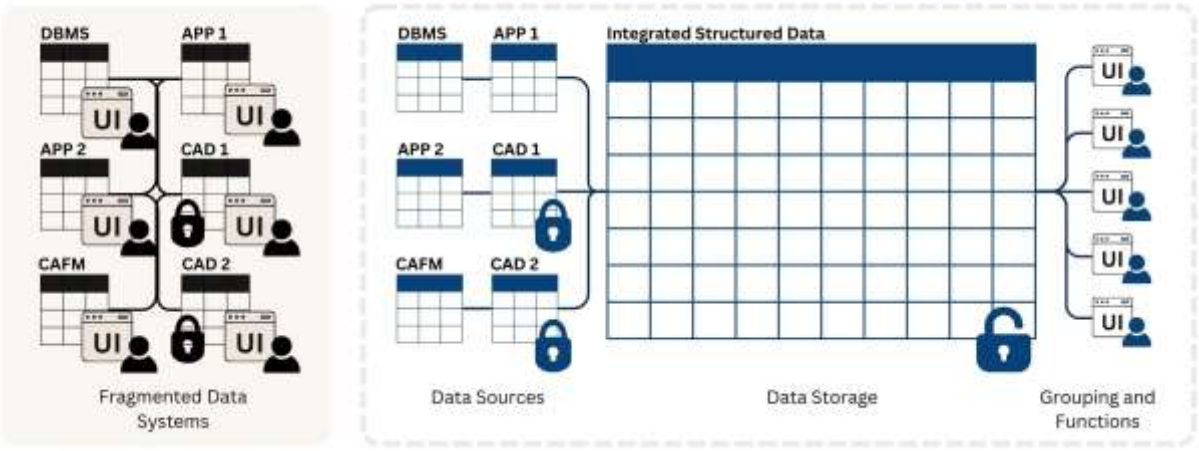
Bu sorun evrenseldir: bazı şirketler kaosla mücadele etmeye devam ederken, diğerleri entegrasyonda bir çözüm bulur - bilgi akışlarını merkezi bir depolama sistemine taşımak. Bunu görevler, projeler ve nesnelerle ilgili tüm varlıkları depolayabileceğiniz büyük bir tablo olarak düşünün. Düzinelerce farklı tablo ve format yerine, tek bir uyumlu depo (Şekil 2.2-2) ortaya çıkar:

- veri kaybını en aza indirir;
- Bilgilerin sürekli uyumlaştırılması ihtiyacını ortadan kaldırır;
- veri kullanılabilirliğini ve kalitesini iyileştirmek;
- analitik işleme ve makine öğrenimini basitleştirin

Verilerin ortak bir standarda getirilmesi, kaynağı ne olursa olsun bilgilerin birleşik ve makine tarafından okunabilir bir formata dönüştürülmesi anlamına gelir. Verilerin bu şekilde düzenlenmesi, bütünlüğünün kontrol edilmesine, gerçek zamanlı olarak analiz edilmesine ve yönetimsel kararlar almak için derhal kullanılmasına olanak tanır.

Entegre depolama sistemleri kavramı ve bunların analitik ve makine öğrenimindeki uygulamaları

"Büyük Veri Depolama ve Makine Öğrenimi" bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Veri modelleme ve yapılandırma konuları "Verilerin yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesi" ve "Standartlar oyunu nasıl değiştirir: rastgele dosyalardan ayrıntılı bir veri modeline" bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.



Şekil 2.2-2 Veri entegrasyonu siloları ortadan kaldırır, bilgi kullanılabilirliğini artırır ve iş süreçlerini optimize eder.

Veriler yapılandırıldıktan ve birleştirildikten sonra, bir sonraki mantıksal adım verileri doğrulamaktır. Tek bir entegre havuz ile bu süreç büyük ölçüde basitleştirilmiştir: artık birden fazla tutarsız şema, yinelenen yapılar ve tablolar arasında karmaşık ilişkiler yoktur. Tüm bilgiler tek bir veri modeliyle uyumlu hale getirilerek dahili tutarsızlıklar ortadan kaldırılır ve doğrulama süreci hızlandırılır. adresinin doğrulanması ve veri kalitesinin sağlanması tüm iş süreçlerinin temel unsurlarıdır ve kitabın ilgili bölümlerinde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Son aşamada veriler gruplandırılır, filtrelenir ve analiz edilir. Bunlara çeşitli fonksiyonlar uygulanır: toplama (toplama, çarpma), tablolar, sütunlar veya satırlar arasında hesaplamalar (Şekil 2.2-4). Verilerle çalışmak bir dizi adımdan oluşur: toplama, yapılandırma, doğrulama, dönüştürme, analitik işleme ve bilgilerin pratik sorunları çözmek için kullanıldığı nihai uygulamalara aktarma. Bu tür senaryoların oluşturulması, adımların otomatikleştirilmesi ve işleme akışlarının oluşturulması hakkında daha fazla bilgiyi ETL -süreçler ve veri boru hattı yaklaşımı bölümlerinde ele alacağız.

Dolayısıyla, dijital dönüşüm sadece bilginin işlenmesini basitleştirmekle ilgili değildir. Veri yönetimindeki aşırı karmaşıklığı ortadan kaldırmak, kaostan öngörülebilirliğe, birden fazla sistemden yönetilebilir bir sürece geçmekle ilgilidir. Mimarinin karmaşıklığı ne kadar düşük olursa, onu desteklemek için o kadar az kod gerekir. Gelecekte kod tamamen ortadan kalkabilir ve yerini verileri bağımsız olarak analiz eden, sistematik hale getiren ve dönüştüren akıllı ajanlara bırakabilir.

Entegre depolama sistemleri yapay zekaya geçişi mümkün kılıyor aracılar

Veriler ve sistemler ne kadar az karmaşık olursa, yazmanız ve sürdürmeniz gereken kod da o kadar az

olur. Geliştirmeden tasarruf etmenin en kolay yolu da koddan tamamen kurtulup yerine veriyi koymaktır. Uygulama kodu geliştirme koddan veri modellerine geçtiğinde, kaçınılmaz olarak veri merkezli (veri odaklı) bir yaklaşıma doğru bir kayma olur, çünkü bu kavramların arkasında tamamen farklı bir düşünce tarzı vardır.

> Merkezde veri ile çalışmayı seçen biri, verinin rolünü farklı bir şekilde görmeye başlar. Veri artık uygulamalar için sadece bir "hammadde" değil; mimarinin, mantığın ve etkileşimin etrafında inşa edildiği temeldir.

Veri yönetimine geleneksel yaklaşım genellikle uygulama düzeyinde başlar ve yapı olarak hantal bir bürokratik sistemi andırır: çok seviyeli onaylar, manuel kontroller, ilgili yazılım ürünleri aracılığıyla belgelerin sonsuz versiyonları. Dijital teknolojilerin gelişmesiyle birlikte, giderek daha fazla şirket minimalizm ilkesine geçmeye zorlanacaktır - yalnızca gerçekten gerekli olan ve kullanılacak olanları depolamak ve kullanmak.

Minimizasyon mantığı satıcılar tarafından benimsenmiştir. Veri depolama ve işlemeyi basitleştirmek için kullanıcı çalışmaları çevrimdışı uygulama ve araçlardan bulut hizmetlerine ve SaaS olarak adlandırılan çözümlerine taşınmaktadır.

> SaaS konsepti (Software as a Service veya "hizmet olarak yazılım") modern BT altyapılarındaki en önemli trendlerden biridir ve kullanıcıların kendi bilgisayarlarına yazılım yüklemek ve bakımını yapmak zorunda kalmadan İnternet üzerinden uygulamalara erişmelerine olanak tanır.

SaaS bir yandan ölçeklendirmeyi, sürüm kontrolünü kolaylaştırmış ve destek ve bakım maliyetlerini azaltmıştır, ancak diğer yandan, belirli bir uygulamanın mantığına bağımlılığın yanı sıra, kullanıcıyı sağlayıcının bulut altyapısına da tamamen bağımlı hale getirmiştir. Bir hizmetin çökmesi halinde, verilere ve iş süreçlerine erişim geçici veya hatta kalıcı olarak engellenebilir. Buna ek olarak, SaaS uygulamalarıyla çalışırken tüm kullanıcı verileri sağlayıcının sunucularında saklanır ve bu da güvenlik ve mevzuata uygunluk riskleri yaratır. Tarifelerdeki veya kullanım koşullarındaki değişiklikler de maliyetlerin artmasına veya acil geçiş ihtiyacına neden olabilir.

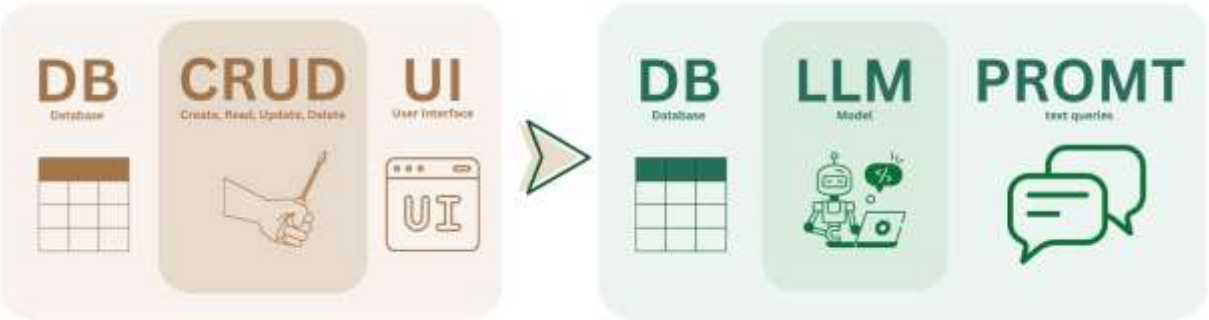
Yapay zeka, LLM -ajanlarının ve veri merkezli yaklaşımın gelişimi, geleneksel biçimdeki uygulamaların ve SaaS uygulamasının geleceğini sorgulamıştır. Daha önce uygulamaların ve hizmetlerin iş mantığını yönetmesi ve verileri işlemesi gerekirken, YZ aracılarının ortaya çıkmasıyla birlikte bu işlevler doğrudan verilerle çalışan akıllı sistemlere kayabilir.

Bu nedenle hibrit mimariler BT departmanlarında ve yönetim düzeyinde giderek daha fazla tartışılıyor; burada yapay zeka ajanları ve şirket içi çözümler bulut hizmetlerini tamamlayarak SaaS platformlarına bağımlılığı azaltıyor.

> *Benimsediğimiz yaklaşım, geleneksel iş uygulamalarının veya SaaS uygulamalarının aracılar çağında önemli ölçüde değişebileceğini kabul etmektedir. Bu uygulamalar esasen iş mantığına sahip CRUD [oluştur, oku, güncelle ve sil] veritabanlarıdır. Ancak gelecekte bu mantık yapay zeka ajanları tarafından devralınacaktır [46].*
>
> - Satya Nadella, Microsoft CEO'su, 2024.

Veri merkezli bir yaklaşım ve AI/LLM aracılarının kullanımı gereksiz süreçleri azaltabilir ve dolayısıyla çalışanların iş yükünü azaltabilir. Veriler düzgün bir şekilde düzenlendiğinde analiz etmek, görselleştirmek ve karar alma süreçlerine uygulamak daha kolay hale gelir. Uzmanlar, sonu gelmeyen raporlar ve kontroller yerine güncel bilgilere birkaç tıklamayla veya LLM aracılarının yardımıyla otomatik olarak hazır belgeler ve gösterge tabloları şeklinde erişebilir.

Veri manipülasyonunda yapay zeka araçları (AI) ve LLM sohbetleri bize yardımcı olacaktır. Son yıllarda, geleneksel CRUD işlemlerinden (oluştur, oku, güncelle, sil) veri yönetimi için büyük dil modellerinin (LLM'ler) kullanımına doğru bir eğilim olmuştur. LLM'ler doğal dili yorumlama ve otomatik olarak uygun veritabanı sorguları oluşturma yeteneğine sahiptir, bu da veri yönetim sistemleriyle etkileşimi basitleştirir (Şekil 2.2-3).



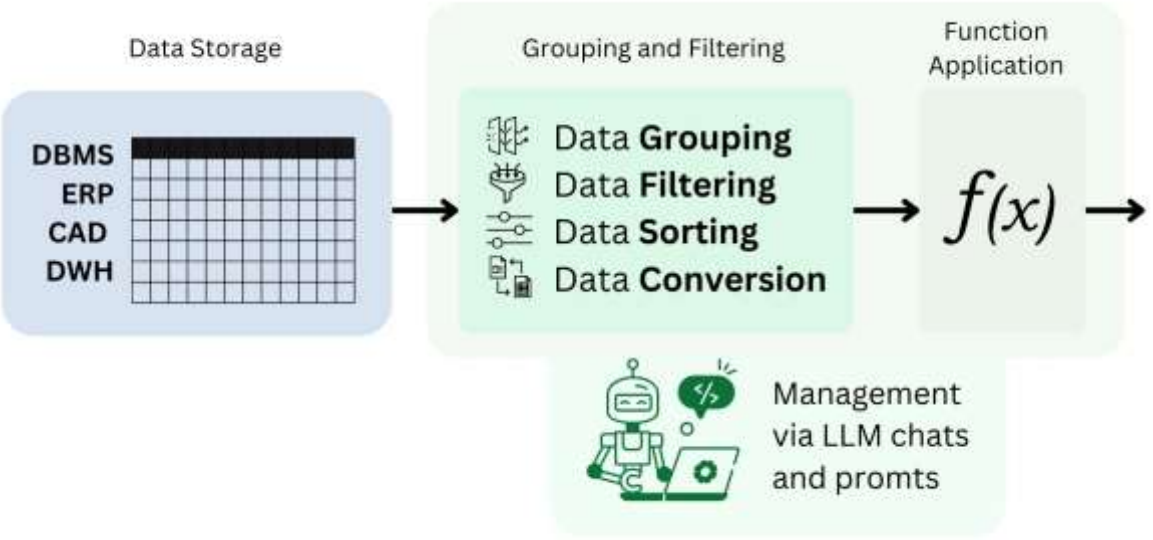
Şekil 2.2-3 Yapay zeka depolama ve veritabanı çözümlerinin yerini alacak ve entegre edecek, geleneksel uygulamaları ve CRUD işlemlerini kademeli olarak yerinden edecektir.

> *Önümüzdeki 3-6 ay içinde, AI kodun%90'ını yazacak ve 12 ay içinde neredeyse tüm kod AI tarafından üretilebilecek [47].*
>
> - Dario Amodei, LLM CEO'su Anthropic, Mart 2025.

YZ geliştirme araçlarının (örneğin GitHub Copilot) hızla gelişmesine rağmen, 2025 yılında geliştiriciler bu süreçte hala kilit bir rol oynamaktadır. Yapay zeka ajanları giderek daha kullanışlı asistanlar haline geliyor: kullanıcı sorgularını otomatik olarak yorumluyor, SQL ve Pandas sorguları oluşturuyor (ilerleyen bölümlerde daha fazla bilgi verilecektir) veya verileri analiz etmek için kod yazıyorlar. Bu şekilde, yapay

zeka yavaş yavaş geleneksel uygulama kullanıcı arayüzlerinin yerini almaktadır.

Dil modelleri gibi yapay zeka modellerinin yaygınlaşması, hibrit mimarilerin geliştirilmesini sağlayacaktır. Bulut çözümlerini ve SaaS ürünlerini tamamen terk etmek yerine, bulut hizmetlerinin yerel veri yönetim sistemleriyle entegrasyonunu görebiliriz. Örneğin, birleştirilmiş öğrenme, hassas verileri buluta taşımak zorunda kalmadan güçlü yapay zeka modelleri sağlar. Bu sayede şirketler, gelişmiş teknolojilere erişim sağlarken verilerinin kontrolünü de ellerinde tutabiliyor.



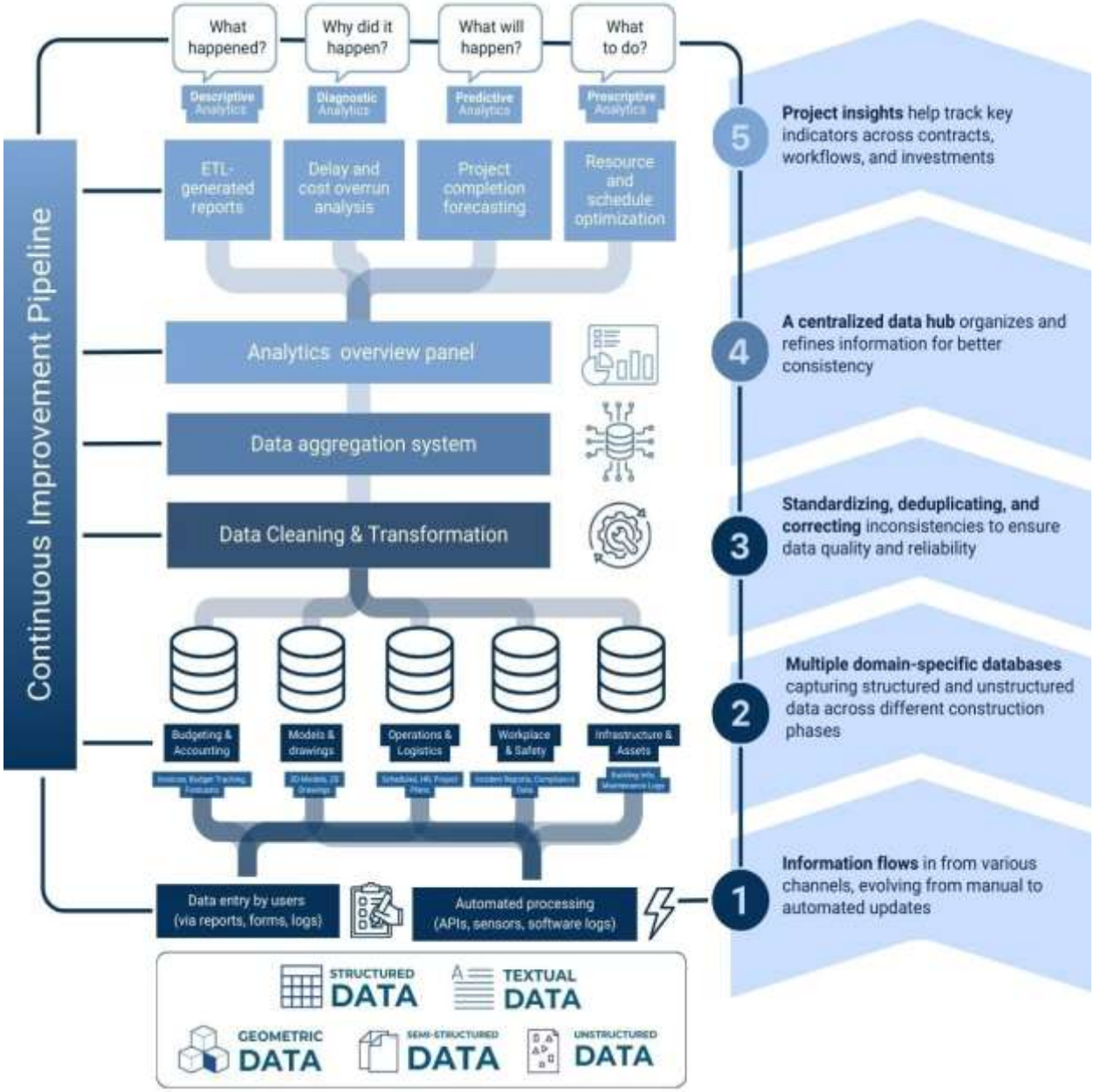
Şekil 2.2-4 Gruplama, filtreleme ve sıralama gibi temel işlemlerin ardından fonksiyon uygulaması LLM sohbetleri tarafından gerçekleştirilecektir.

İnşaat sektörünün geleceği, verimli ve güvenli veri yönetim sistemleri oluşturmak için birlikte çalışan şirket içi çözümler, bulut gücü ve akıllı modellerin bir kombinasyonuna dayanacaktır. LLM, derin teknik bilgiye sahip olmayan kullanıcıların sorgularını doğal dilde formüle ederek veritabanları ve veri ambarlarıyla etkileşime girmelerini sağlayacaktır. LLM ve AI aracıları ve nasıl çalıştıkları hakkında "LLM aracıları ve yapılandırılmış veri formatları" bölümünde daha fazla konuşacağız.

Düzgün bir şekilde düzenlenmiş veriler ve basit, kullanımı kolay LLM özellikli analitik araçlar sadece bilgilerle çalışmayı kolaylaştırmakla kalmayacak, aynı zamanda hataları en aza indirmeye, verimliliği artırmaya ve süreçleri otomatikleştirmeye yardımcı olacaktır.

Veri toplamadan karar vermeye: otomasyona giden yol

Kitabın ilerleyen bölümlerinde, uzmanların birbirleriyle nasıl etkileşime girdiklerini ve verilerin karar verme, otomasyon ve operasyonel verimlilik için nasıl temel oluşturduğunu ayrıntılı olarak inceleyeceğiz. Şekil 2.2-5 veri merkezli bir yaklaşımda veri işleme adımlarının sırasını gösteren örnek bir diyagram sunmaktadır. Bu diyagram, kitabın ilerleyen bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınacak olan Sürekli İyileştirme Boru Hattını) göstermektedir.



Şekil 2.2-5 Sürekli veri iyileştirme hattına bir örnek: inşaat projelerinde veri işleme ve analiz akışı.

Orta ölçekli bir şirketin iş süreçlerini tanımlayan sistem, çok seviyeli bir prensip üzerine inşa edilmiştir. Veri toplama, temizleme, birleştirme, analitik işleme ve sonuçlara dayalı karar verme aşamalarını içerir. Kitabın ilerleyen bölümlerinde tüm bu aşamaları hem teorik bağlamda hem de pratik örnekler üzerinden inceleyeceğiz:

- Birinci seviyede **veri girişi** gerçekleşir (Şekil 3.1-1). Bilgi hem manuel olarak (raporlar, formlar, günlükler aracılığıyla) hem de otomatik biçimde (API, sensörler, yazılım sistemlerinden) alınır.

Veriler farklı yapılarda olabilir: geometrik, metin, yapılandırılmamış. Bu aşamada bilgi akışlarının standartlaştırılması, yapılandırılması ve birleştirilmesine ihtiyaç vardır.

- Bir sonraki seviye **veri işleme ve dönüştürmedir**. Temizleme, mükerrerlikleri giderme, hataları düzeltme ve bilgileri daha ileri analizler için hazırlama süreçlerini içerir (Şekil 4.2-5). Bu aşama kritiktir çünkü analitiklerinin kalitesi doğrudan verilerin temizliğine ve doğruluğuna bağlıdır.
- **Veriler** daha sonra işlevsel alanlara göre bölünmüş **özel tablolara, veri çerçevelerine veya veri tabanlarına akar**: bütçeleme ve muhasebe, modeller ve çizimler, lojistik, güvenlik ve altyapı. Bu bölümleme, bilgiye kolay erişim ve çapraz analize olanak tanır.
- Veriler daha sonra **toplanır ve analitik bir gösterge tablosunda** (vitrin) **görüntülenir**. Burada tanımlayıcı, teşhis edici, öngörücü ve kuralcı analitik yöntemleri uygulanır. Bu, temel soruların yanıtlanmasına yardımcı olur (Şekil 1.1-4): ne oldu, neden oldu, gelecekte ne olacak ve hangi önlemlerin alınması gerekiyor. Örneğin, sistem gecikmeleri belirleyebilir, projelerin tamamlanmasını tahmin edebilir veya kaynakları optimize edebilir.
- Son olarak, son seviye sözleşmelerin yerine getirilmesini izlemeye, yatırımları yönetmeye ve iş süreçlerini iyileştirmeye yardımcı olan **analitik sonuçlar ve temel göstergeler** üretir (Şekil 7.4-2). Bu bilgiler karar verme ve şirketin gelişim stratejisi için temel oluşturur.

Benzer şekilde, veriler toplanmaktan stratejik yönetimde kullanılmaya doğru ilerler. Kitabın ilerleyen bölümlerinde, veri türleri, veri işleme teknikleri, analitik araçlar ve bu yaklaşımların inşaat sektöründe nasıl kullanıldığına dair gerçek hayattan örneklere odaklanarak her aşamayı ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

Sonraki adımlar: kaosu yönetilebilir bir sisteme dönüştürmek

Bu bölümde, bilgi silolarının yarattığı zorlukları inceledik ve aşırı sistem karmaşıklığının iş performansı üzerindeki etkisine bakarak dördüncü sanayi devriminden, uygulamalardan ziyade verilerin merkezi olduğu beşinci sanayi devrimine geçişi analiz ettik. Silo halindeki bilgi sistemlerinin bilgi paylaşımının önünde nasıl engeller oluşturduğunu ve BT ortamının süregelen karmaşıklığının inşaat sektöründe üretkenliği azalttığını ve inovasyonu engellediğini gördük.

Bu bölümü özetlemek gerekirse, tartışılan yaklaşımları günlük işlerinizde uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var:

- Bilgi ortamınızı görselleştirin
  - ☐ Düzenli olarak çalıştığınız veri kaynaklarının (Miro, Figma, Canva) görsel bir haritasını oluşturun
  - ☐ İşinizde kullandığınız sistem ve uygulamaları bu haritaya ekleyin
  - ☐ Potansiyel olarak yinelenen işlevleri ve gereksiz çözümleri belirleyin
  - ☐ Sistemler arasında aktarım sırasında veri kaybı veya bozulmasının meydana gelebileceği kritik noktaların belirlenmesi
- Kişiselleştirilmiş veri yönetimi uygulamalarını benimseyin

  - ☐ Odak noktasını uygulamalardan süreçlerde temel bir varlık olarak verilere kaydırın
  - ☐ Şeffaflığı sağlamak için veri kaynaklarını ve işleme metodolojisini belgeleyin
  - ☐ Veri kalitesini değerlendirmek ve iyileştirmek için mekanizmalar geliştirmek
  - ☐ Verilerin bir kez girilmesini ve tekrar tekrar kullanılmasını sağlamaya çalışın - bu, verimli süreç organizasyonunun temelidir
- Ekibinizde veri merkezli (veriye dayalı) bir yaklaşımı teşvik edin
  - ☐ Eşler arası veri alışverişi için standartlaştırılmış ve tek tip formatların kullanılmasını önermek
  - ☐ Ekip toplantılarında veri kalitesi ve kullanılabilirliği ile ilgili sorunları düzenli olarak gündeme getirmek
  - ☐ Sorunlarınızı çözmek için kullandığınız araçların Açık Kaynak alternatiflerini tanıyın

Küçükten başlayın - işiniz için kritik olan belirli bir süreç veya veri seti seçin ve odak noktasını araçlardan verilere kaydırarak veri merkezli bir yaklaşım uygulayın. Tek bir pilot uygulamada başarıya ulaşarak sadece uygulamalı deneyim elde etmekle kalmayacak, aynı zamanda yeni metodolojinin faydalarını ekibinize net bir şekilde göstermiş olacaksınız. Bu adımların çoğunu tamamlarken sorularınız olursa, herhangi bir güncel LLM adresinden açıklama ve yardım isteyebilirsiniz.

Kitabın ilerleyen bölümlerinde, veri yapılandırma ve uyumlaştırma tekniklerine daha ayrıntılı bir şekilde bakacak ve heterojen bilgilerin entegrasyonuna yönelik pratik yaklaşımları keşfedeceğiz. İnşaat sektörünün dijital dönüşümünde kilit rol oynayan farklı silolardan birleşik veri ekosistemlerine geçişe özellikle dikkat edilecektir.

III KISIM

İNŞAAT İŞ SÜREÇLERİNDE VERİ ÇERÇEVESİ

Üçüncü bölümde, inşaat sektöründeki veri tipolojisi ve bunların etkin bir şekilde organize edilmesine yönelik yöntemler hakkında kapsamlı bir anlayış oluşturulmuştur. İnşaat projeleri bağlamında yapılandırılmış, yapılandırılmamış, yarı yapılandırılmış, metinsel ve geometrik verilerle çalışmanın özellikleri ve ayrıntıları analiz edilmektedir. Sektörde kullanılan farklı sistemler arasında bilgi alışverişi için modern depolama formatları ve protokolleri gözden geçirilmektedir. CAD (BIM) verilerinin nasıl entegre edileceği de dahil olmak üzere, çok formatlı verilerin tek bir yapılandırılmış ortama dönüştürülmesi için pratik araçlar ve teknikler açıklanmaktadır. İnşaat hesaplamalarının doğruluğu için kritik önem taşıyan standardizasyon ve doğrulama yoluyla verilerinin kalitesini sağlamaya yönelik yaklaşımlar önerilmektedir. İnşaat sektöründeki tipik sorunları çözmek için kod örnekleri ile modern teknolojilerin (Python Pandas, LLM -modeller) kullanımının pratik yönleri ayrıntılı olarak analiz edilmektedir. Bilgi yönetimi yaklaşımlarının koordinasyonu ve standardizasyonu için kurumsal bir yapı olarak bir yetkinlik merkezi (CoE) oluşturmanın değeri kanıtlanmıştır.

BÖLÜM 3.1.
İNŞAATTA VERİ TİPLERİ

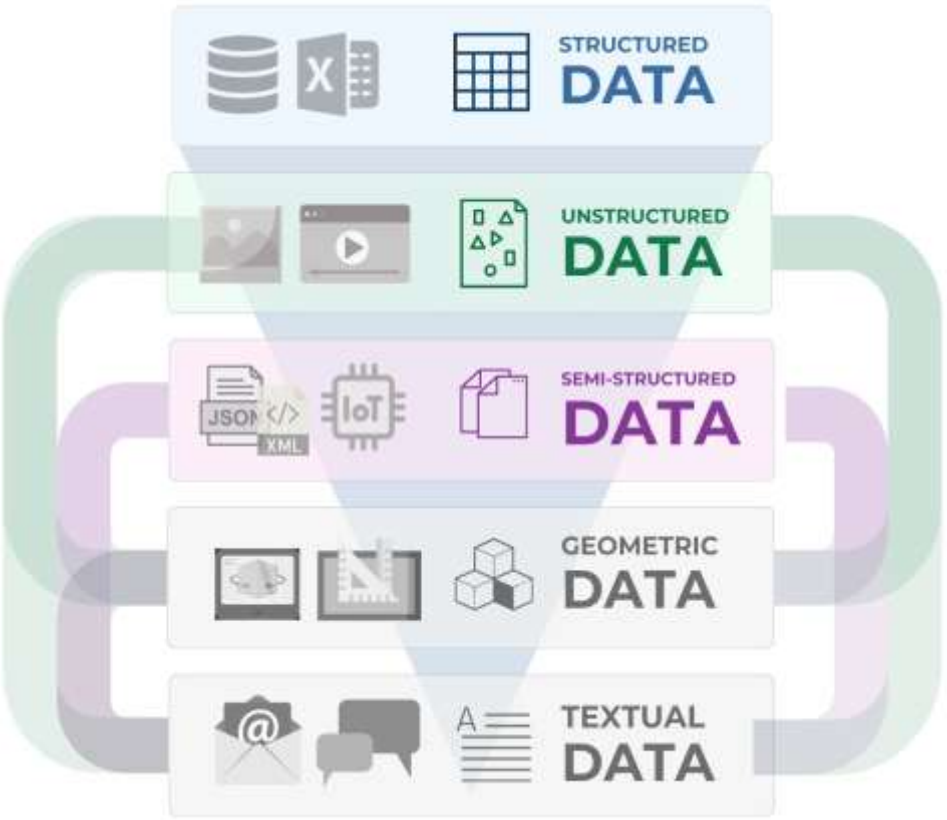
İnşaat sektöründeki en önemli veri türleri

Modern inşaat sektöründe, şirketlerinin sistemleri, uygulamaları ve veri ambarları aktif olarak çeşitli tür ve formatlarda bilgi ve verilerle doludur (Şekil 3.1-1). İnşaat sektöründe faaliyet gösteren modern bir şirketin bilgi ortamını oluşturan ana veri türlerine daha yakından bakalım:

- **Yapılandırılmış** veriler: bu veriler açık bir organizasyonel yapıya sahiptir, örneğin Excel elektronik tabloları ve ilişkisel veritabanları.
- **Yapılandırılmamış** veri: Bu, katı kurallara göre düzenlenmemiş bilgidir. Bu tür verilere örnek olarak metin, video, fotoğraf ve ses kayıtları verilebilir.
- **Gevşek yapılandırılmış** veriler: bu veriler yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler arasında bir ara konumdadır. Yapı unsurları içerirler, ancak bu yapı her zaman net değildir veya genellikle farklı şemalar aracılığıyla tanımlanır. İnşaat alanındaki yarı yapılandırılmış verilere örnek olarak teknik şartnameler, proje belgeleri veya ilerleme raporları verilebilir.
- **Metinsel veriler**: e-postalar, toplantı ve randevu tutanakları gibi sözlü ve yazılı iletişimlerden elde edilen her şeyi içerir.
- **Geometrik** veriler: Bu veriler, uzmanların görselleştirme, hacim değerlerinin onaylanması veya çarpışma kontrolü için proje öğelerinin geometrik verilerini oluşturduğu CAD programlarından gelir.

Geometrik ve metin (alfanümerik) verilerin ayrı bir kategori olmadığını, ancak her üç veri türünde de bulunabileceğini belirtmek önemlidir. Örneğin geometrik veriler hem yapılandırılmış verilerin (parametrik CAD formatları) hem de yapılandırılmamış verilerin (taranmış çizimler) bir parçası olabilir. Metin verileri benzer şekilde hem veri tabanlarında düzenlenebilir (yapılandırılmış veri) hem de net bir yapısı olmayan belgeler olarak bulunabilir.

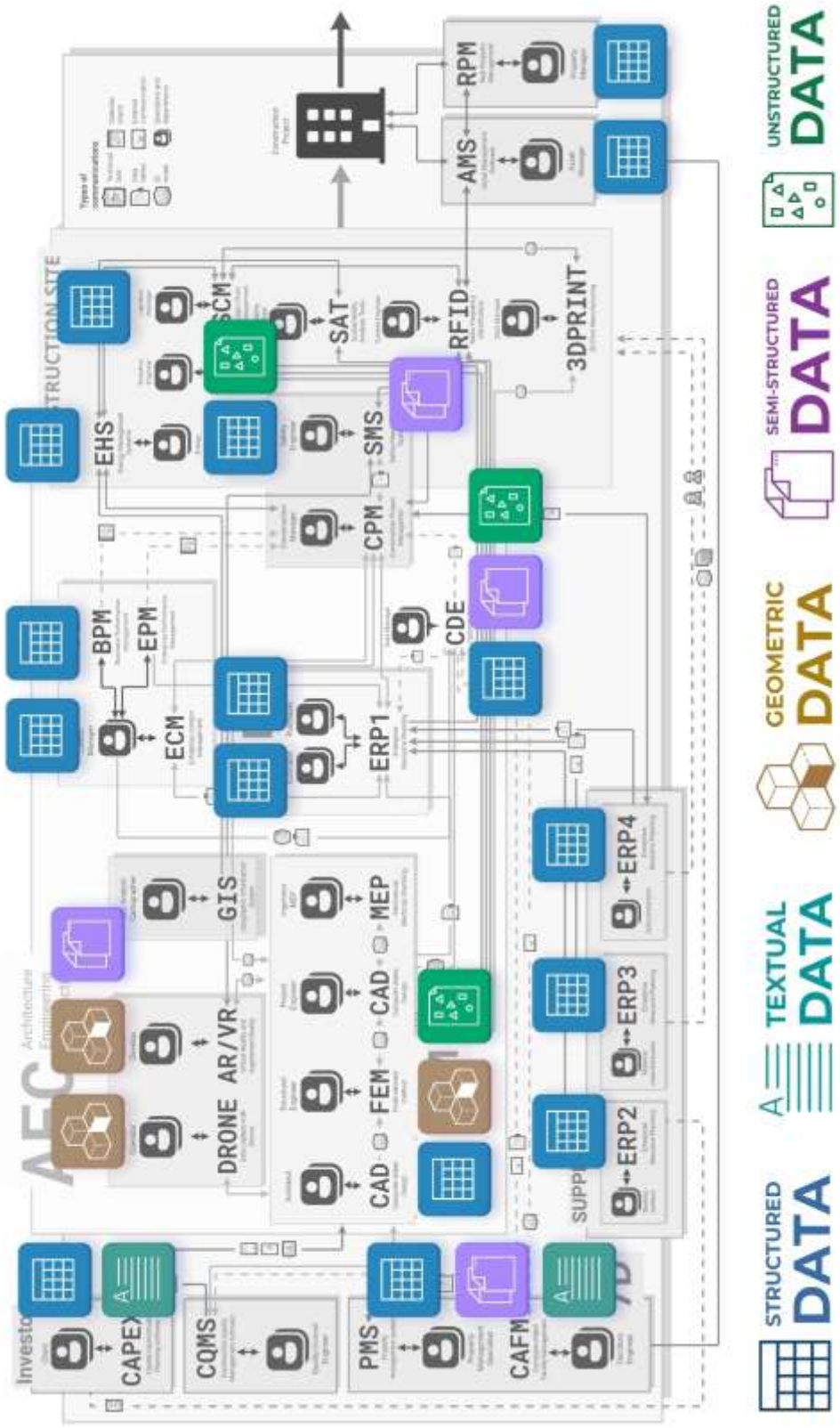
Bir inşaat şirketindeki her bir veri türü, şirketin bilgi varlıkları mozaiğinde benzersiz bir unsurdur. Şantiye görüntüleri ve toplantı ses kayıtları gibi yapılandırılmamış verilerden tablolar ve veritabanları gibi yapılandırılmış kayıtlara kadar her bir unsur şirketin bilgi ortamının şekillendirilmesinde önemli bir rol oynar.



Şekil 3.1-1 Mühendisler ve veri yöneticileri inşaat sektöründe kullanılan tüm veri türleriyle çalışmayı öğrenmelidir.

Aşağıda, inşaatta kullanılan sistemlerden ve ilgili veri türlerinden sadece bazılarının örnek bir listesi verilmiştir (Şekil 3.1-2):

- **ERP** (Kurumsal Kaynak Planlaması) - kurumsal kaynakların yönetilmesine ve çeşitli iş süreçlerinin entegre edilmesine yardımcı olmak için genel olarak yapılandırılmış verileri işler.
- **CAD** (Bilgisayar Destekli Tasarım) ile **BIM** (Yapı Bilgi Modellemesi) - inşaat projelerini tasarlamak ve modellemek için geometrik ve yarı yapılandırılmış verileri kullanır ve tasarım aşamasında bilgilerin doğruluğunu ve tutarlılığını sağlar.
- **CBS** (Coğrafi Bilgi Sistemleri) - kartografik verileri ve mekansal ilişkileri oluşturmak ve analiz etmek için geometrik ve yapılandırılmış verilerle çalışır.
- **RFID** (Radyo Frekanslı Tanımlama) - radyo frekanslı tanımlama kullanarak bir şantiyedeki malzeme ve ekipmanı verimli bir şekilde izlemek için yarı yapılandırılmış verileri kullanır.
- **ECM** (Mühendislik İçerik Yönetimi), teknik çizimler ve tasarım belgeleri gibi yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler de dahil olmak üzere mühendislik verilerini ve belgelerini yönetmeye yönelik bir sistemdir.

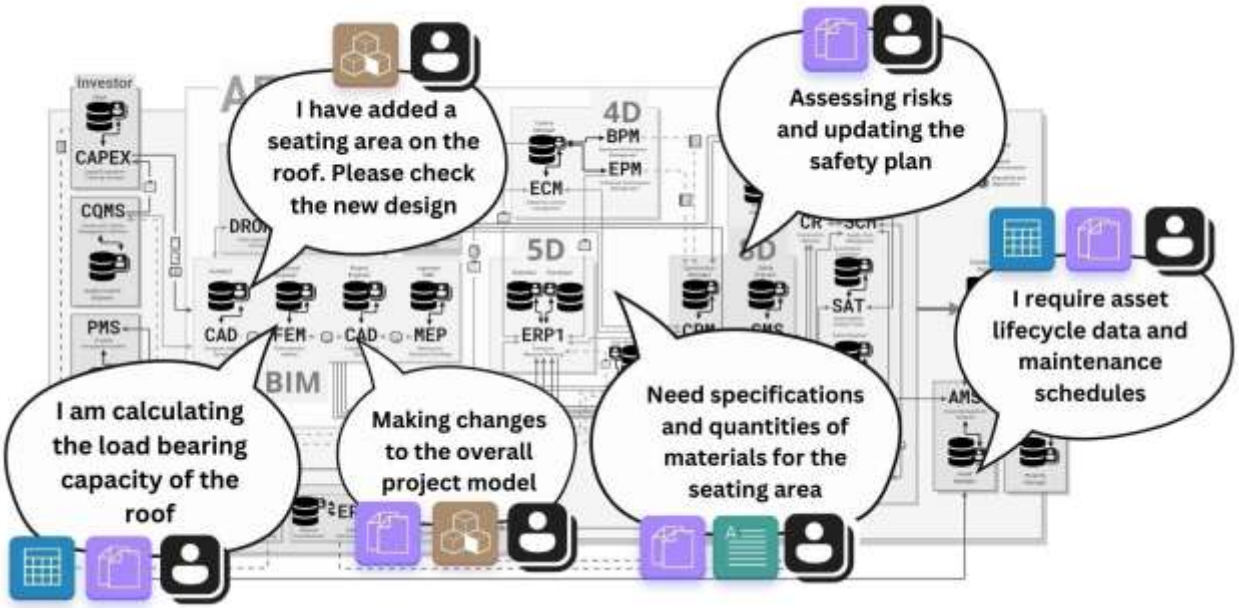


Şekil 3.1-2 Farklı formatlar ve veriler farklı sistemleri doldurur ve karmaşık entegrasyon için uygun bir forma dönüştürülmesini gerektirir.

Bunlar ve şirketin diğer birçok sistemi, yapılandırılmış tablo verilerinden karmaşık geometrik modellere kadar geniş bir veri yelpazesini yöneterek tasarım, planlama ve inşaat yönetimi süreçlerinde entegre işbirliği sağlar.

Basitleştirilmiş bir diyalog örneğinde (Şekil 3.1-3), inşaat projesi uzmanları arasında farklı veri türleri değiş tokuş edilmektedir:

- **Mimar**: "*Müşterinin isteklerini dikkate alarak çatıya bir oturma alanı ekledim. Lütfen yeni tasarıma bir göz atın*" (geometrik veri - model).
- **Yapı mühendisi**: "*Proje teslim alındı. Yeni rekreasyon alanı için çatının yük taşıma kapasitesini hesaplıyorum*" (yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış veriler - hesaplama tabloları).
- **Satın alma müdürü**: "**Satın alma** *işlemini organize etmek için rekreasyon alanı için malzeme özelliklerine ve miktarlarına ihtiyaç var*" (metinsel ve yarı yapılandırılmış veriler - listeler ve özellikler).
- **Sağlık ve Güvenlik Mühendisi**: "*Yeni alanla ilgili verileri aldım. Riskleri değerlendiriyorum ve güvenlik planını güncelliyorum*" (yarı yapılandırılmış veriler - belgeler ve planlar).
- **BIM uzmanı** -modelling: "*Çalışma dokümantasyonunu ayarlamak için genel proje modelinde değişiklikler yapmak*" (geometrik veriler ve yarı yapılandırılmış veriler).
- **Proje Yöneticisi**: "*Yeni dinlenme alanını iş programına dahil ediyorum. Proje yönetim sistemindeki programları ve kaynakları güncelliyorum*" (yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış veriler - programlar ve planlar).
- **Tesis Bakım Uzmanı (FM)**: "*Rekreasyon alanının gelecekteki bakımı için veri hazırlıyorum ve bunları mülk yönetim sistemine giriyorum*" (yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış veri - talimatlar ve bakım planları).



Şekil 3.1-3 Uzmanlar arasındaki iletişim hem metin hem de veri düzeyinde gerçekleşir.

Her profesyonel, etkili ekip işbirliği ve proje başarısı sağlamak için farklı veri türleriyle çalışır. Yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler arasındaki farkları anlamak, her bir

türün dijital iş süreçlerinde oynadığı benzersiz rolü tanımanıza olanak tanır. Yalnızca farklı veri türleri olduğunu bilmek değil, aynı zamanda bunların nasıl, nerede ve neden kullanıldığını anlamak da önemlidir.

> Kısa bir süre önce, bu kadar çeşitli verileri bir araya getirme fikri iddialı ancak gerçekleştirilmesi zor görünüyordu. Bugün ise bu zaten günlük uygulamanın bir parçası. Farklı şemalara ve yapılara sahip verilerin entegrasyonu, modern bilgi sistemleri mimarisinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

İlerleyen bölümlerde, yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin tek bir tutarlı görünümde birleştirilmesini sağlayan temel standartları ve yaklaşımları ayrıntılı olarak inceleyeceğiz. İnşaat sektöründe bilginin depolanması, işlenmesi ve analiz edilmesine yönelik ana mekanizmalar olarak yapılandırılmış verilere ve ilişkisel veri tabanlarına özellikle dikkat edilecektir.

Yapılandırılmış veri

İnşaat sektöründe bilgi birçok kaynaktan gelir - çizimler, şartnameler, programlar ve raporlar. Bu bilgi akışını etkin bir şekilde yönetmek için yapılandırılması gerekir. Yapılandırılmış veri bilgileri uygun, okunabilir ve erişilebilir bir biçimde düzenlemenizi sağlar.

> JB Knowledge'ın 5. Yıllık İnşaat Teknolojisi Raporu'na [17] göre, inşaat proje yönetimi profesyonellerinin%67'si iş performansını manuel olarak veya elektronik tablolar kullanarak takip etmekte ve değerlendirmektedir.

En yaygın yapılandırılmış veri formatlarından bazıları XLSX ve CSV 'dir. Elektronik tablolarda bilgi depolamak, işlemek ve analiz etmek için yaygın olarak kullanılırlar. Bu tür elektronik tablolarda veriler satırlar ve sütunlar şeklinde sunulur, bu da okunmalarını, düzenlenmelerini ve analiz edilmelerini kolaylaştırır

Microsoft tarafından oluşturulan bir **format olan XLSX**, XML yapılarının kullanımına dayanır ve ZIP algoritması kullanılarak arşivlenir. Formatın temel özellikleri:

- Karmaşık formüller, grafikler ve makrolar için destek.
- Verileri farklı sayfalarda saklayabilmenin yanı sıra bilgileri biçimlendirebilme.
- Microsoft Excel için optimize edilmiştir, ancak diğer ofis paketleriyle uyumludur.

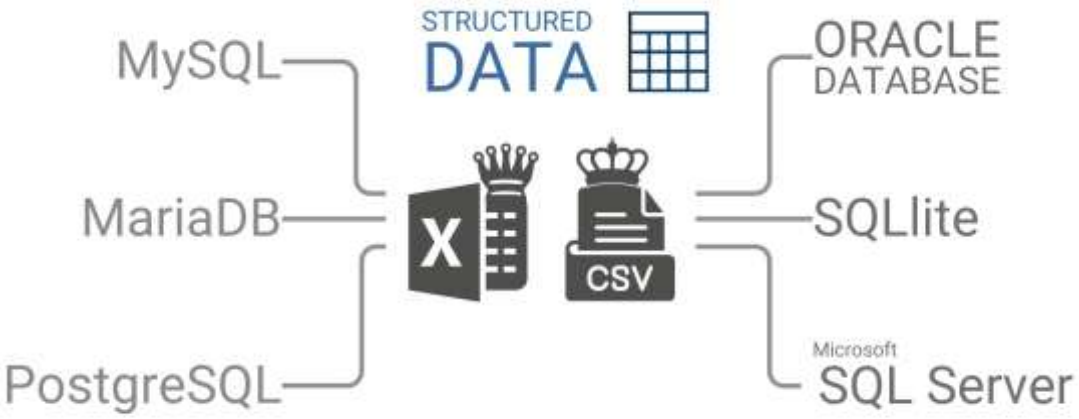
CSV formatı, değerlerin virgül, noktalı virgül veya diğer sınırlayıcı karakterlerle ayrıldığı düz bir metin dosyasıdır. Ana avantajları:

- Çeşitli programlar ve işletim sistemleri ile evrensel uyumluluk.
- Veritabanlarına ve analitik sistemlere kolay içe/dışa aktarım.
- Metin editörlerinde bile kolay işleme.

Bununla birlikte, CSV formülleri ve biçimlendirmeyi desteklemez, bu nedenle ana uygulaması sistemler

arasında veri alışverişi ve toplu bilgi güncellemeleridir. Çok yönlülüğü ve platform bağımsızlığı nedeniyle CSV, heterojen BT ortamlarında veri aktarımı için popüler bir araç haline gelmiştir.

İki format XLSX ve CSV yapılandırılmış verilerle çalışan farklı sistemler arasında bir bağlantı görevi görür (Şekil 3.1-4). Özellikle okunabilirlik, manuel düzenleme ve temel uyumluluğun önemli olduğu görevlerde kullanışlıdırlar



Şekil 3.1-4 XLSX ve CSV formatları, yapılandırılmış verilerle çalışan farklı sistemler arasındaki bağlantıdır.

> Platform bağımsızlığı CSV 'yi heterojen BT ortamlarında ve sistemlerinde veri aktarımı için en popüler format haline getirmektedir.

Ancak, XLSX ve CSV yüksek performanslı bilgi işlem veya büyük miktarda verinin uzun süreli depolanması için tasarlanmamıştır. Apache Parquet, Apache ORC, Feather, HDF5 gibi daha modern yapılandırılmış formatlar bu tür amaçlar için kullanılmaktadır. Bu formatlar, bu kitabın 9. Bölümünde yer alan "Büyük Verilerin Depolanması: Popüler Formatların ve Etkinliklerinin Analizi" bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır

Uygulamada, XLSX formatlı Excel daha çok küçük görevler ve rutin süreçlerin otomasyonu için kullanılır. Daha karmaşık senaryolar ERP, PMIS CAFM, CPM, SCM ve diğerleri gibi veri yönetim sistemlerinin kullanılmasını gerektirir (Şekil 3.2-1). Bu sistemler, bir şirketin bilgi akışlarının organizasyonu ve yönetiminin dayandığı yapılandırılmış verileri depolar.

İnşaat sektöründe kullanılan modern veri yönetimi bilgi sistemleri, tablolar şeklinde düzenlenmiş yapılandırılmış verilere dayanmaktadır. Büyük hacimli bilgilerin güvenilir, ölçeklenebilir ve bütünsel yönetimi için uygulama ve sistem geliştiricileri ilişkisel veritabanı yönetim sistemlerine (RDBMS) yönelmektedir.

İlişkisel veritabanları RDBMS ve SQL sorgu dili

Verileri verimli bir şekilde depolamak, işlemek ve analiz etmek için **ilişkisel veritabanları (RDBMS**), bilgileri aralarında tanımlanmış ilişkiler bulunan tablolar halinde düzenleyen veri depolama sistemleridir.

> Veritabanlarında (RDBMS) düzenlenen veriler sadece dijital bilgi değildir; farklı sistemler arasındaki işlemler ve etkileşimler için temel oluştururlar.

İşte en yaygın ilişkisel veritabanı yönetim sistemlerinden (RDBMS) birkaçı (Şekil 3.1-5):

- **MySQL** (Açık Kaynak), LAMP yığınının (Linux, Apache, MySQL, PHP /Perl/Python) bir parçası olan en popüler RDBMS'lerden biridir. Basitliği ve yüksek performansı nedeniyle web geliştirmede yaygın olarak kullanılmaktadır.
- **PostgreSQL** (Açık Kaynak) güvenilirliği ve gelişmiş özellikleri ile bilinen güçlü bir nesne-ilişkisel sistemdir. Karmaşık kurumsal çözümler için uygundur.
- **Microsoft SQL Server,** diğer şirket ürünleri ile entegrasyonu ve yüksek güvenlik seviyesi nedeniyle kurumsal ortamlarda yaygın olarak kullanılan Microsoft'un ticari bir sistemidir.
- **Oracle Database**, büyük işletmelerde ve görev açısından kritik uygulamalarda kullanılan en güçlü ve güvenilir DBMS'lerden biridir.
- **IBM DB2** - büyük şirketleri hedefler, yüksek performans ve hata toleransı sağlar.
- **SQLite** (Açık Kaynak), mobil uygulamalar ve CAD tasarım yazılımı (BIM) gibi bağımsız sistemler için ideal olan hafif bir gömülü veritabanıdır.

İnşaat sektöründeki popüler veritabanı yönetim sistemleri - MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server, Oracle® Database, IBM® DB2 ve SQLite - yapılandırılmış verilerle çalışır. Tüm bu VTYS'ler, küçük web sitelerinden büyük ölçekli kurumsal sistemlere kadar çok çeşitli iş süreçlerini ve uygulamaları yönetmek için güçlü ve esnek çözümlerdir (Şekil 3.2-1).

> Statista'ya [48] göre, ilişkisel veritabanı yönetim sistemleri (RDBMS) 2022 yılında kullanımda olan toplam DBMS'lerin yaklaşık%72'sini oluşturmaktadır.

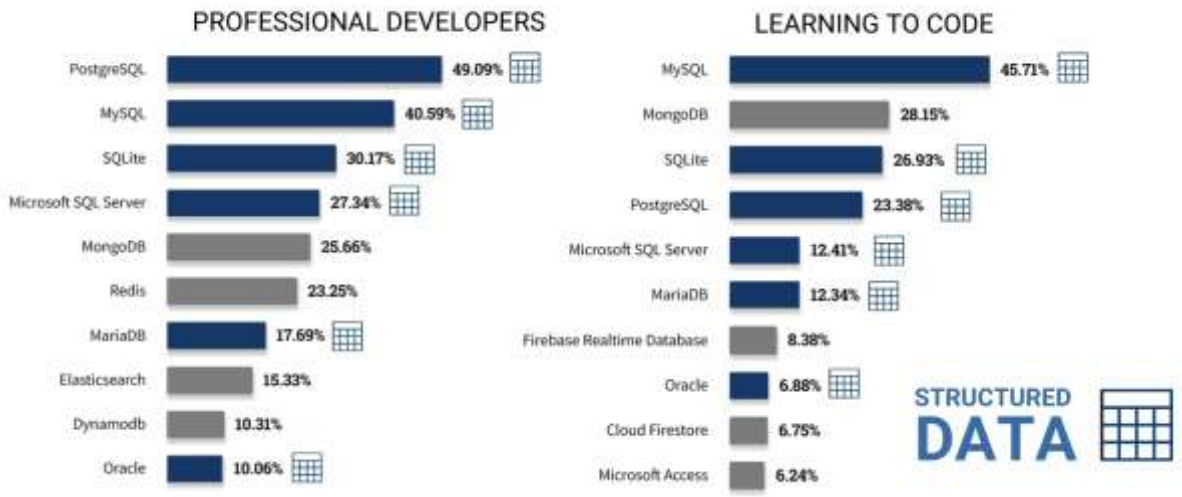
Rank			DBMS	Database Model	Open Source vs Commercial
Mar2025	Feb2025	Mar2024			
1.	1.	1.	**Oracle®**	Relational, Multi-model	Commercial
2.	2.	2.	**MySQL**	Relational, Multi-model	**Open Source**
3.	3.	3.	**Microsoft® SQL Server**	Relational, Multi-model	Commercial
4.	4.	4.	**PostgreSQL**	Relational, Multi-model	**Open Source**
5.	5.	5.	MongoDB	Document, Multi-model	**Open Source**
6.	7.	9.	**Snowflake®**	Relational	Commercial
7.	6.	6.	Redis®	Key-value, Multi-model	**Open Source**
8.	8.	7.	Elasticsearch®	Multi-model	**Open Source**
9.	9.	8.	**IBM Db2**	Relational, Multi-model	Commercial
10.	10.	10.	**SQLite**	Relational	**Open Source**
11.	11.	12.	Apache Cassandra®	Multi-model	**Open Source**
12.	12.	11.	**Microsoft Access®**	Relational	**Open Source**
13.	13.	17.	Databricks®	Multi-model	Commercial
14.	14.	13.	**MariaDB**	Relational, Multi-model	**Open Source**
15.	15.	14.	Splunk	Search engine	Commercial
16.	16.	16.	Amazon DynamoDB	Multi-model	Commercial
17.	17.	15.	**Microsoft Azure SQL**	Relational, Multi-model	Commercial

Şekil 3.1-5 DBMS sıralamasında yapılandırılmış veritabanlarının (mavi ile işaretlenmiş) kullanımının popülerliği [49] temel alınmıştır).

Açık kaynak veritabanlarını - kapsamlı teknik bilgi olmadan bile - kurmak oldukça kolaydır. PostgreSQL, MySQL veya SQLite gibi açık kaynak sistemleri ücretsiz olarak kullanılabilir ve çoğu işletim sisteminde çalışır: Windows, macOS ve Linux. İhtiyacınız olan tek şey projenin resmi web sitesine gitmek, yükleyiciyi indirmek ve talimatları takip etmektir. Çoğu durumda, kurulum 10-15 dakikadan fazla sürmez. Kitabın dördüncü bölümünde böyle bir veritabanını modelleyip oluşturacağız (Şekil 4.3-8).

Şirketiniz bulut hizmetlerini kullanıyorsa (örneğin, Amazon Web Services, Google Cloud veya Microsoft Azure), veritabanını birkaç tıklamayla dağıtabilirsiniz - platform size kurulum için hazır şablonlar sunacaktır. Kodun açıklığı sayesinde, bu tür veritabanlarını görevleriniz için özelleştirmek kolaydır ve büyük bir kullanıcı topluluğu her zaman herhangi bir soruna çözüm bulmanıza yardımcı olacaktır.

RDBMS, şirketlerin verileri verimli bir şekilde depolamasını, işlemesini ve analiz etmesini ve dolayısıyla bilinçli ve zamanında kararlar almasını sağlayan bir dizi iş uygulaması ve analiz platformunun temelini oluşturmaya devam etmektedir (Şekil 3.1-6).



Şekil 3.1-6 StackOverFlow'daki (en büyük BT forumu) geliştiricilerin geçen yıl hangi veritabanlarını kullandıkları ve gelecek yıl hangilerini kullanmak istediklerine ilişkin anket (RDBMS'ler mavi renkle vurgulanmıştır) ([50] temel alınmıştır).

RDBMS güvenilirlik, veri tutarlılığı, işlem desteği sağlar ve analitikte sıklıkla kullanılan ve veritabanlarında depolanan bilgileri kolayca elde etmenizi, değiştirmenizi ve analiz etmenizi sağlayan güçlü bir sorgu dili olan SQL (Structured Query Language) kullanır. SQL, ilişkisel sistemlerde verilerle çalışmak için ana araçtır.

SQL -veritabanlarında sorgular ve yeni trendler

Genellikle ilişkisel veri tabanlarında kullanılan SQL dilinin diğer bilgi yönetimi türlerine göre (örneğin, klasik Excel elektronik tablolarının yardımıyla) ana avantajı, çok büyük hacimli veri tabanlarının yüksek sorgu işleme hızıyla desteklenmesidir.

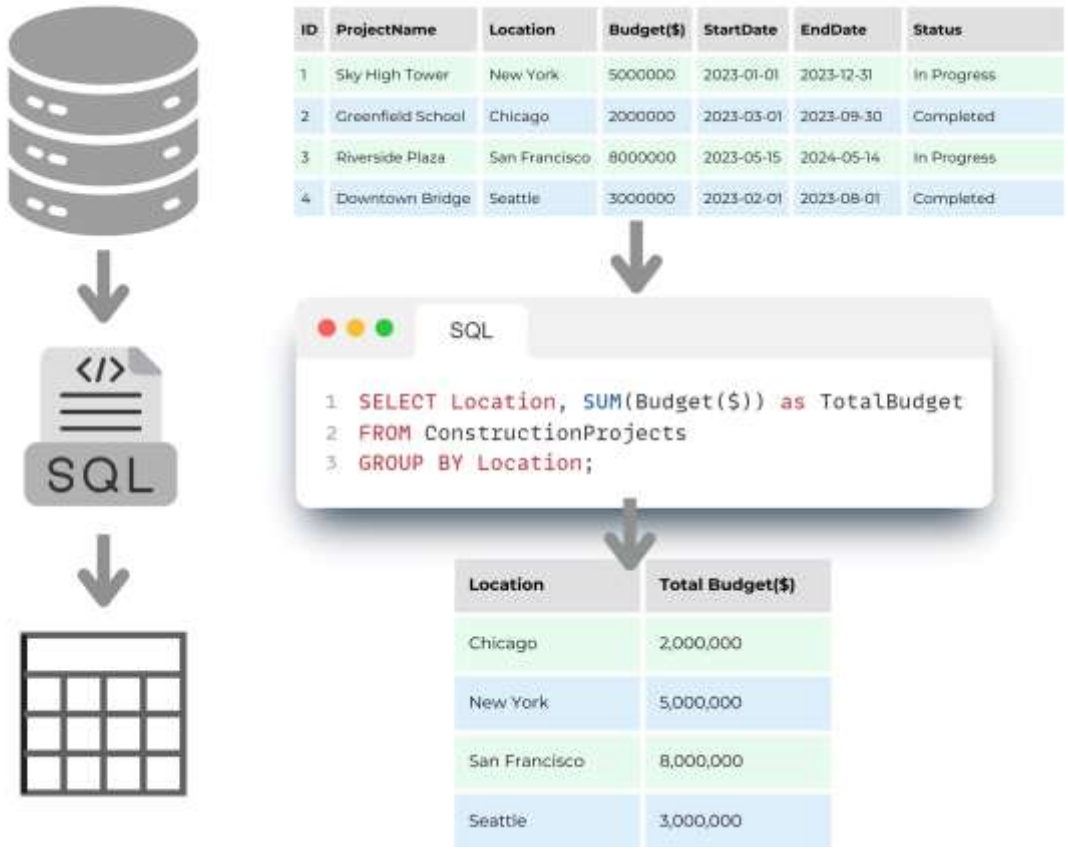
> Yapısal Sorgu Dili (SQL), ilişkisel veritabanlarında bilgi depolamak, işlemek ve analiz etmek için tasarlanmış özel bir programlama dilidir. SQL, veri oluşturmak, yönetmek ve verilere erişmek için kullanılır ve bilgileri verimli bir şekilde bulmanıza, filtrelemenize, birleştirmenize ve toplamanıza olanak tanır. Verilere erişmek için önemli bir araç olarak hizmet eder ve bilgi depolarıyla etkileşim kurmak için uygun ve resmileştirilmiş bir yol sağlar.

SEQUEL-SQL sistemlerinin gelişimi Oracle, IBM DB2, Microsoft SQL Server, SAP, PostgreSQL ve MySQL gibi önemli ürün ve şirketlerden geçerek SQLite ve MariaDB'nin ortaya çıkmasıyla sonuçlanmıştır [51]. SQL, Excel'de bulunmayan elektronik tablo yetenekleri sağlayarak veri manipülasyonunu daha ölçeklenebilir, güvenli ve otomatikleştirmesi kolay hale getirir:

- **Veri yapıları oluşturma ve yönetme (DDL):** SQL'de bir veritabanındaki tabloları oluşturabilir, değiştirebilir ve silebilir, bunlar arasında bağlantılar kurabilir ve veri depolama yapılarını

tanımlayabilirsiniz. Öte yandan Excel sayfalar ve veri kümeleri arasında açıkça tanımlanmış ilişkiler olmadan sabit sayfalar ve hücrelerle çalışır.

- **Veri işleme (DML):** SQL filtreleme, sıralama ve tablo birleştirmeleri ile karmaşık sorgular gerçekleştirerek verileri yüksek hızda toplu olarak eklemenize, değiştirmenize, silmenize ve almanıza olanak tanır (Şekil 3.1-7). Excel'de, büyük miktarda bilginin işlenmesi manuel eylemler veya özel makrolar gerektirir, bu da süreci yavaşlatır ve hata olasılığını artırır.
- **Erişim kontrolü (DCL):** SQL, farklı kullanıcılar için verilere erişim haklarını farklılaştırmanıza olanak tanıyarak bilgileri düzenleme veya görüntüleme yeteneğini sınırlandırır. Excel'de ise erişim ya paylaşılır (bir dosya aktarılırken) ya da bulut hizmetleri üzerinden izin paylaşımı ile karmaşık ayarlar gerektirir.



Şekil 3.1-7 SQL'de DML örneği: otomatik veri işleme için birkaç satır kodla hızlı işleme, gruplama ve toplama.

Excel görsel ve sezgisel yapısı nedeniyle verilerle çalışmayı kolaylaştırır. Ancak veri miktarı arttıkça Excel'in performansı düşer. Excel ayrıca depolayabileceği veri miktarı konusunda da sınırlamalarla karşı karşıyadır - maksimum bir milyon satır - ve bu sınıra ulaşılmadan çok önce performans düşer. Dolayısıyla, Excel az miktarda veriyi görselleştirmek ve işlemek için tercih edilebilir görünse de, SQL büyük veri setleriyle uğraşmak için daha uygundur.

Yapılandırılmış verilerin geliştirilmesindeki bir sonraki aşama, özellikle önemli ölçüde daha büyük veri

hacimleri ve analitik hesaplamalar söz konusu olduğunda geleneksel ilişkisel veritabanlarına alternatif olan sütunlu veritabanlarının (Columnar Databases) ortaya çıkmasıdır. Verilerin satır satır depolandığı satır veritabanlarının aksine, sütunlu veritabanları bilgileri sütuna göre kaydeder. Klasik veritabanlarıyla karşılaştırıldığında bu durum şunları sağlar:

- Sütunlardaki tek tip verileri verimli bir şekilde sıkıştırarak depolama alanını azaltın.
- Tablonun tamamı değil, yalnızca gerekli sütunlar okunduğu için analitik sorguları hızlandırın.
- Büyük Veriyi optimize edin ve veri ambarı, örneğin Data Lakehouse Architecture.

Sütunlu veritabanları, Pandas DataFrame, Apache Parquet, HDF5 ve veri analizi ve işleme amaçları için bunlara dayalı Büyük Veri depoları oluşturma hakkında bu kitabın sonraki bölümlerinde daha fazla konuşacağız - "DataFrame: evrensel bir tablo veri formatı" ve "Veri depolama formatları ve Apache Parquet ile çalışma: DWH -veri ambarları ve Data Lakehouse mimarisi ".

Yapılandırılmamış veri

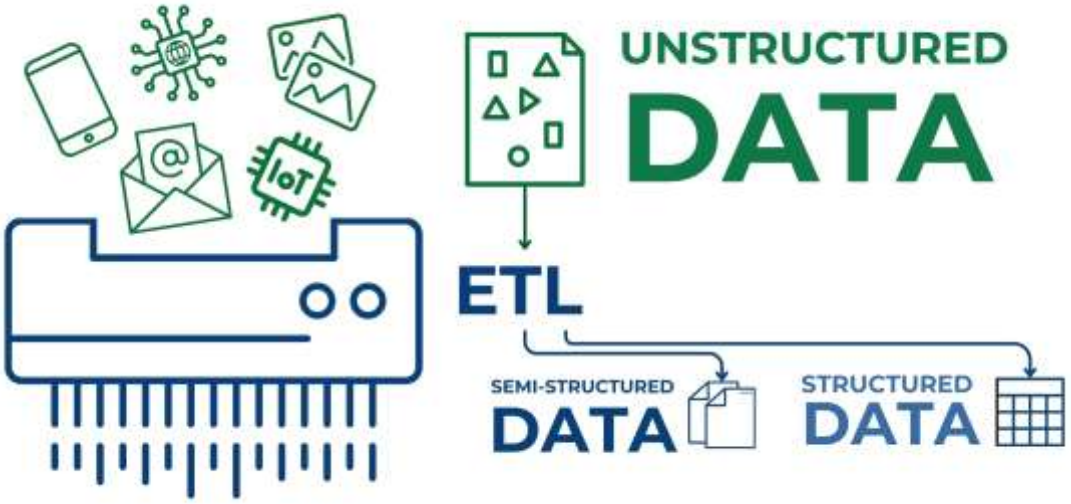
Uygulamalarda ve bilgi sistemlerinde kullanılan verilerin çoğu yapılandırılmış formda olmasına rağmen, inşaatta üretilen bilgilerin çoğu yapılandırılmamış veri şeklindedir - görüntüler, videolar, metin belgeleri, ses kayıtları ve diğer içerik biçimleri. Bu durum özellikle görsel ve metinsel bilgilerin baskın olduğu inşaat, işletme ve teknik denetim aşamalarında geçerlidir.

> **Yapılandırılmamış veri**, önceden tanımlanmış bir modeli veya yapısı olmayan, veritabanlarında veya tablolarda olduğu gibi geleneksel satırlar ve sütunlar halinde düzenlenmemiş bilgidir.

Genel anlamda, yapılandırılmamış veriler iki kategoride sınıflandırılabilir:

- İnsan tarafından oluşturulan yapılandırılmamış veriler, insan tarafından oluşturulan çeşitli içerik türlerini içerir: metin belgeleri, e-postalar, resimler, videolar vb.
- Makine tarafından üretilen yapılandırılmamış veriler cihazlar ve sensörler tarafından oluşturulur: bunlar arasında günlük dosyaları, GPS verileri, Nesnelerin İnterneti sonuçları (IoT) ve örneğin bir şantiyeden gelen diğer telemetri bilgileri yer alır.

Tablolar ve veri tabanları halinde uygun bir şekilde organize edilen yapılandırılmış verilerin aksine, yapılandırılmamış veriler bilgi sistemlerine entegre edilmeden önce ek işlem adımları gerektirir (Şekil 3.1-8). Bu tür verilerin otomatik olarak toplanması, analizi ve dönüştürülmesi için teknolojilerin kullanılması, inşaat verimliliğini artırmak, hataları azaltmak ve insan faktörünün etkisini en aza indirmek için yeni fırsatlar sunmaktadır.



Şekil 3.1-8 Yapılandırılmamış verilerin işlenmesi, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmış verilere dönüştürülmesiyle başlar.

Yapılandırılmamış veriler, şirketlerdeki profesyonellerin karşılaştığı tüm bilgilerin [52]%80'ine kadarını oluşturmaktadır, bu nedenle kitabın ilerleyen bölümlerinde bunların türlerini ve işlenmesini örneklerle ayrıntılı olarak ele alacağız.

Tartışmayı kolaylaştırmak için, metinsel veriler ayrı olarak kategorize edilmiştir. Her ne kadar yapılandırılmamış bir veri türü olsalar da, inşaat sektöründeki önemleri ve yaygınlıkları özel bir dikkat gerektirmektedir.

Metin verileri: yapılandırılmamış kaos ile yapılandırılmış kaos arasında y

İnşaat sektöründeki metinsel veriler kağıt belgelerden mektuplar, konuşmalar, iş yazışmaları ve şantiyedeki sözlü toplantılar gibi gayri resmi iletişim yöntemlerine kadar çok çeşitli format ve bilgi türlerini kapsar. Tüm bu metinsel veriler, tasarım kararlarının ayrıntıları ve planlardaki değişikliklerden güvenlik konularının görüşülmesine ve yükleniciler ve müşterilerle yapılan müzakerelere kadar inşaat projelerinin yönetimi için önemli bilgiler taşır (Şekil 3.1-9).

Şekil 3.1-9 Metin verileri, proje katılımcıları arasındaki iletişimde kullanılan en popüler bilgi türlerinden biridir.

Metinsel bilgiler hem biçimlendirilmiş hem de yapılandırılmamış olabilir. Biçimlendirilmiş veriler Word belgelerini (.doc,.docx), PDF ve toplantı tutanaklarının metin dosyalarını (.txt) içerir. Yapılandırılmamış veriler arasında mesajlaşma ve e-posta yazışmaları, toplantı dökümleri (Teams, Zoom, Google Meet) ve metne dönüştürülmesi gereken tartışmaların ses kayıtları (.mp3,.wav) yer alır.

Ancak resmi talepler, sözleşme hüküm ve koşulları ve e-postalar gibi yazılı belgeler genellikle zaten bir yapıya sahipken, sözlü iletişimler ve iş yazışmaları genellikle yapılandırılmamış olarak kalır ve bu da analiz edilmelerini ve proje yönetim sistemlerine entegre edilmelerini zorlaştırır.

Metin verilerinin etkili bir şekilde yönetilmesinin anahtarı, bu verilerin yapılandırılmış bir formata dönüştürülmesidir. Bu sayede işlenen bilgiler, halihazırda yapılandırılmış verilerle çalışan mevcut sistemlere otomatik olarak entegre edilebilir.

Şekil 3.1-10 Metin içeriğinin yapılandırılmış verilere dönüştürülmesi.

Metinsel bilginin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için otomatik olarak yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesi gerekir (Şekil 3.1-10). Bu süreç genellikle birkaç adım içerir:

- **Metin Tanıma (OCR**) - belge ve çizimlerin görüntülerini makine tarafından okunabilir bir biçime dönüştürme.
- **Metin analizi (NLP**) - temel parametrelerin otomatik olarak tanımlanması (projeyle ilgili tarihler, miktarlar ve rakamlar).
- **Veri sınıflandırma** - bilgileri kategorize etme (finans, lojistik, risk yönetimi).

Tanıma ve sınıflandırmadan zaten yapılandırılmış olan veriler veritabanlarına entegre edilebilir ve otomatik raporlama ve yönetim sistemlerinde kullanılabilir.

Yarı yapılandırılmış ve gevşek yapılandırılmış veriler

Yarı yapılandırılmış veriler belli bir düzeyde organizasyon içerir ancak katı bir şemaya veya yapıya sahip değildir. Bu tür bilgiler yapılandırılmış unsurlar (örneğin tarihleri, çalışan isimleri ve tamamlanan görevlerin listeleri) içerse de, sunum biçimi projeden projeye ve hatta bir çalışandan diğerine önemli ölçüde değişebilir. Bu tür verilere örnek olarak çeşitli formatlarda sunulabilen zaman kayıtları, ilerleme raporları ve çizelgeler verilebilir.

Yarı yapılandırılmış veriler yapılandırılmamış verilere göre daha kolay analiz edilebilir ancak standartlaştırılmış proje yönetim sistemlerine entegrasyon için ek işlem gerektirir.

> Sürekli değişen bir yapıya sahip olan yarı yapılandırılmış verilerle çalışmak önemli zorluklar içermektedir. Bunun nedeni, veri yapısının değişkenliğinin her bir yarı yapılandırılmış veri kaynağını işlemek ve analiz etmek için ayrı ayrı yaklaşımlar gerektirmesidir.

Ancak yapılandırılmamış verilerle uğraşmak çok fazla çaba gerektirirken, yarı yapılandırılmış verilerin işlenmesi nispeten basit yöntem ve araçlarla yapılabilir.

> **Zayıf yapılandırılmış** veri, minimum veya eksik yapıya sahip verileri tanımlayan daha genel bir terimdir. Çoğu zaman bunlar, bazı meta verilerin (örneğin tarih, gönderen) bulunduğu, ancak bilgilerin çoğunun kaotik bir şekilde sunulduğu metin belgeleri, sohbetler, e-postalardır.

İnşaatta, gevşek yapılandırılmış veriler çeşitli süreçlerde bulunur. Örneğin, şunları içerebilirler:

- Tahminler ve fiyat teklifleri - malzemeler, miktarlar ve maliyetler hakkında veriler içeren, ancak tek tip bir formatı olmayan tablolar.
- Çizimler ve mühendislik diyagramları - metin ek açıklamaları ve meta veriler içeren, ancak kesin olarak sabit bir yapısı olmayan PDF veya DWG dosyaları.
- İş programları - MS Project, Primavera P6 veya farklı dışa aktarma yapısına sahip olabilecek diğer sistemlerden gelen veriler.
- CAD (BIM -modeller) - yapının unsurlarını içerir, ancak veri gösterimi yazılıma ve proje standardına bağlıdır.

CAD sistemleri tarafından üretilen geometrik veriler, yarı yapılandırılmış verilerle aynı şekilde kategorize edilebilir. Ancak, geometrik CAD (BIM) verilerini ayrı bir veri türü olarak sınıflandıracağız çünkü metin verileri gibi, şirket süreçlerinde genellikle ayrı bir veri türü olarak ele alınabilir.

Geometrik veri ve uygulaması

Proje unsurları hakkındaki meta veriler neredeyse her zaman tablolar, yapılandırılmış veya gevşek yapılandırılmış formatlar şeklinde saklanırken proje unsurlarının geometrik verileri çoğu durumda özel CAD araçları (Şekil 3.1-11) kullanılarak oluşturulur ve proje unsurlarının bir dizi çizgi (2D) veya geometrik cisim (3D) olarak ayrıntılı bir şekilde görselleştirilmesine olanak tanır.

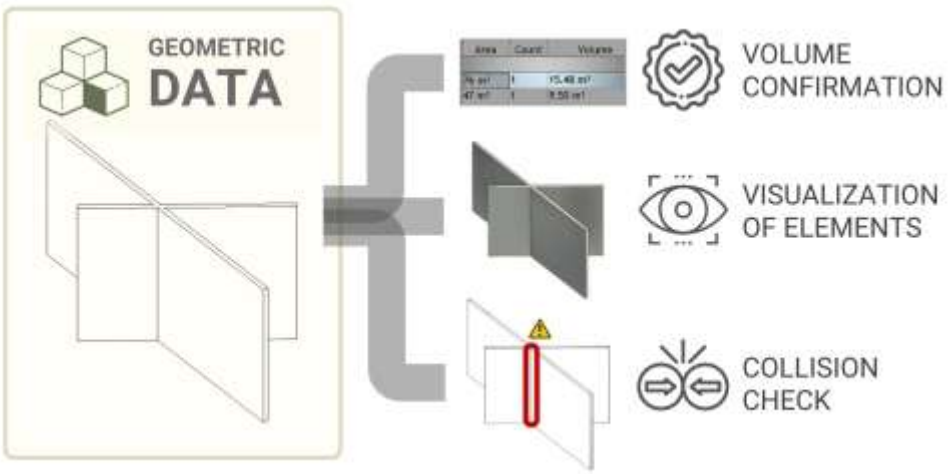
Şekil 3.1-11 CAD araçları, geometrik bilgilerin fiziksel ortamdan veritabanı formuna taşınmasına yardımcı olmuştur.

İnşaat ve mimaride geometrik verilerle çalışırken, geometrik verilerin üç ana uygulaması tanımlanabilir (Şekil 3.1-12):

- **Hacimlerin onaylanması**: CAD programlarında (BIM) özel geometrik çekirdekler kullanılarak oluşturulan geometrik veriler, proje öğelerinin hacimlerini ve boyutlarını otomatik ve doğru bir şekilde belirlemek için gereklidir. Bu veriler otomatik olarak hesaplanan alanları, hacimleri, uzunlukları ve kaynakların ve malzemelerin planlanması, bütçelenmesi ve sipariş edilmesi için gerekli diğer önemli nitelikleri içerir
- **Projenin görselleştirilmesi**: Projede herhangi bir değişiklik olması durumunda, elemanların görselleştirilmesi, farklı düzlemlerde güncellenmiş çizimlerin otomatik olarak oluşturulmasına olanak tanır. Projenin ilk aşamalarda görselleştirilmesi, inşaat sürecinde zaman ve kaynak tasarrufu sağlamak için tüm katılımcılar arasında daha hızlı bir anlayış sağlar.
- çarpışmaların **kontrol edilmesi**: Birden fazla kategorideki elemanın (örneğin borular ve duvarlar) "geometrik çatışmalar" olmadan etkileşiminin kritik karmaşık inşaat ve mühendislik projelerinde, çarpışma kontrolü kilit bir rol oynar. çarpışma tespit yazılımını kullanmak, proje elemanları arasındaki potansiyel geometrik çatışmaları proaktif olarak belirlemenize olanak tanıyarak inşaat sürecinde maliyetli hataları önler.

Mühendislik tasarım ofislerinin en başından itibaren, ilk karmaşık yapıların inşasından itibaren, yapı mühendisleri çizimler, çizgiler ve düz geometrik elemanlar (papirüs, "A0" kağıt veya DWG, PDF, PLT formatlarında) şeklinde geometrik bilgiler sağlamışlardır; bu bilgilere dayanarak ustabaşılar ve hesap uzmanları (Şekil 3.1-11), son bin yıldır cetveller ve açıölçerler yardımıyla elemanların ve eleman

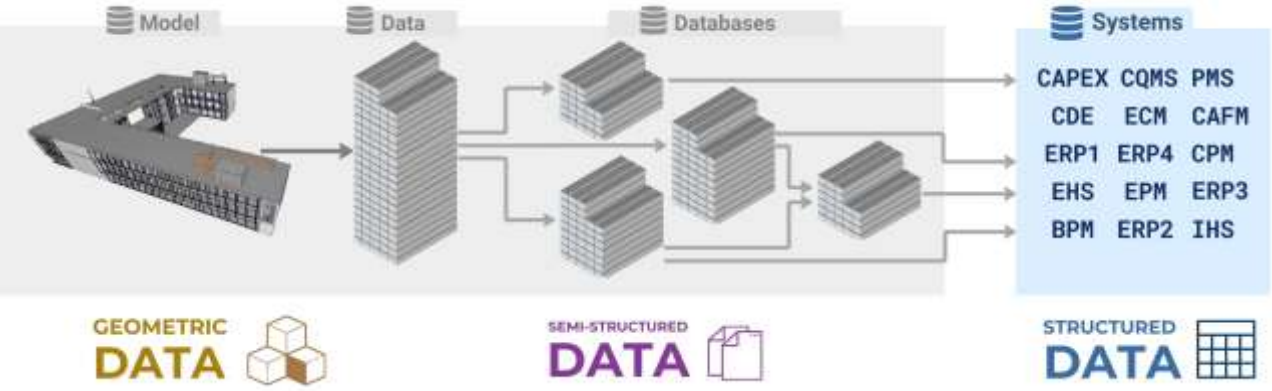
gruplarının öznitelik hacimlerini veya sayılarını toplamışlardır. 3.1-11), son bin yıl boyunca, cetveller ve taşıyıcılar yardımıyla, elementlerin ve element gruplarının niteliksel hacimlerini veya miktarlarını toplamıştır.



Şekil 3.1-12 Geometri, elemanların hacimsel parametrelerini elde etmek için temel oluşturur ve bu parametreler daha sonra projenin maliyetini ve zamanlamasını hesaplamak için kullanılır.

Günümüzde bu manuel ve zaman alıcı görev, modern CAD araçlarında hacimsel modellemenin ortaya çıkması sayesinde tam otomasyonla çözülmektedir (BIM), özel bir geometrik çekirdek yardımıyla, hacimsel parametreleri manuel olarak hesaplamaya gerek kalmadan herhangi bir öğenin hacimsel niteliklerini otomatik olarak elde etmeyi sağlar.

Modern CAD proje unsurlarını sınıflandırmanıza ve kategorize etmenize de olanak tanır; böylece maliyet tahmini, çizelgeleme veya CO_2 hesaplama gibi çeşitli sistemlerde kullanmak üzere proje veritabanından şartname tabloları yükleyebilirsiniz (Şekil 3.1-13). Spesifikasyonların, QTO tablolarının ve miktarların elde edilmesini ve pratik örnekleri "Miktarların ve miktarların elde edilmesi" bölümünde ele alacağız.



Şekil 3.1-13 CAD araçları (BIM) verileri diğer sistemlerle entegre olacak ve etkileşime girecek şekilde tasarlanmış veritabanlarında depolar.

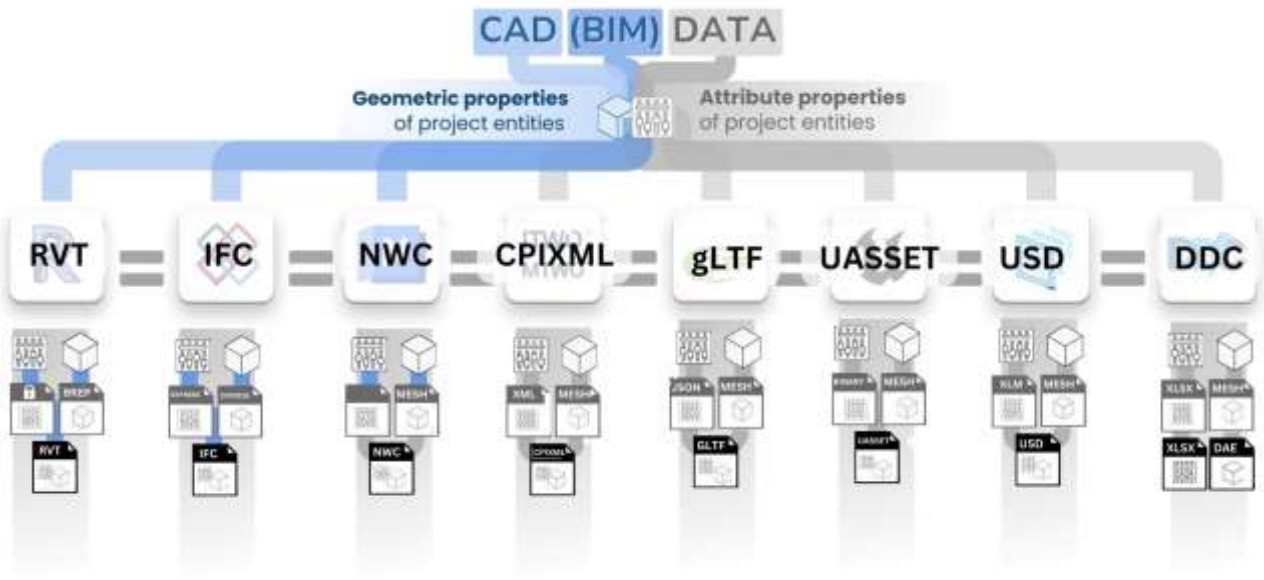
CAD ortamında kullanılan veritabanlarının ve formatların kapalı yapısı nedeniyle, CAD çözümlerinde oluşturulan geometrik veriler aslında ayrı bir bilgi türü haline gelmiştir. Hem elemanların geometrisini hem de özel dosyalar ve formatlar içine alınmış meta bilgileri (yapılandırılmış veya yarı yapılandırılmış) birleştirir.

CAD verileri: tasarımdan veri depolamaya

Modern CAD ve BIM sistemleri verileri kendilerine ait, genellikle tescilli formatlarda depolar: DWG, DXF, RVT, DGN, PLN ve diğerleri. Bu formatlar nesnelerin hem 2D hem de 3D gösterimlerini destekler ve sadece geometriyi değil aynı zamanda nesnelerle ilişkili nitelikleri de korur. İşte en yaygın olanları:

- **DWG** iki boyutlu (ve daha az yaygın olarak üç boyutlu) tasarım verilerini ve meta verileri depolamak için kullanılan ikili bir dosya formatıdır.
- **DXF**, CAD sistemleri arasında 2D ve 3D -çizim alışverişi için kullanılan bir metin formatıdır. Geometri, katmanlar ve öznitelik verilerini içerir, hem ASCII hem de ikili gösterimi destekler.
- **RVT**, 3D -geometri, eleman nitelikleri, ilişkiler ve tasarım parametreleri dahil olmak üzere CAD modellerini depolamak için kullanılan ikili bir formattır.
- **IFC**, CAD (BIM) sistemleri arasında inşaat verilerinin alışverişi için kullanılan açık bir metin formatıdır. Geometri, nesne özellikleri ve bunların ilişkileri hakkında bilgi içerir.

Bunlara ek olarak başka formatlar da kullanılmaktadır: PLN, DB1, SVF, NWC, CPIXML, BLEND, BX3, USD, XLSX, DAE. Amaçları ve açıklık düzeyleri farklı olsa da (Şekil 3.1-14), hepsi aynı proje bilgi modelini farklı biçimlerde temsil edebilir. Karmaşık projelerde, bu formatlar genellikle çizimden proje modellerinin koordinasyonuna kadar paralel olarak kullanılır.



Şekil 3.1-14 Popüler CAD depolama formatları, öznitelik verileriyle desteklenen BREP veya MESH parametreleri aracılığıyla geometriyi tanımlar.

Yukarıdaki formatların tümü, bir inşaat projesinin her bir unsuru hakkında veri depolamanıza olanak tanır ve yukarıdaki formatların tümü iki temel veri türü içerir:

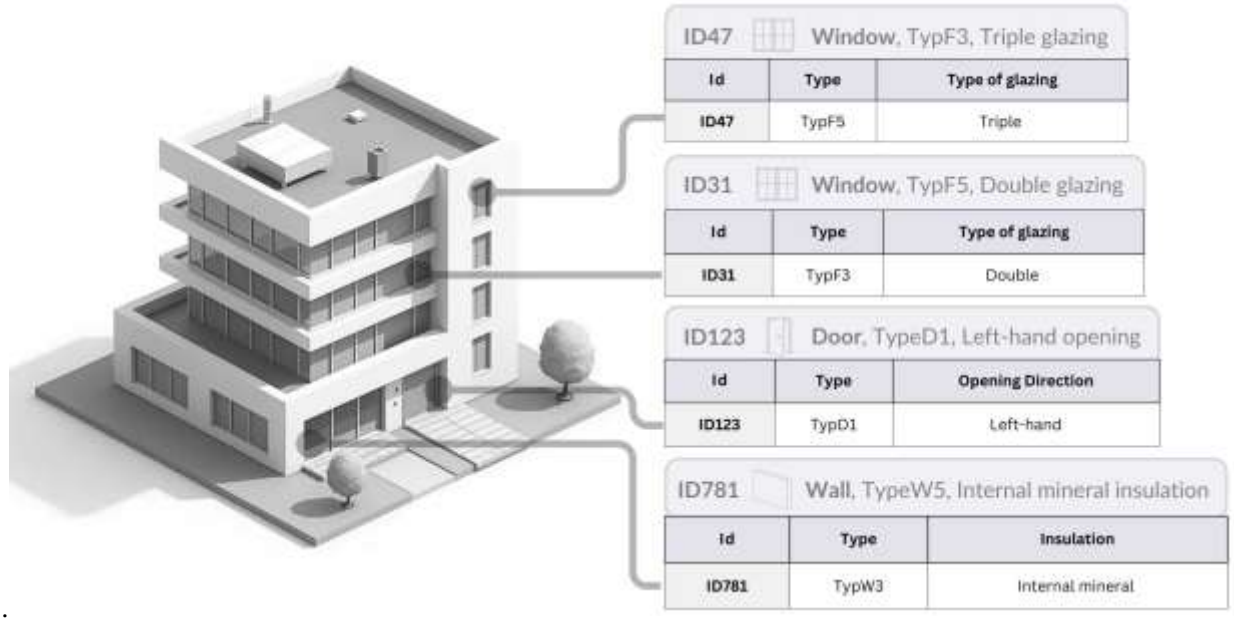
- **Geometrik parametreler** - bir nesnenin şeklini, konumunu ve boyutlarını tanımlar. Geometri ve kullanımı, kitabın CAD (BIM) çözümlerine ayrılmış altıncı bölümünde ayrıntılı olarak ele alınacaktır;
- **Öznitelik özellikleri** - çeşitli bilgiler içerir: malzemeler, eleman tipleri, teknik özellikler, benzersiz tanımlayıcılar ve proje elemanlarının sahip olabileceği diğer özellikler.

Öznitelik verileri, nesnelerin operasyonel özelliklerini tanımladıkları, mühendislik ve maliyet hesaplamalarına izin verdikleri ve tasarım, inşaat ve işletme katılımcıları arasında uçtan uca etkileşim sağladıkları için modern projelerde özel bir öneme sahiptir. Örneğin:

- Pencereler ve kapılar için: yapı tipi, cam tipi, açılma yönü (Şekil 3.2-1).
- Duvarlar için malzeme, ısı yalıtımı ve akustik performans bilgileri kaydedilir.
- Mühendislik sistemleri için boru hatları, kanallar, kablo güzergahları ve bunların bağlantılarının parametreleri saklanır.

Bu parametreler hem CAD-(BIM -) dosyalarının kendi içinde hem de dışa aktarma, dönüştürme veya tersine mühendislik araçları aracılığıyla dahili CAD yapılarına doğrudan erişimin bir sonucu olarak harici veritabanlarında saklanabilir. Bu yaklaşım, tasarım bilgilerinin diğer kurumsal sistemler ve platformlarla entegrasyonunu kolaylaştırır

CAD (BIM) bağlamında **tersine mühendislik**, orijinal algoritmalara veya belgelere erişim olmadan mantığını, veri yapısını ve bağımlılıklarını yeniden oluşturmak için dijital bir modelin iç yapısını çıkarma ve analiz etme sürecidir.

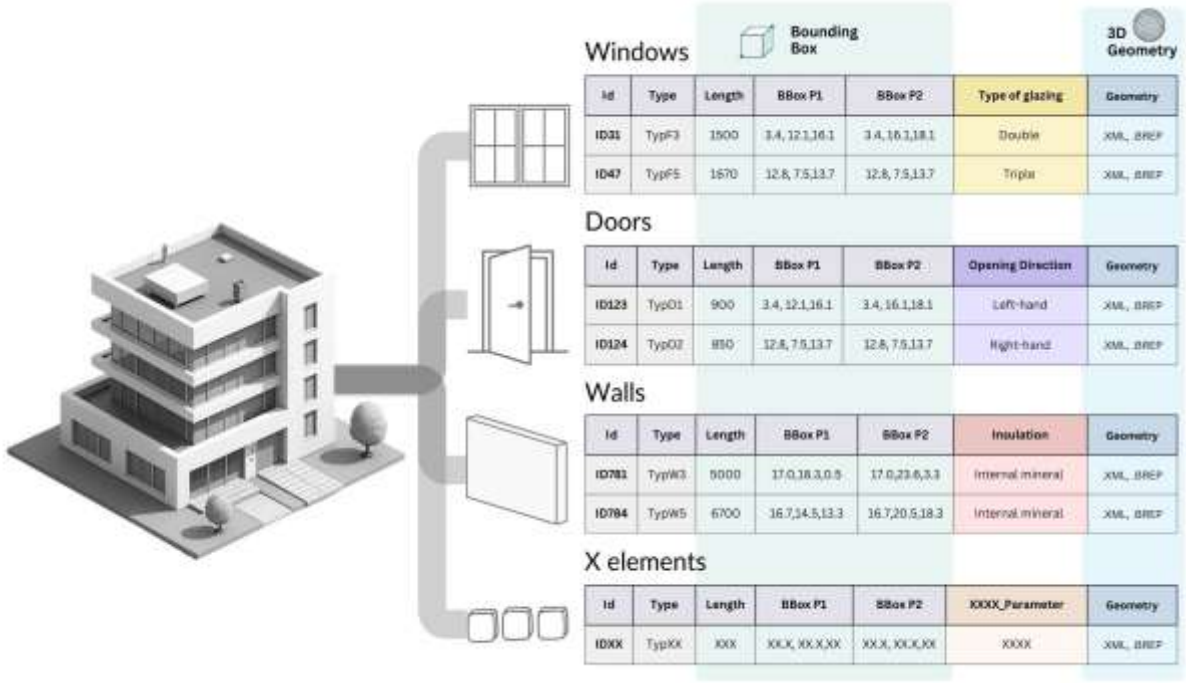


.

Şekil 3.1-15 Bir proje elemanı, parametrik veya poligonal geometriyi tanımlamanın yanı sıra, elemanlarının parametreleri ve özellikleri hakkında bilgi içerir.

Sonuç olarak, her bir unsurun etrafında, hem her bir nesnenin kendine özgü özelliklerini (örneğin, tanımlayıcı ve boyutlar) hem de unsur grupları için ortak nitelikleri içeren benzersiz bir parametre ve özellik kümesi oluşturulur. Bu, yalnızca projenin tek tek unsurlarını analiz etmeye değil, aynı zamanda bunları mantıksal gruplar halinde birleştirmeye de olanak tanır; bu gruplar daha sonra diğer uzmanlar tarafından sistemler ve veri tabanlarındaki görevleri ve hesaplamaları için kullanılabilir.

Bir varlık, gerçek dünyanın benzersiz bir şekilde tanımlanabilen, tanımlanabilen ve veri biçiminde temsil edilebilen somut veya soyut bir nesnesidir.

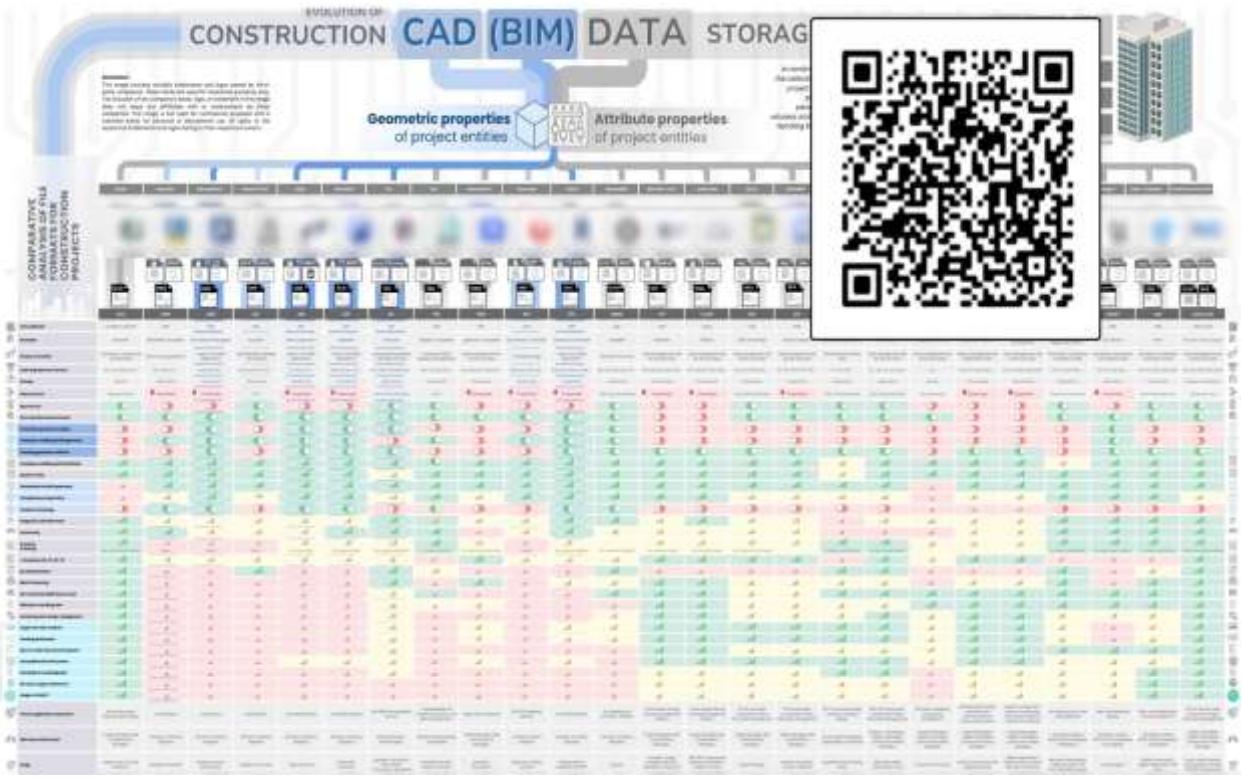


Şekil 3.1-16 Her proje elemanı, tasarımcı tarafından girilen veya CAD programı içinde hesaplanan nitelikler içerir.

Son yıllarda inşaat sektörü, verilerin oluşturulmasını, depolanmasını ve aktarılmasını basitleştiren birçok yeni CAD (BIM) formatı geliştirmiştir. Bu formatlar kapalı veya açık, tablosal, parametrik veya grafiksel olabilir. Ancak bu formatların çeşitliliği ve bölünmüşlüğü, proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında veri yönetimini önemli ölçüde zorlaştırmaktadır. İnşaatta bilgi alışverişi için kullanılan ana formatların bir karşılaştırma tablosu Şekil 3.1-17'de sunulmuştur (tam sürüm QR kodu ile mevcuttur).

Birlikte çalışabilirlik ve CAD verilerine erişim sorunlarını çözmek için, görevi dışa aktarımları kontrol etmek, veri kalitesini kontrol etmek ve CAD (BIM) verilerinin parçalarını diğer sistemlere entegre etmek olan BIM yöneticileri (BIM) ve koordinatörleri yer almaktadır.

Ancak formatların kapalı yapısı ve karmaşıklığı nedeniyle bu süreci otomatikleştirmek zordur; bu da uzmanları, tam teşekküllü hat içi veri işleme süreçleri (boru hattı) oluşturma yeteneği olmadan birçok işlemi manuel olarak gerçekleştirmeye zorlar.



Şekil 3.1-17 Proje elemanı bilgilerinin depolandığı ana veri formatlarını karşılaştıran tablo [53].

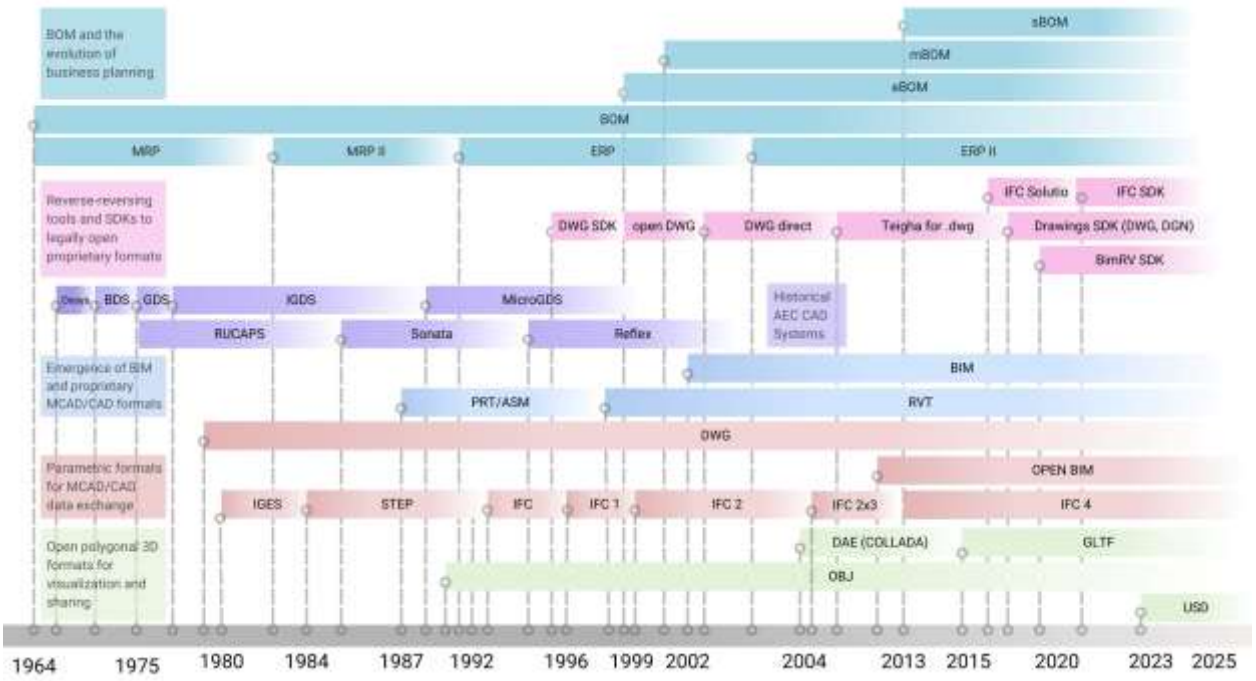
Neden bu kadar çok farklı veri formatı olduğunu ve bunların çoğunun neden kapalı olduğunu anlamak için, kitabın altıncı bölümünde ayrıntılı olarak incelenecek olan CAD (BIM) programlarında gerçekleşen süreçleri incelemek önemlidir.

Geometriye eklenen ek bir bilgi katmanı, CAD sistemi geliştiricileri tarafından, 2002 yılından bu yana inşaat sektöründe aktif olarak tanıtılan bir pazarlama terimi olan BIM kavramı (Yapı Bilgi Modellemesi) şeklinde tanıtılmıştır [54].

BIM (BOM) kavramının ortaya çıkışı ve süreçlerde CAD kullanımı

İlk olarak 2002 tarihli BIM Whitepaper'da [54] ana hatları çizilen Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) kavramı, CAD yazılım üreticilerinin pazarlama girişimlerinden doğmuştur. CAD yazılım geliştiricilerinin pazarlama girişimlerinden ortaya çıkmıştır ve makine mühendisliğinde zaten iyi kurulmuş olan ilkeleri inşaat sektörünün ihtiyaçlarına uyarlama girişimidir.

BIM için ilham kaynağı, 1980'lerin sonlarından bu yana endüstride yaygın olarak kullanılan BOM (Bill of Materials) - Malzeme Listesi - kavramından gelmiştir. Makine mühendisliğinde BOM, CAD sistemlerinden gelen verilerin PDM (Ürün Veri Yönetimi), PLM (Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi) ve ERP sistemlerine bağlanmasına olanak tanıyarak tüm ürün yaşam döngüsü boyunca mühendislik bilgilerinin bütünsel yönetimini sağlamıştır (Şekil 3.1-8).



Şekil 3.1-18 Mühendislik inşaat sektöründe şartnamelerin (BOM), bilgi modellemesinin (BIM) ve dijital formatların evrimi.

BOM konseptinin modern gelişimi, yalnızca ürün bileşimini değil, aynı zamanda davranış senaryolarını, operasyonel gereksinimleri, sürdürülebilirlik parametrelerini ve tahmine dayalı analitik için verileri de içeren genişletilmiş bir çerçevenin - XBOM'un (Genişletilmiş BOM) ortaya çıkmasına yol açmıştır. XBOM esasen inşaatta BIM ile aynı rolü üstlenmektedir: her iki yaklaşım da dijital modeli projenin yaşam döngüsü boyunca tüm proje katılımcıları için Tek Gerçek Kaynağına dönüştürmeyi amaçlamaktadır.

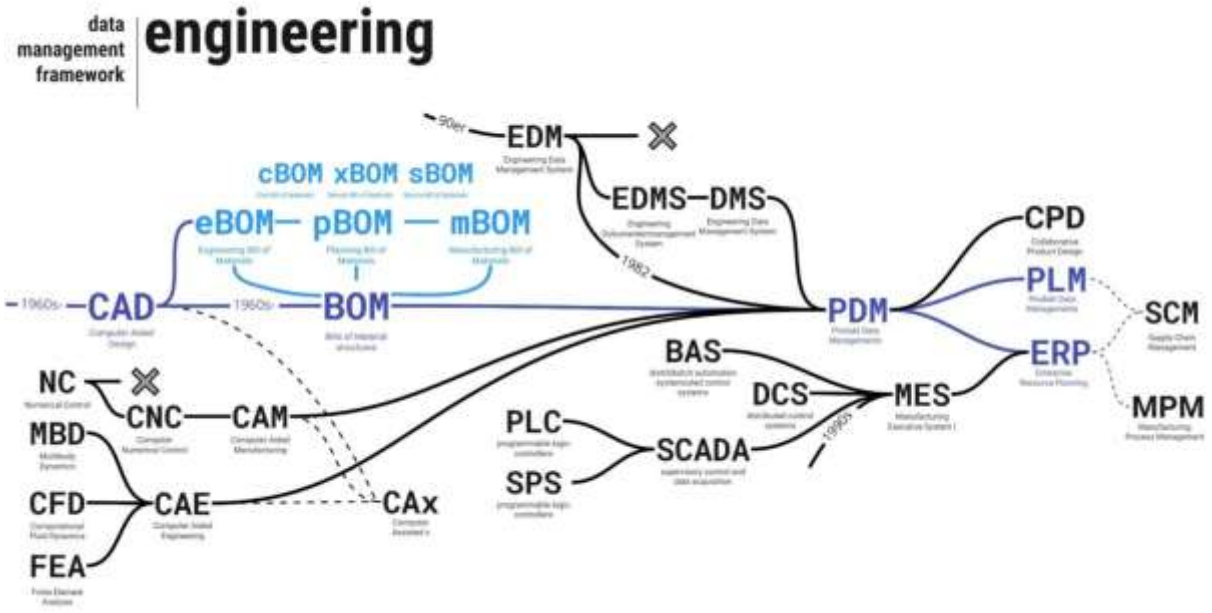
İnşaat sektöründe BOM'un ortaya çıkışında önemli bir dönüm noktası, 2002 yılında inşaat sektörüne özel olarak uyarlanmış ilk parametrik CAD'in (MCAD) kullanıma sunulmasıdır. Bu sistem, daha önce 1980'lerin sonunda ortaya çıkan ve bir endüstri standardı haline gelen makine mühendisliği için devrim niteliğinde bir MCAD sistemi olan Pro-E®'yi yaratan ekip tarafından geliştirilmiştir [55].

Daha 1980'lerin sonunda amaç, o zamanlar mevcut olan CAD programlarının sınırlamalarını [56] ortadan kaldırmaktı. Temel amaç, tasarım öğelerinin parametrelerinde değişiklik yapmak için gereken işgücünü azaltmak ve bir veritabanı aracılığıyla CAD programları dışındaki veriler temelinde modeli güncellemeyi mümkün kılmaktı [57]. Bu konuda en önemli rolü parametrelendirme oynayacaktı: özelliklerin veritabanından otomatik olarak alınması ve CAD sistemleri içinde modeli güncellemek için kullanılması.

> Pro-E ve altında yatan temel parametrik modelleme c BOM kavramı CAD - ve MCAD - pazarının gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur [58]. Bu model 25 yıldır sektörde yer almaktadır ve birçok modern sistem onun kavramsal halefleri haline gelmiştir.

> *Amaç, mühendisi farklı tasarımları kolayca değerlendirmeye teşvik edecek kadar esnek bir sistem oluşturmaktır. Ve tasarımda değişiklik yapmanın maliyeti mümkün olduğunca sıfıra yakın olmalıdır. Geleneksel CAD / CAM yazılımı, ucuz değişikliklerin yapılmasını gerçekçi olmayan bir şekilde sadece tasarım sürecinin en başında kısıtlamaktadır [59].*
>
> - Samuel Heisenberg, Parametric Technology Corporation'ın kurucusu®, MCAD -ürünü Pro-E'nin geliştiricisi ve RVT formatını kullanan bir CAD ürününün yaratıcısının öğretmeni

Makine mühendisliğinde PDM, PLM, MRP ve ERP sistemleri kilit platformlar haline gelmiştir. Veri ve süreç yönetiminde merkezi bir rol oynarlar, CAx sistemlerinden (CAD, CAM, CAE) bilgi toplarlar ve ürün yapısına (BOM: eBOM, pBOM, mBOM) dayalı tasarım faaliyetlerini düzenlerler (Şekil 3.1-18). Bu entegrasyon hataları azaltır, veri tekrarını önler ve tasarımdan üretime kadar uçtan uca izlenebilirlik sağlar.



Şekil 3.1-19 Tarihsel olarak BOM, 1960'larda CAx sistemlerinden gelen verileri yapılandırmanın ve kontrol sistemlerine aktarmanın bir yolu olarak ortaya çıkmıştır.

Eski Pro-E ekibi tarafından geliştirilen ve BOM yaklaşımına dayanan bir CAD çözümünün önde gelen tedarikçilerinden biri tarafından satın alınması, BIM Whitepaper serisinin (2002-2003)[60][61] neredeyse hemen yayınlanmasıyla işaretlendi. 2000'li yılların ortalarından itibaren BIM konsepti inşaat sektöründe aktif olarak tanıtılmaya başlandı ve bu da parametrik yazılıma olan ilgiyi önemli ölçüde artırdı. Popülerlik o kadar hızlı artmıştır ki, makine mühendisliğinin inşaat çatalı Pro-E - bu satıcı tarafından desteklenen parametrik CAD - mimari ve yapısal tasarım segmentindeki rakiplerin yerini

almıştır (Şekil 3.1-20). 2020'lerin başında, BIM (CAD) pazarındaki küresel hakimiyetini fiilen pekiştirmiştir [62].

Şekil 3.1-20 Google arama sorgusu popülerliği (RVT'ye karşı IFC): eski Pro-E ekibi tarafından oluşturulan parametrik CAD BOM desteği ile -BIM dünyanın neredeyse çoğu ülkesinde popülerlik kazanmıştır.

Geçtiğimiz 20 yıl içinde BIM kısaltması, 2000'li yılların başında ortaya çıkan ilk pazarlama kavramlarına dayanan çoklu anlamları olan çok sayıda yorum kazanmıştır. Terimin popülerleşmesinde önemli bir rol oynayan ISO 19650 standardı, aslında BIM'in bilgi yönetimine "bilim temelli" bir yaklaşım olarak statüsünü güvence altına almıştır. Bununla birlikte, BIM kullanan nesnelerin yaşam döngüsü boyunca veri yönetimine adanmış olan standardın kendi metninde, BIM kısaltmasından bahsedilmekte ancak hiçbir zaman açıkça tanımlanmamaktadır

Satıcının 2002[60] ve 2003[61] yıllarında BIM adresinde bir dizi Beyaz Bülten yayınlayan orijinal web sitesi, aslında daha önce 1990'larda Pro-E makine mühendisliği yazılımında kullanılan BOM (Malzeme Listesi) ve PLM (Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi) kavramlarına ilişkin pazarlama materyallerini yeniden üretmiştir [63].

> *Bina tasarımı, inşası ve yönetimine yönelik yenilikçi bir yaklaşım olan ve 2002 yılında..... [CAD sağlayıcı şirket adı] tarafından tanıtılan Bina Bilgi Modellemesi, dünyanın dört bir yanındaki sektör profesyonellerinin teknolojinin binaların tasarımı, inşası ve yönetimine nasıl uygulanabileceği konusundaki düşüncelerini değiştirmiştir.*
>
> - BIM Whitepaper, 2003 [61]

Bu ilk yayınlar BIM'i doğrudan merkezi bir entegre veri tabanı kavramıyla ilişkilendirmiştir. 2003 tarihli Whitepaper'da belirtildiği gibi BIM, tüm güncellemelerin tek bir havuzda gerçekleştiği ve tüm çizimlerin, kesimlerin ve şartnamelerin (BOM - Malzeme Listesi) senkronize edilmesini sağlayan bina bilgi yönetimidir.

> *BIM, tüm güncellemelerin ve tüm değişikliklerin bir veritabanında gerçekleştiği bina bilgi yönetimi olarak tanımlanır. Böylece ister şemalarla, ister kesitlerle veya pafta çizimleriyle uğraşıyor olun, her şey her zaman koordineli, tutarlı ve günceldir.*
>
> - CAD şirketi web sitesi BIM Whitepaper ile satıcı, 2003 [54]

Tasarımı tek bir entegre veritabanı üzerinden yönetme fikri 1980'lerdeki araştırmalardan bu yana yaygın olarak tartışılmaktadır. Örneğin, Charles Eastman'ın BDS konsepti [57] "veritabanı" terimine 43 atıf içeriyordu (Şekil 6.1-2). 2004 yılına gelindiğinde bu sayı 2002 tarihli BIM Beyaz Bülteninde neredeyse yarıya inerek 23'e düşmüştür [64]. Ve 2000'lerin ortalarına gelindiğinde, veritabanları konusu satıcıların pazarlama materyallerinden ve genel olarak dijitalleşme gündeminden neredeyse kaybolmuştu.

Başlangıçta BIM sisteminin çekirdeği olarak düşünülen veritabanı ve ona erişim olmasına rağmen, zaman içinde vurgu geometri, görselleştirme ve 3D'ye kaymıştır. 1994'te IFC standardının tescilini yapan ve 2002'de BIM Whitepaper'ını yayınlayan kişi - aynı satıcı - 2000'lerin başındaki Whitepaper'da IGES, STEP ve IFC gibi tarafsız formatların sınırlamalarına ve CAD veritabanlarına doğrudan erişim ihtiyacına açıkça işaret etmiştir:

> *Farklı uygulamalar birbiriyle uyumsuz olabilir ve yeniden girilen veriler hatalı olabilir [...]. Geleneksel bilgisayar destekli tasarımın [CAD] sonucu: daha yüksek maliyetler, daha uzun pazara sunma süresi ve daha düşük ürün kalitesi. Günümüzde tüm büyük uygulamalar düşük seviyeli veri alışverişi için endüstri standardı arayüzler kullanmaktadır. Kullanıcılar, farklı satıcıların uygulamaları arasında veri alışverişi yapmak için eski IGES standartlarını veya yeni STEP'i [IFC, STEP/IGES formatının fiili ve hukuki bir kopyasıdır] kullanarak türünün en iyisi ürünler arasında bazı veri uyumluluğu elde edebilirler. Ancak IGES ve STEP yalnızca düşük seviyelerde çalışır ve günümüzün önde gelen uygulamaları tarafından üretilen bilgiler kadar zengin veri alışverişi yapamazlar [...]. Bu ve diğer standartlar neredeyse her gün gelişiyor olsa da, veri zenginliği açısından her zaman günümüzün satıcı ürünlerinin gerisinde kalacaklardır. [Bir uygulama içindeki programlar, IGES, STEP [IFC] veya PATRAN gibi tarafsız çevirmenlere başvurmadan veri zenginliğini değiştirebilmeli ve koruyabilmelidir. Bunun yerine, çerçeve uygulamaları temel CAD veritabanına doğrudan erişebilmelidir, böylece bilgilerin ayrıntıları ve doğruluğu kaybolmaz.*
>
> - CAD satıcısı Whitepaper (IFC, BIM) "Integrated Design and Manufacturing: Benefits and Rationale," 2000 [65]

Bu nedenle, 1980'lerde ve 2000'lerin başında, CAD ortamında dijital tasarımın kilit unsurunun format

dosyası veya tarafsız IFC formatından ziyade veritabanı olduğu düşünülüyordu. Çevirmenlerden vazgeçilmesi ve uygulamaların verilere doğrudan erişebilmesi gerektiği öne sürülmüştür. Ancak gerçekte, 2020'lerin ortalarına gelindiğinde, BIM kavramı kapalı geometrik çekirdekleri kullanan yazılım satıcılarının çıkarlarının açık bilgi alışverişinin geliştirilmesine göre önceliklendirildiği bir "böl ve yönet" stratejisine benzemeye başladı.

Günümüzde BIM inşaat sektörünün ayrılmaz bir parçası olarak algılanmaktadır. Ancak son yirmi yılda, basitleştirilmiş işbirliği ve veri entegrasyonu vaatleri büyük ölçüde gerçekleşmedi. Çoğu çözüm hala kapalı veya tarafsız formatlara ve özel araçlara bağlı. "CAD ve BIM: Pazarlama, Gerçeklik ve İnşaatta Tasarım Verilerinin Geleceği" kitabının 6. Bölümünde BIM'in tarihi, açık ve IFC'nin yanı sıra birlikte çalışabilirlik ve geometrik çekirdekler konularına ayrıntılı olarak bakacağız.

> Günümüzde endüstri, bir modelleme aracı olarak CAD (BIM) geleneksel anlayışından tam teşekküllü bir veritabanı olarak kullanımına geçmek için önemli bir zorlukla karşı karşıyadır. Bu, kapalı ekosistemlere bağımlılığı terk ederek ve açık çözümler uygulayarak bilgiyle çalışmaya yönelik yeni yaklaşımlar gerektirmektedir.

CAD veritabanlarına erişim sağlayan tersine mühendislik araçlarının geliştirilmesinin yanı sıra Açık Kaynak ve LLM teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, inşaat sektöründeki kullanıcılar ve geliştiriciler yazılım satıcılarının belirsiz terimlerinden giderek uzaklaşıyor. Bunun yerine, odak noktası gerçekten önemli olana kayıyor: veriler (veritabanları) ve süreçler.

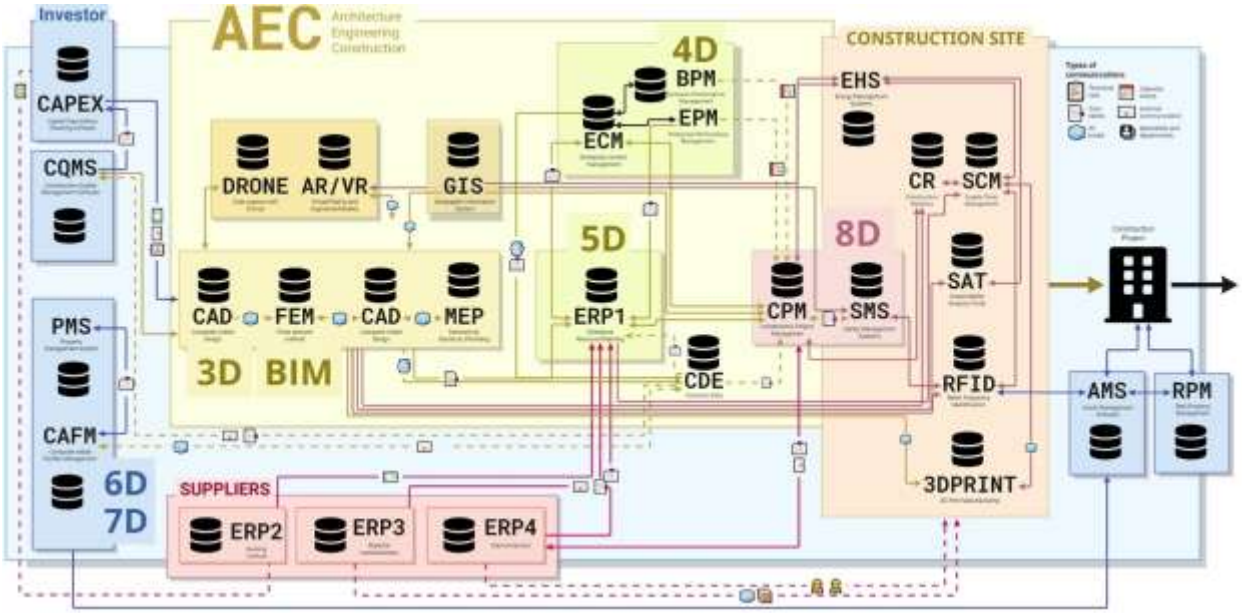
> Modaya uygun kısaltmaların ve görselleştirmelerin ardında standart veri yönetimi uygulamaları yatmaktadır: depolama, aktarma ve dönüştürme - yani klasik ETL süreci (Extract, Transform, Load). Diğer sektörlerde olduğu gibi inşaatın dijitalleşmesi de sadece değişim standartlarını değil, aynı zamanda heterojen bilgilerin açıkça yapılandırılmış bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir.

CAD (BIM) verilerinin potansiyelinden tam olarak yararlanabilmek için şirketlerin bilgi yönetimine yaklaşımlarını yeniden gözden geçirmeleri gerekmektedir. Bu da kaçınılmaz olarak dijital dönüşümün kilit unsurlarından biri olan inşaat profesyonellerinin günlük olarak birlikte çalıştığı verilerin birleştirilmesi, standartlaştırılması ve anlamlı bir şekilde yapılandırılmasına yol açacaktır.

BÖLÜM 3.2.
VERI UYUMLAŞTIRMA VE YAPILANDIRMA

İnşaat sektöründe sistemlerin verilerle doldurulması

İster büyük şirketler ister orta ölçekli şirketler olsun, uzmanlar her gün yazılım sistemlerini ve veri tabanlarını çeşitli arayüzlerle çok formatlı bilgilerle doldurmakla meşguldür (Şekil 3.2-1) ve bunlar yöneticilerin yardımıyla birbirleriyle işbirliği yapmak zorundadır. Nihayetinde şirket için gelir ve kar yaratan, bu etkileşimli sistemler ve süreçler kompleksidir.

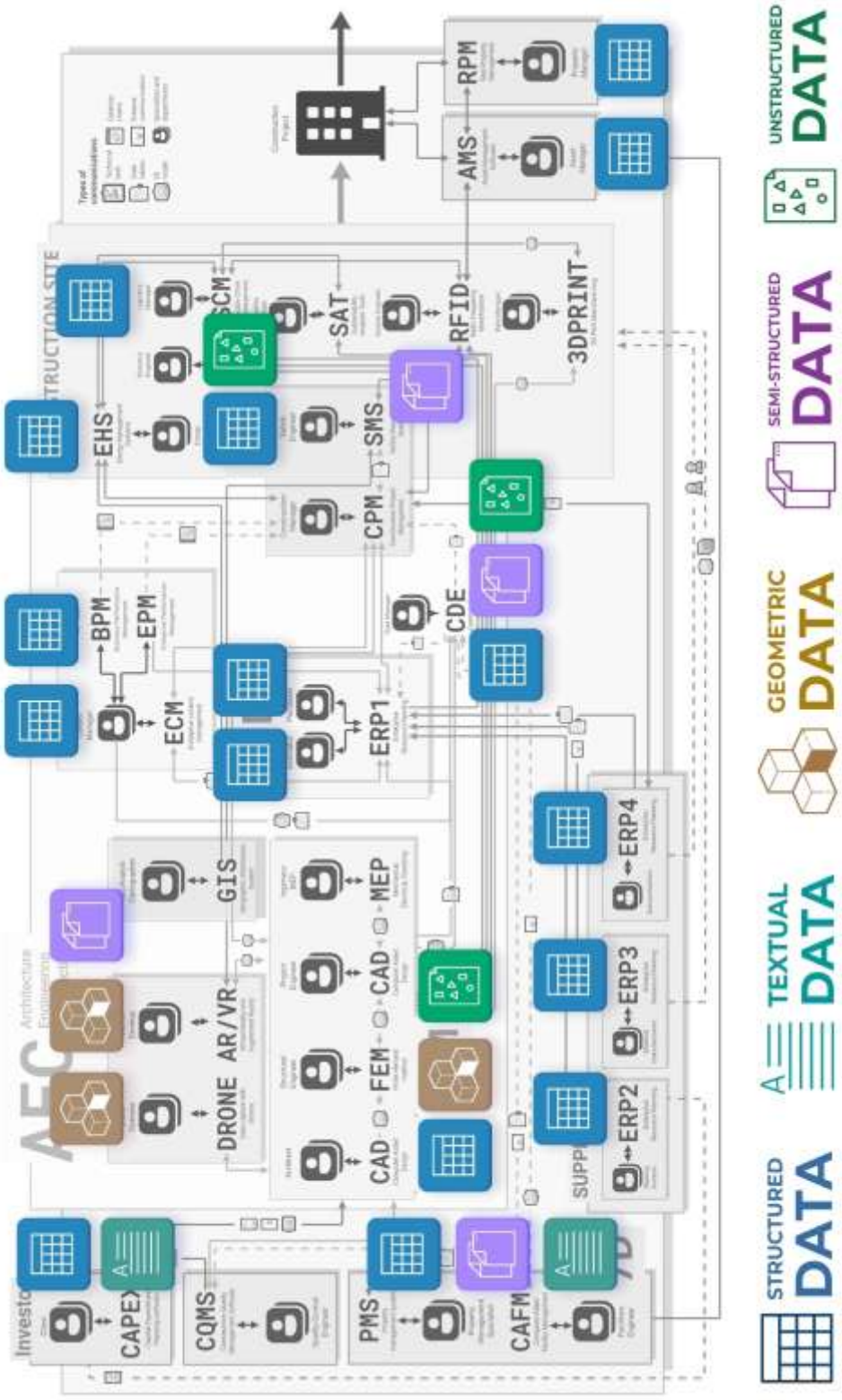


Şekil 3.2-1 İnşaat sektöründe kullanılan hemen hemen her sistem veya uygulamanın temelinde popüler RDBMS veritabanlarından biri bulunmaktadır.

Daha önce bahsedilen ve inşaat sektöründe uygulanan sistem kategorilerinin her biri, bu sistemlerin işlevsel rolüne karşılık gelen kendi veri türleriyle çalışır. Soyut seviyeden somut seviyeye geçmek için veri tiplerinden bunların format ve belge olarak temsiline geçiyoruz.

Daha önce verilen sistem listesine (Şekil 1.2-4), şimdi sıklıkla çalıştıkları belirli format ve belge türlerini ekliyoruz:

- **Yatırımcı (CAPEX)**
  - Mali veriler: bütçeler, harcama tahminleri (yapılandırılmış veriler).
  - Pazar eğilimi verileri: pazar analizleri (yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler).
  - Yasal ve sözleşmeye dayalı veriler: sözleşmeler (metin verileri).



Şekil 3.2-2 İnşaat sektörü, farklı veri türleriyle ilgilenen farklı arayüzlere sahip birçok sistem kullanmaktadır.

- **Yönetim sistemleri (PMS, CAFM, CQMS)**
  - Proje verileri: grafikler, görevler (yapılandırılmış veriler).
  - Tesis bakım verileri: bakım planları (metin ve yarı yapılandırılmış veriler).
  - Kalite kontrol verileri: standartlar, denetim raporları (metinsel ve yapılandırılmamış veriler).
- **CAD, FEM ve BIM**
  - Teknik çizimler: mimari, yapısal planlar (geometrik veriler, yapılandırılmamış veriler).
  - Bina modelleri: 3D -modeller, malzeme verileri (geometrik ve yarı yapılandırılmış veriler).
  - Mühendislik hesaplamaları: yük analizi (yapılandırılmış veriler).
- **Şantiye yönetim sistemleri (ÇSG, SCM)**
  - Güvenlik ve sağlık verileri: güvenlik protokolleri (metinsel ve yapılandırılmış veriler).
  - Tedarik zinciri verileri: envanterler, siparişler (yapılandırılmış veriler).
  - Günlük raporlar: çalışma saatleri, verimlilik (yapılandırılmış veriler).
- **Dronlar, AR/VR, GIS, 3D -printing**
  - Coğrafi veriler: topografik haritalar (geometrik ve yapılandırılmış veriler).
  - Gerçek zamanlı veriler: video ve fotoğraflar (yapılandırılmamış veriler).
  - 3D -printing için modeller: dijital çizimler (geometrik veriler).
- **Ek yönetim sistemleri (4D BPM, 5D ERP1)**
  - Zaman ve maliyet verileri: programlar, tahminler (yapılandırılmış veriler).
  - Değişiklik yönetimi: proje değişiklik kayıtları (metin ve yapılandırılmış veriler).
  - Performans raporlaması: başarı göstergeleri (yapılandırılmış veriler).
- **Veri entegrasyonu ve iletişim (CDE, RFID, AMS, RPM)**
  - Veri alışverişi: belge alışverişi, veri modelleri (yapılandırılmış ve metinsel veriler).
  - RFID ve izleme verileri: lojistik, varlık yönetimi (yapılandırılmış veriler).
  - İzleme ve kontrol: sahalardaki sensörler (yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler).

Bu nedenle, inşaat sektöründeki her sistem - saha yönetim sistemlerinden operasyonel veritabanlarına kadar - kendi bilgi türüyle çalışır: yapılandırılmış, metinsel, geometrik ve diğerleri. Profesyonellerin günlük olarak çalışmak zorunda oldukları "veri ortamı" son derece çeşitlidir. Bununla birlikte, formatların basit bir şekilde sıralanması, bilgi ile gerçek çalışmanın karmaşıklığını ortaya koymaz.

Uygulamada şirketler, sistemlerden alınsa bile verilerin "olduğu gibi" kullanılmaya hazır olmadığı gerçeğiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu durum özellikle standart araçlarla analiz edilmesi zor olan metinler, resimler, PDF'ler, CAD dosyaları ve diğer formatlar için geçerlidir. Bu nedenle bir sonraki kilit adım veri dönüşümüdür - bu süreç olmadan işleme, analiz, görselleştirme ve karar verme etkin bir şekilde otomatikleştirilemez.

Veri dönüşümü: modern iş analizinin kritik temeli

Günümüzde çoğu şirket kendini bir paradoksla karşı karşıya bulmaktadır: günlük süreçlerinin yaklaşık%80'i hala klasik yapılandırılmış verilere dayanmaktadır - tanıdık Excel elektronik tabloları ve

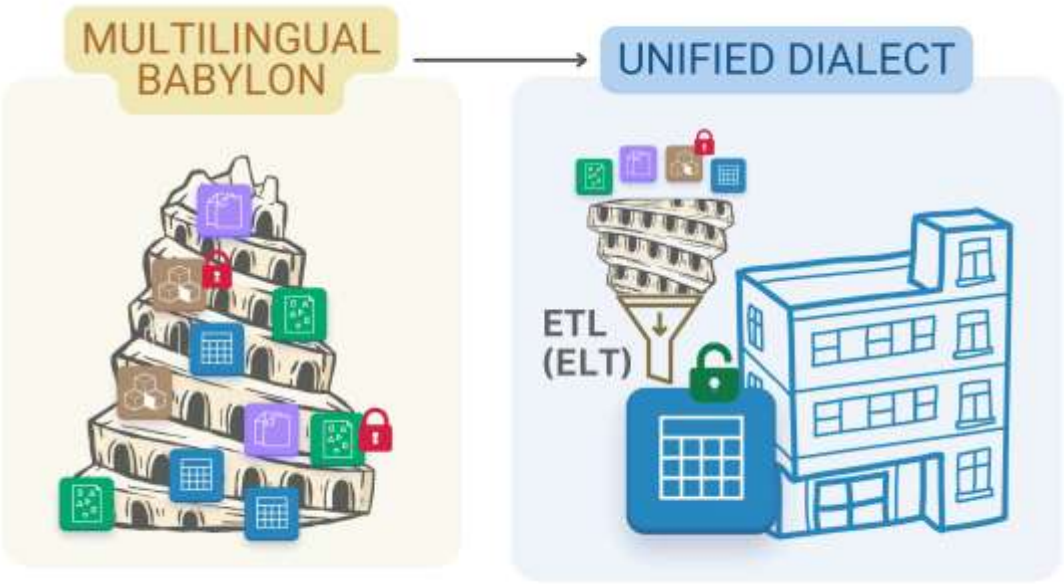
ilişkisel veritabanları (RDBMS) [66]. Ancak aynı zamanda şirketlerin dijital ekosistemine giren yeni bilgilerin%80'i yapılandırılmamış veya gevşek yapılandırılmıştır (Şekil 3.2-3) [52]. Buna metin, grafik, geometri, görüntü, CAD -modeller, PDF dokümantasyonu, ses ve video kayıtları, elektronik yazışmalar ve çok daha fazlası dahildir.

Dahası, yapılandırılmamış veri hacmi hızla artmaya devam etmektedir - yıllık büyüme oranının%55-65 olduğu tahmin edilmektedir [67]. Bu dinamikler, yeni bilgilerin mevcut iş süreçlerine entegre edilmesinde ciddi zorluklar yaratmaktadır. Bu çok formatlı veri akışının göz ardı edilmesi, bilgi boşluklarının oluşmasına yol açmakta ve şirketin tüm dijital ortamının yönetilebilirliğini azaltmaktadır.

Şekil 3.2-3 Yapılandırılmamış verilerdeki yıllık artış, bilgi akışının iş süreçlerine entegre edilmesinde zorluklar yaratmaktadır.

> Otomasyon süreçlerinde karmaşık yapılandırılmamış ve kafa karıştırıcı gevşek yapılandırılmış verilerin göz ardı edilmesi, bir şirketin bilgi ortamında önemli boşluklara yol açabilir. Günümüzün kontrol edilemeyen ve çığ gibi büyüyen bilgi hareketi dünyasında, şirketlerin her tür veriyle başa çıkmak için etkili yöntemler içeren hibrit bir veri yönetimi yaklaşımı benimsemeleri gerekir.

Etkili veri yönetiminin anahtarı farklı veri türlerini (yapılandırılmamış metinsel ve geometrik formatlar dahil olmak üzere yapılandırılmış veya gevşek yapılandırılmış veriler) düzenlemek yapılandırmak ve sınıflandırmaktır. Bu süreç, kaotik veri setlerini sistemlere entegrasyon için organize yapılara dönüştürür ve böylece bunlara dayalı karar verme sürecini mümkün kılar (Şekil 3.2-4).



Şekil 3.2-4 Veri yönetimi departmanlarının ana görevi, çeşitli ve çok formatlı verilerden oluşan "Babil "i yapılandırılmış ve kategorize edilmiş bir sisteme dönüştürmektir.

Bu tür bir uyumlaştırmanın önündeki en önemli engellerden biri, farklı dijital platformlar - önceki bölümlerde ele aldığımız 'silolar' - arasındaki düşük birlikte çalışabilirlik seviyesidir.

> Rapora göre, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST, ABD) farklı bina platformları arasındaki zayıf veri uyumluluğunun bilgi kaybına ve önemli ek maliyetlere yol açtığını vurgulamaktadır [68]. Sadece 2002 yılında, yazılım birlikte çalışabilirlik sorunları ABD sermaye inşaatında yılda 15.8 milyar dolarlık kayba neden olmuş ve bu kayıpların üçte ikisi özellikle işletme ve bakım sırasında bina sahipleri ve işletmecileri tarafından karşılanmıştır [68]. Çalışma ayrıca veri formatlarının standartlaştırılmasının bu kayıpları azaltabileceğini ve tesis yaşam döngüsü boyunca verimliliği artırabileceğini belirtmektedir.

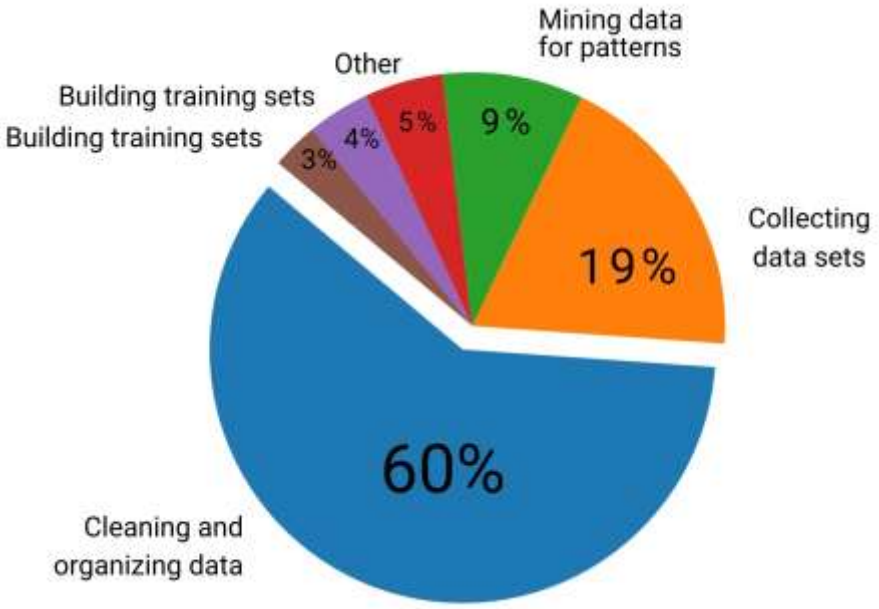
Dünya çapında 16.000 veri bilimciyi kapsayan 2016 CrowdFlower çalışmasına [69] göre, temel sorun "kirli" ve çok formatlı veriler olmaya devam etmektedir. Bu çalışmaya göre, en değerli kaynak nihai veri tabanları veya makine öğrenimi modelleri değil, bilgi hazırlamak için harcanan zamandır.

Temizleme, biçimlendirme ve düzenleme bir analistin ve veri yöneticisinin zamanının yüzde 60'ına kadarını alır. Neredeyse beşte biri, genellikle silolarda saklı olan ve analiz için erişilemeyen doğru veri setlerini aramak ve toplamak için harcanıyor. Ve zamanın sadece yaklaşık yüzde 9'u doğrudan modelleme, analiz, tahminlerde bulunma ve hipotezleri test etmeye harcanıyor. Geri kalanı ise iletişim kurmak, görselleştirmek, raporlamak ve destekleyici bilgi kaynaklarını araştırmak için harcanıyor

Ortalama olarak, yöneticinin veri çalışması aşağıdaki gibi dağıtılır (Şekil 3.2-5):

- **Verilerin** temizlenmesi **ve düzenlenmesi (%60):** temiz ve yapılandırılmış verilere sahip olmak analistinin çalışma süresini önemli ölçüde azaltabilir ve görevleri tamamlama sürecini hızlandırabilir.

- **Veri toplama (%19):** Veri bilimi uzmanları için en büyük zorluklardan biri ilgili veri kümelerini bulmaktır. Şirket verileri genellikle düzensiz bir şekilde organize edilmiş 'silolarda' istiflenmekte ve bu da ihtiyaç duydukları bilgilere erişimi zorlaştırmaktadır.
- **Modelleme/Makine Öğrenimi (%9):** Genellikle müşterilerin iş hedeflerinin net olmaması nedeniyle engellenir. Net bir misyon ifadesinin olmaması, en iyi modelin bile potansiyelini ortadan kaldırabilir.
- **Diğer görevler (%5):** Analistler, verileri işlemenin yanı sıra araştırma yapmak, verileri farklı açılardan incelemek, sonuçları görselleştirmeler ve raporlar aracılığıyla iletmek ve süreçlerin ve stratejilerin optimizasyonu için önerilerde bulunmak zorundadır.



Şekil 3.2-5 Verilerle çalışan veri yöneticileri en çok neye zaman harcıyor ([70]'e göre).

> Bu tahminler başka çalışmalar tarafından da desteklenmektedir. BizReport'ta 2015 yılında yayınlanan Xplenty araştırmasına göre [71], iş zekası (BI) profesyonellerinin zamanının%50 ila%90'ı (BI) analiz için veri hazırlamaya harcanmaktadır.

verilerinin temizlenmesi, doğrulanması ve düzenlenmesi, veri bilimcilerin zamanının%90'ına kadarını alan tüm sonraki veri ve analitik süreçleri için kritik bir temel oluşturur.

Son kullanıcı tarafından görülemeyen bu özenli emek çok önemlidir. Ham verilerdeki hatalar kaçınılmaz olarak analizleri bozar, yanıltıcıdır ve maliyetli yönetim hatalarına yol açabilir. Bu nedenle veri temizleme ve standardizasyon süreçleri - mükerrerlerin ortadan kaldırılması ve eksikliklerin doldurulmasından ölçüm birimlerinin uyumlaştırılması ve ortak bir modele hizalanmasına kadar - modern dijital stratejinin temel taşı haline gelmektedir.

Bu nedenle, verilerin kapsamlı bir şekilde dönüştürülmesi, temizlenmesi ve standartlaştırılması yalnızca uzmanların zamanının çoğunu (verilerle çalışmanın%80'ine kadarını) işgal etmekle kalmaz,

aynı zamanda modern iş süreçleri çerçevesinde etkin kullanım olasılığını da belirler. Ancak, veri organizasyonu ve temizliği tek başına bir şirketin bilgi akışlarının en iyi şekilde yönetilmesi görevini yerine getirmez. Organizasyon ve yapılandırma aşamasında, işlemenin sonraki aşamalarında bilgiyle çalışmanın rahatlığını ve verimliliğini doğrudan etkileyen uygun bir veri modelinin seçimi söz konusu olur.

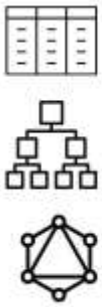
Veri ve iş hedefleri farklı olduğundan, veri modellerinin özelliklerini anlamak ve doğru yapıyı seçebilmek veya oluşturabilmek önemlidir. Yapılandırma derecesine ve unsurlar arasındaki ilişkilerin tanımlanma şekline bağlı olarak üç ana model vardır: yapılandırılmış, gevşek yapılandırılmış ve grafiksel. Her biri farklı görevler için uygundur ve kendi güçlü ve zayıf yönleri vardır.

Veri modelleri: verilerdeki ilişkiler ve öğeler arasındaki ilişkiler

Bilgi sistemlerindeki veriler, bilginin depolanması, işlenmesi ve iletilmesine yönelik görev ve gereksinimlere bağlı olarak farklı şekillerde düzenlenir. Bilginin depolandığı biçim olan veri modellerinin türleri arasındaki temel fark, yapılandırma derecesi ve öğeler arasındaki ilişkilerin tanımlanma şeklidir.

> Yapılandırılmış veriler açık ve tekrarlanabilir bir şemaya sahiptir: sabit sütunlara sahip tablolar olarak düzenlenmiştir. Bu format, SQL sorguları, filtreleme ve toplama işlemleri gerçekleştirilirken öngörülebilirlik, işleme kolaylığı ve verimlilik sağlar. Örnekler - veritabanları (RDBMS), Excel, CSV.

Gevşek yapılandırılmış veri esnek yapıya izin verir: farklı öğeler farklı nitelikler içerebilir ve hiyerarşiler olarak saklanabilir. Örnekler JSON, XML veya diğer belge formatlarıdır. Bu veriler, iç içe geçmiş nesneleri ve aralarındaki ilişkileri modellemek gerektiğinde kullanışlıdır, ancak diğer yandan veri analizini ve standardizasyonu zorlaştırır (Şekil 3.2-6).



Data Model	Storage Format	Example
Relational	CSV, SQL	A table of doors in Excel
Hierarchical	JSON, XML	Nested door objects inside a room
Graph-based	RDF, GraphDB	Relationships between building elements

Şekil 3.2-6 Veri modeli, verilerin bir sistemde nasıl düzenlendiğini, saklandığını ve işlendiğini açıklayan mantıksal bir yapıdır.

Uygun formatın seçimi hedeflere bağlıdır:

- Filtreleme ve analiz hızı önemliyse - ilişkisel tablolar (SQL, CSV, RDBMS, sütunlu veritabanları) yeterli olacaktır.
- Yapı esnekliği gerekiyorsa - JSON veya XML kullanmak daha iyidir.
- Veriler karmaşık ilişkilere sahipse grafik veritabanları görünürlük ve ölçeklenebilirlik sağlar.

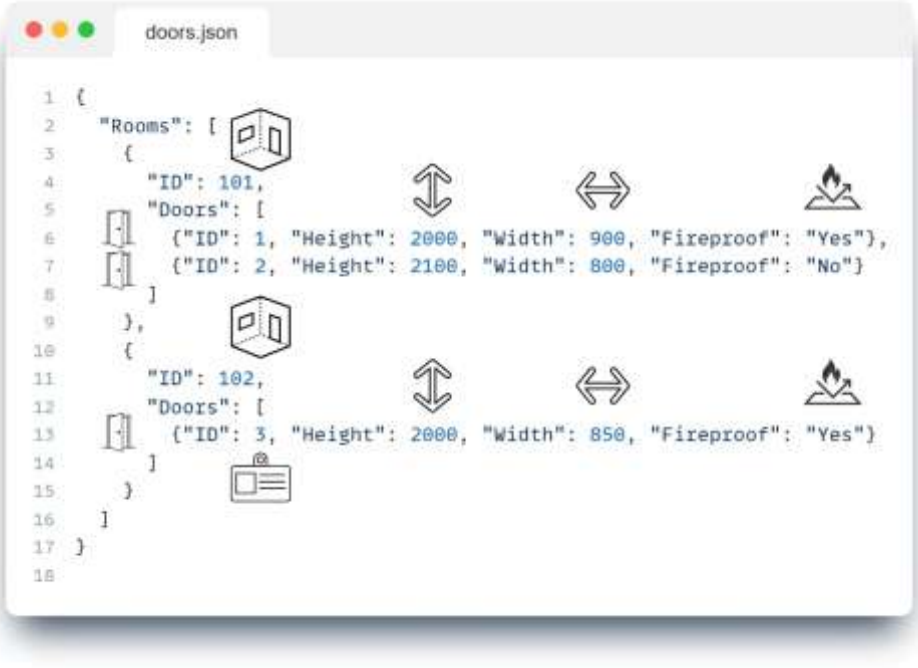
Klasik ilişkisel veri tabanlarında (RDBMS), her bir varlık (örneğin bir kapı) bir satırla ve özellikleri de tablo sütunlarıyla temsil edilir. Örneğin, "Kapılar" kategorisindeki öğelerden oluşan bir tablo ID, Yükseklik, Genişlik, Yangın Dayanımı ve odayı gösteren Oda ID alanlarını içerebilir (Şekil 3.2-7).

Klasik ilişkisel veritabanlarında (RDBMS) ilişkiler, her kaydın bir nesneyi temsil ettiği ve sütunların parametrelerini temsil ettiği tablolar şeklinde oluşturulur. Tablo formatında, projedeki kapılarla ilgili veriler şu şekildedir: her satır ayrı bir öğeyi temsil eder - benzersiz tanımlayıcısı ve nitelikleri olan bir kapı ve oda ile bağlantı "Oda Kimliği" parametresi aracılığıyla gerçekleştirilir.

Door ID	Room ID	Height (mm)	Width (mm)	Fireproof
ID1001	101	2000	900	Yes
ID1002	101	2100	800	No
ID1003	102	2000	850	Yes

Şekil 3.2-7 Projenin "Kapılar" kategorisinin üç unsuru hakkında tablo şeklinde yapılandırılmış bilgiler.

JSON veya XML gibi gevşek yapılandırılmış formatlarda veriler, öğelerin başka nesneler içerebileceği ve yapılarının değişebileceği hiyerarşik veya iç içe geçmiş bir biçimde saklanır. Bu, öğeler arasındaki karmaşık ilişkilerin modellenmesine olanak tanır. Projede yapılandırılmış biçimde kaydedilen kapılarla ilgili benzer bilgiler (Şekil 3.2-7), gevşek yapılandırılmış bir formatta (JSON), mantıksal olarak hiyerarşiyi yansıtan Odalar (Odalar - ID) içinde iç içe geçmiş nesneler haline gelecek şekilde (Şekil 3.2-8) temsil edilmektedir.



Şekil 3.2-8 JSON formatında projenin "Kapılar" kategorisinin unsurları hakkında bilgi.

Bir grafik modelinde, veriler düğümler (köşeler) ve aralarındaki bağlantılar (kenarlar) olarak temsil edilir. Bu, nesneler ve nitelikleri arasındaki karmaşık ilişkileri görselleştirmenize olanak tanır. Projedeki kapı ve oda verileri söz konusu olduğunda, adresinin grafik gösterimi aşağıdaki gibidir:

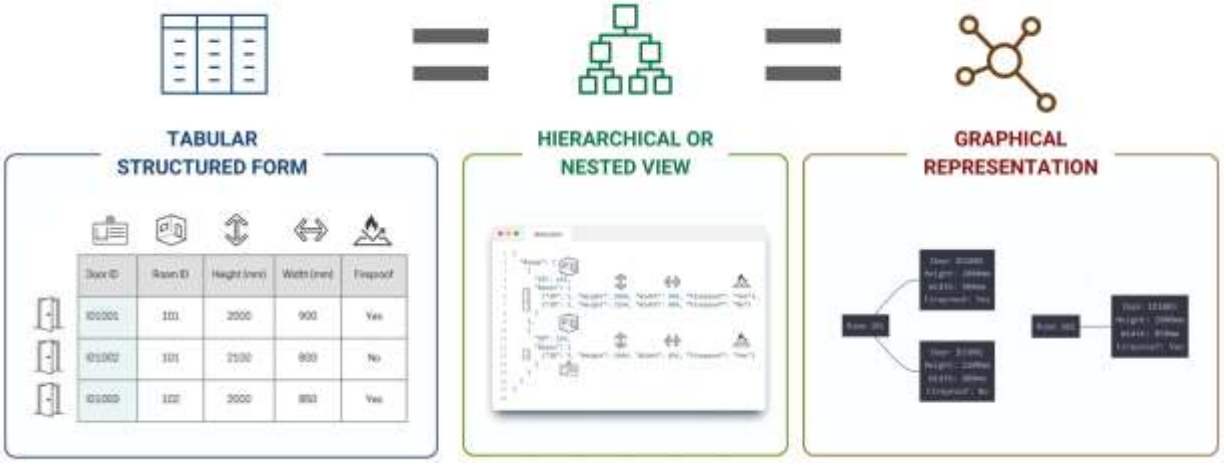
- **Düğümler (nodes**) ana varlıkları temsil eder: odalar (Oda 101, Oda 102) ve kapılar (ID1001, ID1002, ID1003)
- **Kaburgalar (bağlantılar**) bu varlıklar arasındaki ilişkileri gösterir, örneğin bir kapının belirli bir odaya ait olması gibi
- **Öznitelikler** düğümlerle eşleştirilir ve varlık özelliklerini içerir (yükseklik, genişlik, kapılar için yangına dayanıklılık)

Şekil 3.2-9 Grafik görünümünde proje kapısı varlık bilgileri.

Kapı tanımlamasının çizge veri modelinde, her oda ve her kapı ayrı düğümlerdir. Kapılar, kapının belirli bir odaya ait olduğunu gösteren kenarlar aracılığıyla odalara bağlanır. Kapıların nitelikleri (yükseklik, genişlik, yangına dayanıklılık) ilgili düğümlerin özellikleri olarak saklanır. Çizge formatları hakkında daha fazla ayrıntı ve çizge semantiğinin inşaat sektöründe nasıl ortaya çıktığı "İnşaatta semantiğinin ve ontolojisinin ortaya çıkışı" bölümünde ele alınacaktır.

Çizge veritabanları örneğin tavsiye sistemleri, yönlendirme sistemleri veya tesis yönetimi projelerinde karmaşık ilişkilerin modellenmesi gibi verilerin kendisinden ziyade veriler arasındaki ilişkilerin önemli olduğu durumlarda etkilidir. Graf formatı, depolama yapısını değiştirmeden grafiğe yeni veri türlerinin eklenmesine izin vererek yeni ilişkilerin oluşturulmasını kolaylaştırır. Bununla birlikte, ilişkisel tablolar ve yapılandırılmış formatlarla karşılaştırıldığında, bir grafikte ek veri bağlantısı yoktur - iki boyutlu veritabanı verilerinin bir grafiğe aktarılması, ilişki sayısını artırmaz ve yeni bilgi sağlamaz.

> Verilerin biçimi ve şeması, özel kullanım durumuna ve gerçekleştirilecek görevlere göre uyarlanmalıdır. İş süreçlerinde etkili bir şekilde çalışmak için, mümkün olduğunca hızlı ve kolay bir şekilde sonuç almaya yardımcı olan araçları ve veri modellerini kullanmak önemlidir.



Şekil 3.2-10 Proje unsurları hakkındaki aynı bilgiler farklı veri modelleri kullanılarak farklı formatlarda saklanabilir.

> Günümüzde çoğu büyük şirket aşırı veri karmaşıklığı sorunuyla karşı karşıyadır. Yüzlerce veya binlerce uygulamanın her biri kendi veri modelini kullanmakta ve bu da aşırı karmaşıklık yaratmaktadır - tek bir model genellikle gerekenden onlarca kat daha karmaşıktır ve tüm modellerin toplamı binlerce kat daha karmaşıktır. Bu aşırı karmaşıklık hem geliştiricilerin hem de son kullanıcıların çalışmalarını önemli ölçüde engellemektedir.

Bu karmaşıklık, şirketin sistemlerinin geliştirilmesi ve bakımı üzerinde ciddi sınırlamalar getirmektedir. Modeldeki her yeni unsur ek kod, yeni mantığın uygulanması, kapsamlı testler ve mevcut çözümlere

adaptasyon gerektirir. Tüm bunlar maliyetleri artırır ve şirketteki otomasyon ekibinin çalışmalarını yavaşlatarak basit görevleri bile maliyetli ve zaman alıcı süreçlere dönüştürür.

Karmaşıklık, veri mimarisinin tüm seviyelerini etkiler. İlişkisel veritabanlarında, genellikle gereksiz olan tablo ve sütun sayısının artmasıyla ifade edilir. Nesne yönelimli sistemlerde karmaşıklık, sınıfların ve birbiriyle ilişkili özelliklerin çokluğu ile artar. XML veya JSON gibi formatlarda karmaşıklık, kafa karıştırıcı iç içe geçmiş yapılar, benzersiz anahtarlar ve tutarsız şemalarla kendini gösterir.

> Veri modellerinin aşırı karmaşıklığı, sistemleri sadece daha az verimli hale getirmekle kalmaz, aynı zamanda son kullanıcılar ve gelecekte büyük dil modelleri ve LLM ajanları tarafından anlaşılmasını da zorlaştırır. Veri modellerinin ve veri işlemenin anlaşılması ve karmaşıklığı sorunu şu soruyu gündeme getirmektedir: Verilerin kullanımı, gerçekten hızlı bir şekilde faydalı olmaya başlayacak kadar nasıl kolay hale getirilir?

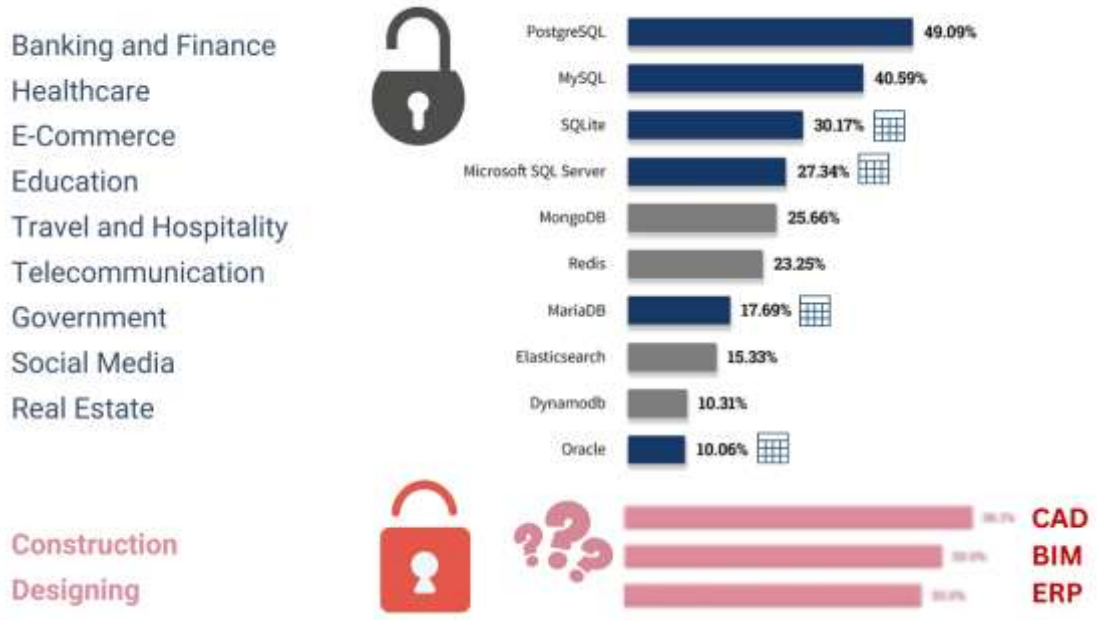
Veri modelleri akıllıca seçilse bile, verilere erişim kısıtlandığında kullanışlılıkları önemli ölçüde azalır. Tescilli formatlar ve kapalı platformlar entegrasyonu engeller, otomasyonu zorlaştırır ve tescilli bilgilerin kontrolünü ortadan kaldırarak sadece yeni verilerden oluşan bir silo değil, aynı zamanda sadece satıcının izniyle erişilebilen kilitli bir silo yaratır. Sorunun boyutunu anlamak için kapalı sistemlerin inşaat sektöründeki dijital süreçleri tam olarak nasıl etkilediğini göz önünde bulundurmak önemlidir.

Tescilli formatlar ve bunların dijital süreçler üzerindeki etkisi

İnşaat şirketlerinin dijitalleşme sürecinde karşılaştığı en önemli zorluklardan biri verilere sınırlı erişimdir. Bu durum sistemlerin entegrasyonunu zorlaştırmakta, bilgi kalitesini düşürmekte ve verimli süreçlerin organize edilmesini zorlaştırmaktadır. Tescilli formatların ve kapalı yazılım çözümlerinin kullanımı genellikle bu zorlukların temelini oluşturmaktadır.

Ne yazık ki, şimdiye kadar inşaat sektöründe kullanılan birçok program, kullanıcının verileri yalnızca tescilli formatlarda veya bulut depolama alanında kaydetmesine izin veriyordu ve bunlara yalnızca son derece sınırlı arayüzler aracılığıyla erişilebiliyordu. Ve bu çözümlerin daha büyük satıcıların daha da kapalı sistemlerine bağlı olarak inşa edilmesi nadir değildir. Sonuç olarak, daha açık mimariler sunmak isteyen geliştiriciler bile büyük tedarikçiler tarafından dikte edilen kurallara uymak zorunda kalmaktadır.

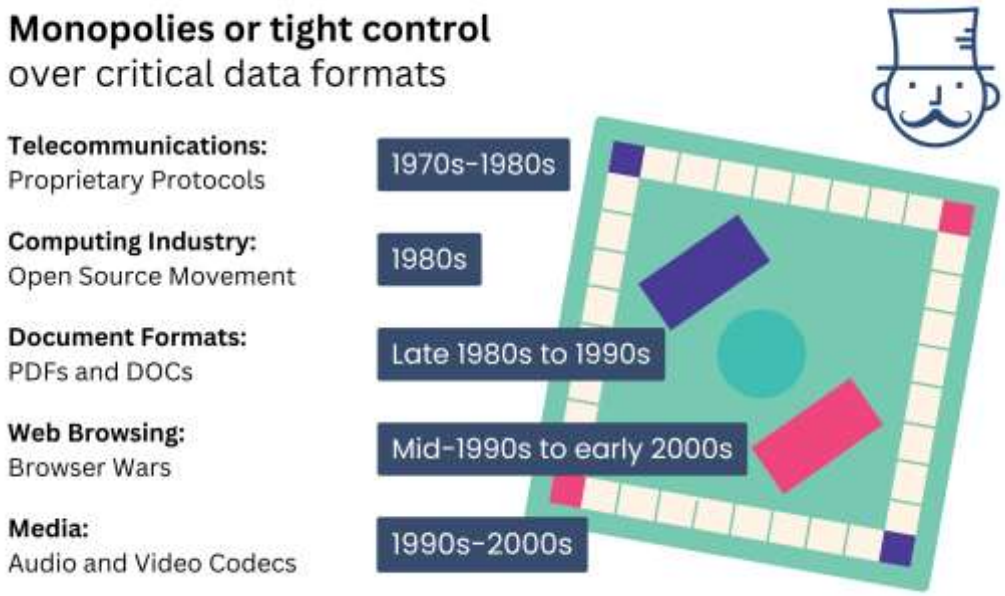
> Modern inşaat veri yönetimi sistemleri açık formatları ve standartları giderek daha fazla desteklerken (Şekil 3.1-5), CAD (BIM)tabanlı veritabanları ve ilgili ERP ve CAFM sistemleri sektörün dijital manzarasında izole edilmiş özel "adalar" olarak kalmaktadır (Şekil 3.2-11).



Şekil 3.2-11 Verilerin kapalı ve tescilli yapısı, veri entegrasyonu ve erişimi önünde engeller yaratmaktadır.

Kapalı ve tekelleşmiş formatlar ve protokoller sadece inşaat sektörü için bir sorun değildir. Ekonominin birçok sektöründe, kapalı standartlar ve verilere sınırlı erişimle mücadele, inovasyonun yavaşlaması (Şekil 3.2-12), yeni oyuncular için girişte yapay engellerin varlığı ve büyük tedarikçilere bağımlılığın derinleşmesiyle başlamıştır. Verinin öneminin hızla artmasıyla birlikte, rekabet otoritelerinin yeni dijital pazarların ortaya çıkardığı zorluklara yanıt verecek zamanı kalmamıştır ve sonuç olarak, kapalı formatlar ve veriye kısıtlı erişim, bilgi akışını ve büyümeyi dijital "sınırlar" haline gelmiştir [63].

> *İhtiyacımız olan her şeyi makineler üretiyorsa, o zaman durumumuz bu malların nasıl dağıtıldığına bağlı olacaktır. Herkes ancak makineler tarafından üretilen zenginlik paylaşılırsa refah içinde bir yaşamın tadını çıkarabilecektir. Ya da araba sahipleri servetin yeniden dağıtılmasına karşı başarılı bir lobi faaliyeti yürütebilirse, çoğu insan sefalet içinde yaşamaya devam edecektir. Şimdiye kadar işler ikinci yönde ilerliyor gibi görünüyor; teknoloji giderek daha büyük bir eşitsizliğe yol açıyor [72].*
>
> - Stephen Hawking, astrofizikçi, 2015



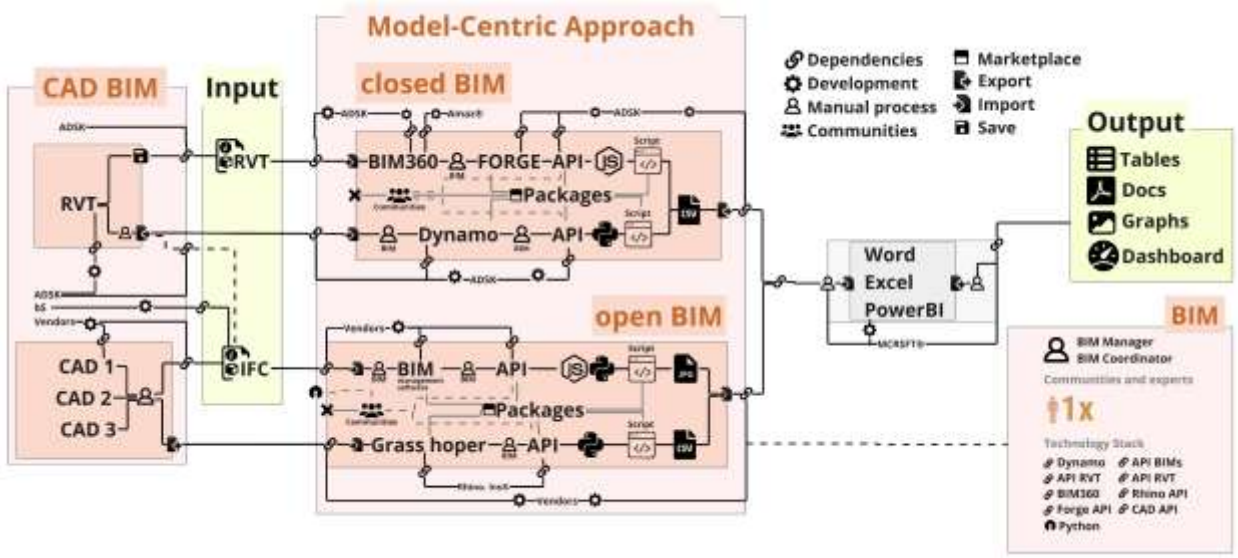
Şekil 3.2-12 Temel veri formatları ve protokolleri üzerindeki tekel sahipliği inşaat sektörüne özel bir sorun değildir.

Sonuç olarak, veri tabanlarına kapalı erişim nedeniyle programları, veri yöneticileri, veri analistleri, BT uzmanları ve inşaat sektöründe veri erişimi, işleme ve otomasyon için uygulamalar yaratan geliştiriciler bugün yazılım satıcılarına çok sayıda bağımlılıkla karşı karşıyadır (Şekil 3.2-13). Ek erişim katmanları şeklindeki bu bağımlılıklar, özel API -bağlantıları ve özel araçlar ve yazılımlar ile çözümler oluşturulmasını gerektirmektedir.

> Bir API (Uygulama Programlama Arayüzü), bir programın diğeriyle etkileşime girebileceği, kaynak koduna erişmek zorunda kalmadan veri ve işlevsellik alışverişinde bulunabileceği resmileştirilmiş bir arayüzdür. Bir API, harici bir sistemin hangi isteklerde bulunabileceğini, bunların hangi formatta olması gerektiğini ve hangi yanıtları alacağını açıklar. Yazılım modülleri arasında standartlaştırılmış bir "sözleşme "dir.

Kapalı çözümlere olan çok sayıda bağımlılık, bir şirketteki tüm kod mimarisinin ve iş süreci mantığının, yazılım satıcısının verilere kaliteli erişim sağlama politikasına bağlı araçlardan oluşan bir "spagetti mimarisi" haline gelmesine neden olur.

Kapalı çözümlere ve platformlara bağımlılık sadece esneklik kaybına değil, aynı zamanda gerçek iş risklerine de yol açar. Lisans koşullarının değiştirilmesi, verilere erişimin kapatılması, formatların veya API yapısının değiştirilmesi - tüm bunlar kritik süreçleri engelleyebilir. Birdenbire bir tablonun güncellenmesinin tüm bir entegrasyon ve konektörler bloğunun yeniden çalışmasını gerektirdiği ortaya çıkar (Şekil 3.2-13) ve yazılımın veya API satıcısının büyük ölçekli herhangi bir güncellemesi tüm şirket sisteminin istikrarı için potansiyel bir tehdit haline gelir.



Şekil 3.2-13 CAD işlemede çok sayıda bağımlılığa bir örnek -veri, inşaat şirketlerinin ekosisteminde veri entegrasyonunun önünde engeller oluşturmaktadır.

> Bu tür koşullarda geliştiriciler ve sistem mimarları beklenti için değil, hayatta kalmak için çalışmak zorunda kalırlar. Yeni çözümler uygulamak yerine uyum sağlarlar. Geliştirmek yerine uyumluluğu korumaya çalışırlar. Süreçleri otomatikleştirmek ve hızlandırmak yerine, zamanlarını bir sonraki kapalı arayüzleri, API dokümantasyonunu ve sonsuz kod yeniden oluşturmayı incelemek için harcarlar.

Kapalı formatlar ve sistemlerle çalışmak sadece teknik bir zorluk değil, aynı zamanda stratejik bir kısıtlamadır. Modern otomasyon, yapay zeka, LLM ve tahmine dayalı analitik tarafından sunulan bariz fırsatlara rağmen, birçok şirket tam potansiyellerini gerçekleştirememektedir. Tescilli formatların oluşturduğu engeller (Şekil 3.2-13) işletmelerin kendi verilerine erişimini engellemektedir. Bu belki de inşaat sektöründeki dijital dönüşümün ironisidir.

> Veri şeffaflığı ve açık sistemler bir lüks değil, hız ve verimlilik için bir ön koşuldur. Açıklık olmadan, iş süreçleri gereksiz bürokrasi, çok katmanlı onay zincirleri ve HiPPO ilkesine giderek artan bir bağımlılıkla doludur - en yüksek maaşlı kişinin görüşüne dayalı kararlar almak.

Bununla birlikte, ufukta bir paradigma değişimi şekilleniyor. Tescilli çözümlerin hakimiyetine rağmen, giderek daha fazla şirket Dördüncü Sanayi Devrimi'nden ilham alan mimarilerin sınırlarının farkına varıyor. Bugün vektör, stratejik bir varlık olarak verinin, açık arayüzlerin (API'ler) ve sistemler arasında gerçek birlikte çalışabilirliğin merkezde olduğu Beşinci Devrim ilkelerine doğru kayıyor.

Bu geçiş, kapalı ekosistemlerden açık formatların, standartların ve şeffaf veri alışverişinin kilit öneme sahip olduğu esnek, modüler dijital mimarilere doğru bir geçişe işaret etmektedir.

Açık formatlar dijitalleşme yaklaşımını değiştiriyor

İnşaat sektörü, kapalı ve tescilli veri sorununu en son ele alan sektörlerden biri olmuştur. Ekonominin diğer sektörlerinin aksine burada dijitalleşme yavaş gelişmiştir. Bunun nedenleri arasında sektörün geleneksel muhafazakar yapısı, farklı yerel çözümlerin yaygınlığı ve kağıt tabanlı belge yönetiminin köklü doğası yer almaktadır. On yıllar boyunca, temel inşaat süreçleri fiziksel çizimlere, telefon görüşmelerine ve senkronize olmayan veri tabanlarına dayanmıştır. Bu bağlamda, kapalı formatlar uzun süredir bir engelden ziyade norm olarak algılanmaktadır.

Diğer sektörlerden elde edilen deneyimler, kapalı verilerin önündeki engellerin kaldırılmasının inovasyonda artışa, gelişimin hızlanmasına ve rekabetin artmasına yol açtığını göstermektedir [73]. Bilimde, açık veri alışverişi keşifleri hızlandırmaya ve uluslararası işbirliğini geliştirmeye olanak tanır. Tıpta, teşhis ve tedavinin verimliliğini artırabilir. Yazılım mühendisliğinde - birlikte yaratma ve hızlı ürün geliştirme ekosistemleri oluşturmak için.

> McKinsey raporuna göre "Açık Veri: Bilgi Akışıyla İnovasyon ve Üretkenliğin Kilidini Açın" 2013. [74], açık veri inşaat, ulaştırma, sağlık ve enerji dahil olmak üzere yedi kilit sektörde yılda 3 ila 5 trilyon $'ın kilidini açma potansiyeline sahiptir. Aynı çalışmaya göre, merkezi olmayan veri ekosistemleri, büyük inşaat şirketlerinin ve yüklenicilerin yazılım geliştirme ve bakım maliyetlerini azaltmalarını sağlayarak dijitalin benimsenmesini hızlandırmaktadır.

Ekonominin diğer sektörlerinde uzun süredir başlayan açık mimarilere geçiş, giderek inşaat sektörüne de yayılıyor. Büyük şirketler ve kamu müşterileri, özellikle de inşaat projelerindeki yatırımları kontrol eden finansal kuruluşlar, açık veri kullanımını ve hesaplamaların, hesaplamaların ve uygulamaların kaynak koduna erişimi giderek daha fazla talep ediyor. Geliştiricilerden artık sadece dijital çözümler yaratmaları ve bir projenin nihai rakamlarını göstermeleri beklenmiyor - şeffaf, tekrarlanabilir ve üçüncü taraf uygulama satıcılarından bağımsız olmaları bekleniyor.

> Açık kaynak çözümlerinin kullanılması müşteriye, harici geliştiriciler işbirliğini bıraksa veya projeden ayrılsa bile, bunun araç ve sistemleri daha da geliştirme yeteneğini etkilemeyeceği konusunda güven sağlar. Açık verinin temel faydalarından biri, uygulama geliştiricilerin verilere erişmek için belirli platformlara olan bağımlılığını ortadan kaldırma yeteneğidir.

Bir şirket tescilli çözümleri tamamen terk edemiyorsa, olası bir uzlaşma tersine mühendislik tekniklerinin kullanılmasıdır. Bu yasal ve teknik açıdan sağlam yöntemler kapalı formatların daha erişilebilir, yapılandırılmış ve entegrasyona uygun hale dönüştürülmesini sağlar. Bu, özellikle eski sistemlere bağlanma veya bilgileri bir yazılım ortamından diğerine taşıma ihtiyacı olduğunda önemlidir.

> İnşaatta açık formatlara geçiş ve tersine mühendislik (tescilli sistemlerin yasal olarak hacklenmesi) uygulamalarının tarihindeki en parlak örneklerden biri, bilgisayar destekli tasarım sistemlerinde (CAD) yaygın olarak kullanılan DWG formatının açılması için verilen mücadelenin tarihidir. 1998 yılında, bir yazılım satıcısının tekeline tepki olarak, diğer 15 CAD satıcısı, geliştiricilere özel yazılım veya kapalı API'lere ihtiyaç duymadan DWG formatıyla (çizim aktarımı için fiili standart) çalışmak için ücretsiz ve bağımsız araçlar sağlamak üzere "Open DWG" adlı yeni bir ittifak kurdu. Bu olay, 1980'lerin sonlarından günümüze kadar on binlerce şirketin popüler bir CAD çözümünün kapalı formatına ücretsiz erişim sağlamasına ve CAD pazarında rekabeti teşvik eden uyumlu çözümler oluşturmasına olanak tanıyan bir dönüm noktası olmuştur [75]. Bugün, ilk olarak 1996 yılında oluşturulan "Open DWG" SDK, DWG formatı geliştiricisinin resmi uygulaması dışında, DWG formatını içe aktarmanın, düzenlemenin ve dışa aktarmanın mümkün olduğu neredeyse tüm çözümlerde kullanılmaktadır.

Diğer teknoloji devleri de benzer dönüşümleri zorluyor. Bir zamanlar tescilli yaklaşımın sembolü olan Microsoft,.NET Framework kaynak kodunu açtı, Azure bulut hizmeti altyapısında Linux kullanmaya başladı ve Açık Kaynak topluluğundaki konumunu güçlendirmek için GitHub'ı satın aldı. [76]. Meta (eski adıyla Facebook), yapay zeka aracılarının geliştirilmesinde inovasyonu ve işbirliğini teşvik etmek için Llama serisi gibi açık kaynaklı yapay zeka modellerini yayınladı. CEO Mark Zuckerberg, açık kaynaklı platformlarının önümüzdeki on yıl içinde teknolojik ilerlemelere öncülük edeceğini öngörmektedir [77].

> Açık Kaynak kaynak kodunun ücretsiz kullanım, çalışma, değişiklik ve dağıtım için açık olduğu bir yazılım geliştirme ve dağıtım modelidir.

Açık veri ve açık kaynak çözümleri sadece bir trend değil, dijital sürdürülebilirliğin temeli haline geliyor. Şirketlere esneklik, dayanıklılık, kendi kararları üzerinde kontrol ve tedarikçi politikalarına bağlı kalmadan dijital süreçleri ölçeklendirme becerisi kazandırıyorlar. Ve en az bunlar kadar önemlisi, işletmelere 21. yüzyılın en değerli kaynağı olan verileri üzerindeki kontrolü geri veriyor.

Paradigma Değişimi: Yazılım Satıcısı Hakimiyeti Döneminin Sonu Olarak Açık Kaynak

İnşaat sektörü, alışılagelmiş şekilde para kazanılamayacak bir değişim geçiriyor. Veri odaklı, veri merkezli yaklaşım kavramı ve Açık Kaynak araçlarının kullanımı, pazarın yazılım devlerinin üzerinde durduğu oyunun kurallarının yeniden düşünülmesine yol açıyor.

> Önceki teknoloji dönüşümlerinin aksine, bu geçiş satıcılar tarafından aktif olarak desteklenmeyecektir. Paradigma değişimi, lisanslama, abonelik ve danışmanlığa dayalı geleneksel iş modellerini tehdit etmektedir. Yeni gerçeklik, kullanıma hazır bir ürün ya da ücretli bir abonelik içermiyor; süreçlerin ve düşüncenin yeniden düzenlenmesini gerektiriyor.

Açık teknolojilere dayalı veri merkezi çözümlerini yönetmek ve geliştirmek için şirketlerin şirket içi süreçleri yeniden düşünmesi gerekecek. Farklı departmanlardan uzmanların yalnızca işbirliği yapması değil, aynı zamanda birlikte nasıl çalışacaklarını da yeniden düşünmeleri gerekecektir.

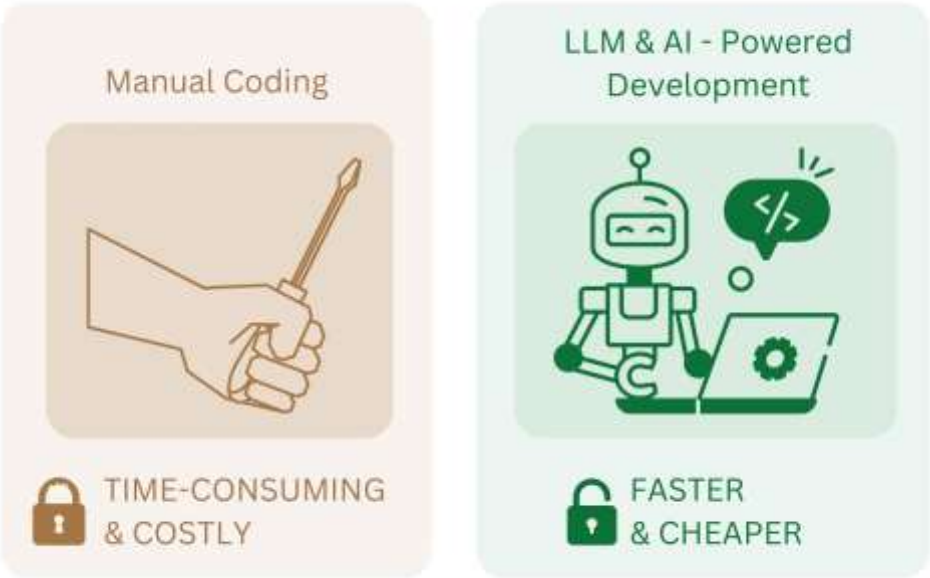
Yeni paradigma, programcılar yerine yapay zeka ve büyük dil modellerine (LLM) dayalı araçların yazılım kodu oluşturmada özel bir rol oynayacağı açık veri ve Açık Kaynak çözümlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Daha 2024'ün ortalarında, Google'daki yeni kodun yüzde 25'inden fazlası yapay zeka ile oluşturulmuştur [78]. Gelecekte, LLM'lerle kodlama, işin%80'ini zamanın sadece%20'sinde yapacaktır (Şekil 3.2-14).

> McKinsey'in 2020 çalışmasına [79] göre, GPU'lar yüksek performansları ve modern Açık Kaynak araçları tarafından desteklenmeleri nedeniyle analitikte giderek CPU'ların yerini almaktadır. Bu, şirketlerin pahalı yazılımlara önemli yatırımlar yapmadan veya az sayıda uzmanı işe almadan veri işlemeyi hızlandırmasına olanak tanıyor.

McKinsey, PwC ve Deloitte gibi önde gelen danışmanlık firmaları, açık standartların ve Açık Kaynak uygulamalarının sektörler genelinde artan önemini vurgulamaktadır.

> PwC Open Source Monitor 2019 raporuna göre [80], 100 veya daha fazla çalışanı olan şirketlerin%69'u bilinçli olarak Açık Kaynak çözümleri kullanmaktadır. OSS özellikle büyük şirketlerde aktif olarak kullanılmaktadır: 200-499 çalışanı olan şirketlerin%71'i, 500-1999 çalışan kategorisinde%78'i ve 2000'den fazla çalışanı olan şirketler arasında%86'ya kadar çıkmaktadır. Synopsys OSSRA 2023 raporuna göre, analiz edilen kod tabanlarının%96'sı açık kaynaklı bileşenler [81].

Gelecekte geliştiricinin rolü manuel olarak kod yazmak değil, veri modelleri, akış mimarileri tasarlamak ve talep üzerine doğru hesaplamaları oluşturan yapay zeka ajanlarını yönetmek olacaktır. Kullanıcı arayüzleri minimalistleşecek ve etkileşim diyalog tabanlı hale gelecektir. Klasik programlama yerini üst düzey tasarıma ve dijital çözümlerin orkestrasyonuna bırakacaktır (Şekil 3.2-14). Düşük kodlu platformlar (Şekil 7.4-6) ve LLM destekli ekosistemler (Şekil 7.4-4) gibi mevcut eğilimler, BT sistemlerinin geliştirilmesi ve sürdürülmesinin maliyetini önemli ölçüde azaltacaktır.



Şekil 3.2-14 Günümüzde uygulamalar programcılar tarafından manuel olarak oluşturulurken, gelecekte kodun önemli bir kısmı yapay zeka ve LLM tabanlı çözümler tarafından oluşturulacaktır.

Bu geçiş daha öncekilerden farklı olacak ve büyük yazılım satıcılarının katalizör olması pek olası değil.

> Harvard Business School çalışması "The Value of Open Source Software" 2024 [40], açık kaynak yazılımın toplam değeri iki açıdan tahmin edilmektedir. Bir yandan, mevcut tüm Açık Kaynak çözümlerini sıfırdan inşa etmenin ne kadar tutacağını hesaplarsak, bu miktar yaklaşık 4,15 milyar dolar olacaktır. Öte yandan, her şirketin mevcut araçlara erişimi olmadan kendi Açık Kaynak çözümlerinin benzerlerini kendi başına geliştirdiğini düşünürsek (ki bu her yerde olmaktadır), o zaman toplam iş maliyeti 8.8 trilyon $ gibi muazzam bir rakama ulaşacaktır - bu talebin maliyetidir.

> Hiçbir büyük yazılım satıcısının, potansiyel değeri 8,8 trilyon dolar olan bir yazılım pazarını sadece 4,15 milyar dolara düşürmekle ilgilenmediğini tahmin etmek zor değil. Bu, talep hacminin 2.000 kattan daha fazla azaltılması anlamına gelecektir. Böyle bir dönüşüm, iş modelleri yıllarca kapalı çözümlere müşteri bağımlılığını sürdürmek üzerine kurulu olan satıcılar için kârlı değildir. Dolayısıyla, birilerinin kendilerine uygun ve açık bir anahtar teslim çözüm sunmasını bekleyen şirketler hayal kırıklığına uğrayabilir - bu satıcılar basitçe ortaya çıkmayacaktır.

Açık dijital mimariye geçiş, iş ya da gelir kaybı anlamına gelmemektedir. Aksine, geleneksel lisans ve kutulu yazılım pazarının yerini alabilecek esnek ve uyarlanabilir iş modelleri için gerekli koşulları yaratır.

Lisans satışı yerine hizmetler, kapalı formatlar yerine açık platformlar, bir satıcıya bağımlılık yerine bağımsızlık ve gerçek ihtiyaçlar için çözüm üretme becerisi. Eskiden sadece araçları kullananlar,

onların ortak yazarları haline gelebilecekler. Ve veriler, modeller, senaryolar ve mantıkla çalışabilenler kendilerini sektörün yeni dijital ekonomisinin merkezinde bulacaklar. Bu değişimler ve açık veri etrafında ortaya çıkan yeni roller, iş modelleri ve işbirliği biçimleri hakkında kitabın son, onuncu bölümünde daha fazla konuşacağız.

> Açık veri ve açık koda dayalı çözümler, şirketlerin güncelliğini yitirmiş API'lerle uğraşmak ve kapalı sistemleri entegre etmek yerine iş süreçlerinin verimliliğine odaklanmalarını sağlayacaktır. Açık mimariye bilinçli bir geçiş, üretkenliği önemli ölçüde artırabilir ve satıcılara olan bağımlılığı azaltabilir.

Yeni bir gerçekliğe geçiş, yalnızca yazılım geliştirme yaklaşımlarında bir değişiklik değil, aynı zamanda verilerle çalışma ilkesinin de yeniden düşünülmesini gerektirmektedir. Bu dönüşümün merkezinde kod değil, bilgi yer almaktadır: yapısı, erişilebilirliği ve yorumlanabilirliği. İşte bu noktada açık ve yapılandırılmış veri ön plana çıkmakta ve yeni dijital mimarinin ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

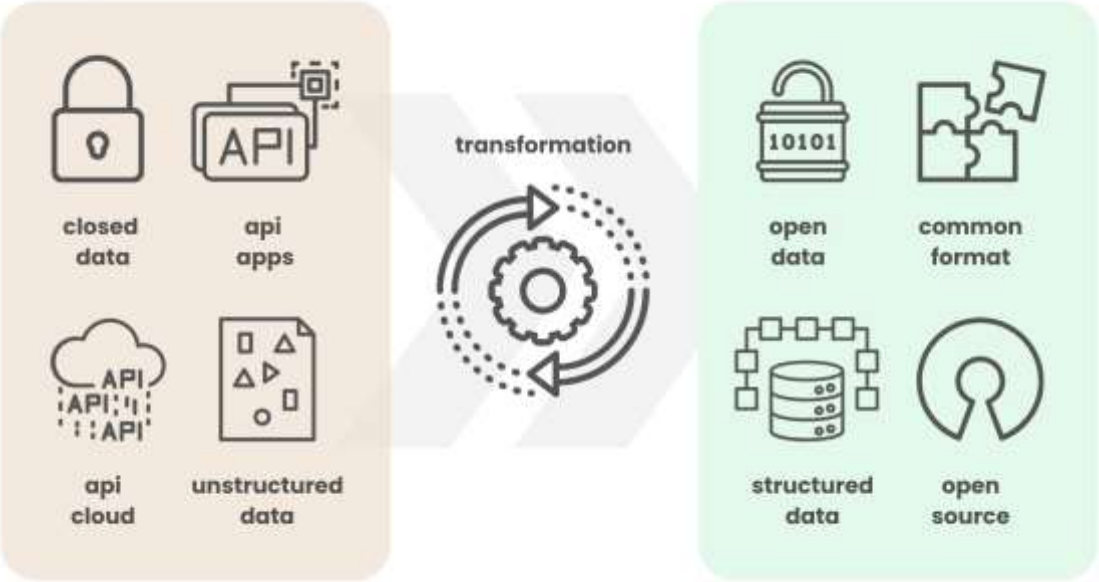
Yapılandırılmış açık veri: dijital dönüşümün temeli

Geçmiş yıllarda iş sürdürülebilirliği büyük ölçüde yazılım çözümlerinin seçimi ve belirli satıcılara bağımlılıkla belirlenirken, günümüzün dijital ekonomisinde kilit faktör veri kalitesi ve onunla etkili bir şekilde çalışma becerisidir. Açık kaynak kodu yeni teknolojik paradigmanın önemli bir parçasıdır, ancak bu paradigmanın potansiyeli ancak veriler anlaşılabilir, düzenli ve makine tarafından okunabilir olduğunda gerçek anlamda ortaya çıkmaktadır. Tüm veri modelleri arasında yapılandırılmış açık veri, sürdürülebilir dijital dönüşümün temel taşı haline gelmektedir.

Yapılandırılmış açık verinin temel avantajı net yorumlama ve otomatik işleme imkanıdır. Bu, hem bireysel operasyonlar düzeyinde hem de kuruluş genelinde önemli verimlilik kazanımları sağlar.

> Deloitte'un "Kurumsal Dönüşümde Veri Aktarım Süreci" raporuna göre [82], yapılandırılmış verilerin aktarımını yönetmek için BT ile birlikte çalışmak kritik öneme sahiptir. Birleşik Krallık hükümetinin Data Analytics and AI in Government Project Delivery (2024) [83] raporuna göre, farklı projeler ve kuruluşlar arasında veri paylaşımının önündeki engellerin kaldırılması, proje yönetiminde verimliliğin artırılması için kilit öneme sahiptir. Belge, veri formatlarının standartlaştırılmasının ve açık veri ilkelerinin uygulanmasının bilgi tekrarını önleyebileceğini, zaman kaybını en aza indirebileceğini ve tahminlerin doğruluğunu artırabileceğini vurgulamaktadır.

Geleneksel olarak yüksek derecede parçalanma ve format çeşitliliğinin hüküm sürdüğü inşaat sektörü için yapılandırılmış birleştirme süreci ve yapılandırılmış açık veri tutarlı ve yönetilebilir süreçlerin şekillendirilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır (Şekil 4.1-14). Proje katılımcılarının kapalı platformlar, veri modelleri ve formatlar arasındaki uyumsuzluklarla ilgili teknik sorunları çözmek yerine verimliliği artırmaya odaklanmalarını sağlar.



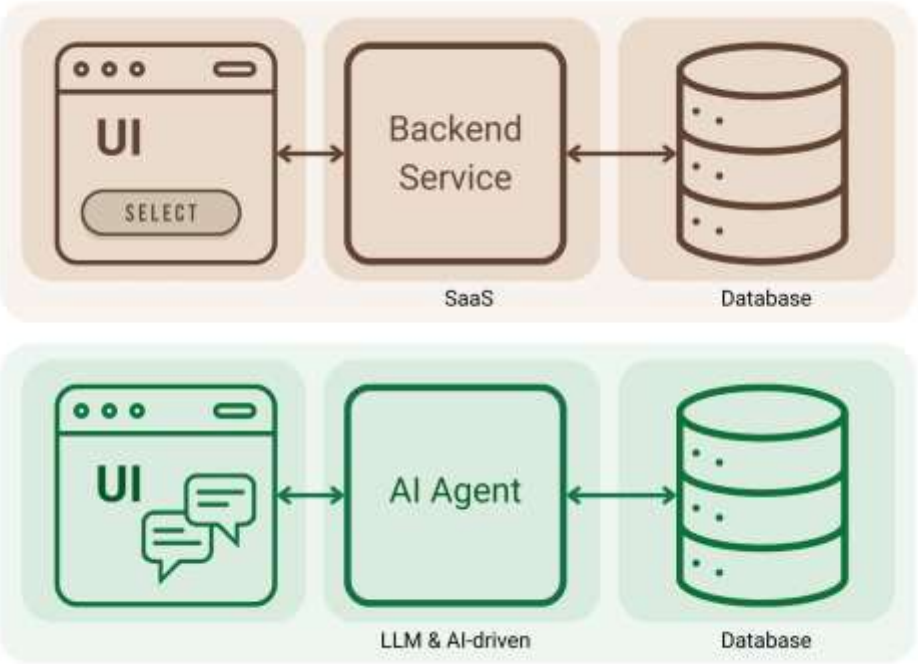
Şekil 3.2-15 Açık yapılandırılmış veriler, yazılım çözümlerine ve platformlara olan bağımlılığı azaltır ve inovasyonu hızlandırır.

Kitabın ilerleyen bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alacağımız modern teknoloji araçları, sadece bilgi toplamaya değil, aynı zamanda otomatik olarak temizlemeye de olanak tanır: tekrarları ortadan kaldırmak, hataları düzeltmek ve değerleri normalleştirmek. Bu da analistlerin ve mühendislerin birbirinden farklı belgelerle değil, analiz, otomasyon ve karar verme süreçlerine uygun organize bir bilgi tabanıyla çalıştıkları anlamına gelmektedir.

> *Yapabildiğiniz kadar basit yapın, ama daha basit olmasın.*
>
> - Albert Einstein, teorik fizikçi (alıntının kime ait olduğu tartışmalıdır [84])

Günümüzde verilerle çalışmaya yönelik kullanıcı arayüzlerinin çoğu, her bir iş vakası için manuel olarak kod yazmaya gerek kalmadan otomatik olarak oluşturulabilmektedir. Bu, veri yapısını, modelini ve mantığını ek talimatlar olmadan anlayan bir altyapı katmanı gerektirir (Şekil 4.1-15). Bu yaklaşımı mümkün kılan yapılandırılmış verilerdir: formlar, tablolar, filtreler ve görünümler minimum programlama çabasıyla otomatik olarak oluşturulabilir.

Kullanıcı açısından kritik olan en önemli arayüzler yine de manuel iyileştirme gerektirebilir. Ancak çoğu durumda - ki bu iş senaryolarının yüzde 50 ila 90'ı arasındadır - bu amaçla özel uygulamalar kullanılmadan uygulamaların ve hesaplamaların otomatik olarak oluşturulması yeterlidir (Şekil 3.2-16), bu da geliştirme ve bakım maliyetlerini önemli ölçüde azaltır, hataları azaltır ve dijital çözümlerin uygulanmasını hızlandırır.



Şekil 3.2-16 Verilerle çalışmak için mimari modeller: geleneksel uygulama mimarisi ve LLM ile yapay zeka odaklı model.

Bireysel uygulamalar üzerine kurulu mimarilerden dil modellerine (LLM'ler) dayalı akıllıca yönetilen sistemlere geçiş, dijital evrimde bir sonraki adımdır. Böyle bir mimaride, yapılandırılmış veriler yalnızca bir depolama nesnesi değil, aynı zamanda bağlama dayalı eylemleri analiz etme, yorumlama ve önerme yeteneğine sahip yapay zeka araçlarıyla etkileşimin temeli haline gelir.

İlerleyen bölümlerde, açık yapılandırılmış verilere dayalı bir mimarinin uygulanmasına ilişkin gerçek hayattan örneklere bakacak ve verileri otomatik olarak yorumlamak, doğrulamak ve işlemek için dil modellerinin nasıl uygulandığını göstereceğiz. Bu pratik vakalar, yeni dijital mantığın iş başında nasıl çalıştığını ve dönüşüme hazır şirketlere ne gibi faydalar sağladığını daha iyi anlamanıza yardımcı olacak.

BÖLÜM 3.3.
LLM VE VERI IŞLEME VE IŞ SÜREÇLERINDEKI ROLLERI

LLM sohbet odaları: ChatGPT, LlaMa, Mistral, Claude, DeepSeek, QWEN, Grok veri süreçlerini otomatikleştirmek için

Büyük Dil Modellerinin (LLM'ler) ortaya çıkışı, yapılandırılmış açık veriye ve Açık Kaynak felsefesine yönelik hareketin doğal bir uzantısıydı. Veriler düzenli, erişilebilir ve makine tarafından okunabilir hale geldiğinde, bir sonraki adım, karmaşık kod yazmaya veya özel teknik bilgiye sahip olmaya gerek kalmadan bu bilgilerle etkileşime girebilen bir araçtır.

> LLM'ler açıklığın doğrudan bir ürünüdür: büyük açık veri setleri, yayınlar ve Açık Kaynak hareketi. Açık bilimsel makaleler, kamuya açık metinsel veriler ve işbirliğine dayalı geliştirme kültürü olmasaydı ChatGPT veya diğer LLM'ler de olmazdı. LLM, bir anlamda, insanlığın birikmiş dijital bilgisinin açıklık ilkeleri aracılığıyla toplanmış ve eğitilmiş bir "damıtılmış halidir".

ChatGPT ® (OpenAI), LlaMa ™ (Meta AI), Mistral DeepSeek™, Grok ™ (xAI), Claude ™ (Anthropic), QWEN™ gibi modern büyük dil modelleri (LLM - Large Language Models), kullanıcılara verilere doğal dilde sorgular formüle etme yeteneği sağlar. Bu, bilgi ile çalışmayı yalnızca geliştiriciler için değil, aynı zamanda analistler, mühendisler, planlamacılar, yöneticiler ve daha önce programlamadan uzak olan diğer profesyoneller için de erişilebilir hale getirir

> **LLM** (Büyük Dil Modeli), internetin her yerinden toplanan büyük miktarda veriye dayalı olarak metni anlamak ve üretmek için eğitilmiş bir yapay zekadır. Bağlamı analiz edebilir, soruları yanıtlayabilir, diyalog kurabilir, metin yazabilir ve yazılım kodu oluşturabilir.

Daha önce verilerin görselleştirilmesi, işlenmesi veya analizi özel bir programlama dili bilgisi gerektiriyordu: Python, SQL, R veya Scala, ayrıca Pandas, Polars veya DuckDB ve diğerleri gibi kütüphanelerle çalışma yeteneği, 2023'ten itibaren durum kökten değişti. Artık kullanıcı ne elde etmek istediğini basitçe tanımlayabilir - ve modelin kendisi kodu oluşturacak, çalıştıracak, bir tablo veya grafik görüntüleyecek ve sonucu açıklayacaktır. On yıllardır ilk kez, teknolojinin gelişimi karmaşıklaşma yolunu değil, radikal basitleştirme ve erişilebilirlik yolunu izlemiştir.

Bu ilke - "verileri kelimelerle (istemlerle) işlemek". - Bilgi ile çalışmanın evriminde yeni bir aşamaya işaret ederek çözümlerin oluşturulmasını daha da yüksek bir soyutlama seviyesine taşıdı. Tıpkı bir zamanlar kullanıcıların WordPress, Joomla ve diğer açık kaynak modüler sistemleri kullanarak çevrimiçi mağazalar işletmek veya web siteleri oluşturmak için İnternet'in teknik temellerini anlamalarının artık gerekli olmaması gibi (av tor kitabı 2005'ten beri eğitim ve mühendislik çevrimiçi platformları da dahil olmak üzere bu tür sistemlerle çalışmaktadır). - Bu da dijital içerik ve online iş

dünyasında bir patlamaya yol açmıştır - bugün mühendisler, analistler ve yöneticiler programlama dilleri hakkında bilgi sahibi olmadan iş akışlarını otomatikleştirebilmektedir. Bu durum, LLaMA, Mistral, Qwen, DeepSeek ve diğerleri gibi hem ücretsiz hem de açık kaynaklı, ileri teknolojileri mümkün olan en geniş kitle için erişilebilir kılan güçlü LLM'ler tarafından kolaylaştırılmaktadır.

Büyük LLM dil modelleri: nasıl çalışır

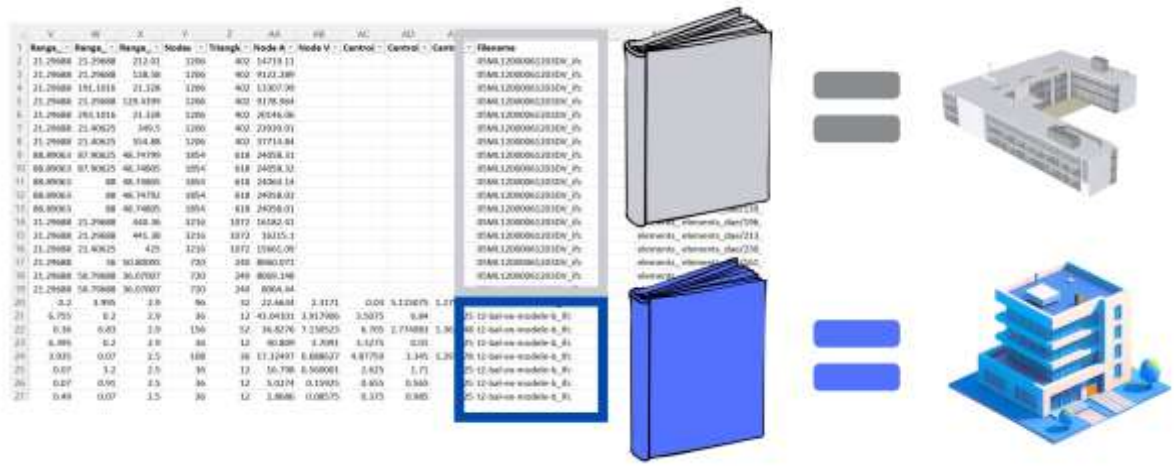
Büyük dil modelleri (ChatGPT, LlaMa, Mistral, Claude, DeepSeek, QWEN, Grok) internetten, kitaplardan, makalelerden ve diğer kaynaklardan gelen büyük miktarda metin verisi üzerinde eğitilmiş sinir ağlarıdır. Ana görevleri, insan konuşmasının bağlamını anlamak ve anlamlı yanıtlar üretmektir.

Modern LLM, Google araştırmacıları tarafından 2017 yılında önerilen Transformer mimarisine dayanmaktadır [85]. Bu mimarinin temel bileşeni, modelin metindeki konumlarından bağımsız olarak kelimeler arasındaki ilişkileri dikkate almasını sağlayan dikkat mekanizmasıdır.

> LLM öğrenme süreci insanların bir dili öğrenme şekline uzaktan benzer, sadece milyonlarca kat daha büyüktür. Model, milyarlarca kelime ve ifade örneğini analiz ederek dilin yapısındaki ve anlamsal geçişlerin mantığındaki kalıpları tanımlar. Tüm metin jetonlara ayrılır - minimal anlamsal birimler (kelimeler veya parçaları), bunlar daha sonra çok boyutlu bir uzayda vektörlere dönüştürülür (Şekil 8.2-2). Bu vektör temsilleri, makinenin metni basitçe bir semboller dizisi olarak işletmek yerine kavramlar arasındaki gizli ilişkileri "anlamasını" sağlar.

Büyük Dil Modelleri sadece metin üretmek için kullanılan araçlar değildir. Anlamı tanıyabilir, kavramlar arasındaki bağlantıları bulabilir ve farklı formatlarda sunulsa bile verilerle çalışabilirler. Önemli olan, bilginin anlaşılabilir modellere ayrılması ve LLM'nin birlikte çalışabileceği belirteçler olarak temsil edilmesidir.

Aynı yaklaşım inşaat projelerine de uygulanabilir. Bir projeyi, her binanın, unsurun veya yapının bir belirteç olduğu bir tür metin olarak düşünürsek, bu tür bilgileri benzer bir şekilde işlemeye başlayabiliriz. İnşaat projeleri, bir inşaat projesinin unsurları olan asgari belirteçlerden oluşan kategoriler, bölümler ve paragraf grupları halinde düzenlenmiş kitaplarla karşılaştırılabilir (Şekil 3.3-1). Veri modellerini yapılandırılmış bir formata çevirerek, yapılandırılmış verileri vektör tabanlarına da çevirebiliriz (Şekil 8.2-2), bunlar makine öğrenimi ve LLM gibi teknolojiler için ideal bir kaynaktır.



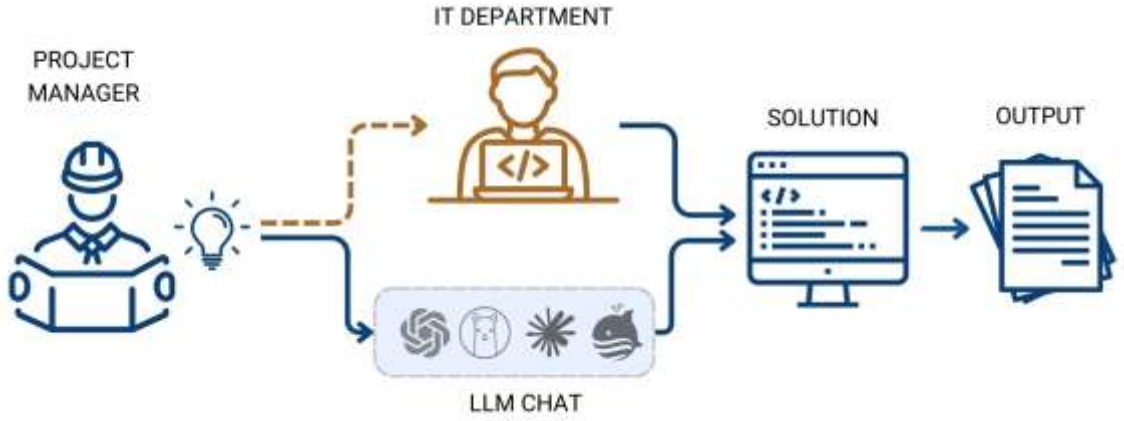
Şekil 3.3-1 Bir inşaat projesi unsuru, bir metindeki jeton gibidir: tüm projenin bölümlerinin (kategorilerinin) gruplarının (paragraflarının) oluşturulduğu asgari bir birim.

Bir inşaat projesi sayısallaştırılır ve unsurları belirteçler veya vektörler olarak temsil edilirse, bunlara katı resmi sorgular yerine doğal dilde erişmek mümkün hale gelir. İşte bu noktada LLM'nin en önemli avantajlarından biri devreye girer - bir sorgunun anlamını anlama ve ilgili verilere bağlama yeteneği.

Mühendisin artık gerekli verileri elde etmek için SQL sorgusu veya Python kodu yazmasına gerek yoktur - LLM ve veri yapısını anlayarak görevi olağan şekilde formüle edebilir: "*Beton sınıfı B30'dan yüksek olan tüm betonarme yapıları bulun ve toplam hacimlerini hesaplayın*". Model sorgunun anlamını tanıyacak, makine tarafından okunabilir bir forma dönüştürecek, verileri bulacak (gruplayacak ve dönüştürecek) ve nihai sonucu döndürecektir.

Belgeler, tablolar, proje modelleri vektör temsillerine dönüştürülür (gömme) ve veritabanında saklanır. Bir kullanıcı bir soru sorduğunda, sorgu da bir vektöre dönüştürülür ve sistem en alakalı verileri bulur. Bu, LLM'nin yalnızca kendi eğitilmiş bilgisine değil, aynı zamanda model eğitiminin bitiminden sonra ortaya çıkmış olsa bile gerçek kurumsal verilere de güvenmesine olanak tanır.

> LLM'nin inşaat alanındaki en önemli avantajlarından biri program kodu üretme yeteneğidir. Teknik görevi bir programcıya vermek yerine, uzmanlar görevi doğal dilde tanımlayabilir ve model, süreç otomasyon kodunun oluşturulmasında kullanılabilecek (sohbetten kopyalayarak) gerekli kodu oluşturacaktır. LLM -modeller, derin programlama bilgisi olmayan uzmanların şirketin iş süreçlerinin otomasyonuna ve iyileştirilmesine katkıda bulunmasına olanak tanır.



Şekil 3.3-2 LLM'ler kullanıcıların programlama becerilerine ihtiyaç duymadan kod yazabilmelerini ve sonuç alabilmelerini sağlar.

> Wakefield Research tarafından yürütülen ve SAP sponsorluğunda 2024 yılında [36] ABD'de yıllık geliri en az 1 milyar dolar olan şirketlerdeki 300 üst düzey yöneticiyle yapılan bir araştırmaya göre: üst düzey yöneticilerin%52'si verileri analiz etmek ve karar alma süreçlerinde öneriler sunmak için yapay zekaya güveniyor. 48'i daha önce hesaba katılmamış riskleri belirlemek için ve%47'si alternatif planlar önermek için yapay zekayı kullanmaktadır. Buna ek olarak, yüzde 40'ı yeni ürün geliştirme, bütçe planlama ve pazar araştırması için yapay zekayı kullanıyor. Çalışma ayrıca, katılımcıların%39'unun iş-yaşam dengesinin iyileştiğini,%38'inin ruh sağlığının iyileştiğini ve%31'inin stres seviyelerinin azaldığını bildirmesiyle, yapay zekanın kişisel yaşam üzerindeki olumlu etkisini de göstermiştir.

Ancak, tüm güçlerine rağmen, LLM'ler bilinçli kullanılması gereken bir araç olmaya devam etmektedir. Her teknoloji gibi bunların da sınırlamaları vardır. En iyi bilinen sorunlardan biri "halüsinasyon" olarak adlandırılan, modelin kendinden emin bir şekilde makul ancak gerçekte yanlış bir cevap ürettiği durumlardır. Bu nedenle modelin nasıl çalıştığını anlamak çok önemlidir: hangi verileri ve veri modellerini hatasız yorumlayabildiği, sorguları nasıl yorumladığı ve bilgileri nereden aldığı. Ayrıca, LLM'nin bilgisinin eğitim tarihi ile sınırlı olduğunu ve harici verilerle bağlantısı olmadan modelin mevcut normları, standartları, fiyatları veya teknolojileri dikkate almayabileceğini hatırlamakta fayda vardır.

Bu sorunların çözümü, vektör veritabanlarını düzenli olarak güncellemek, ilgili kaynaklara bağlanmak ve otonom yapay zeka -sadece soruları yanıtlamakla kalmayan, aynı zamanda eğitim için verileri proaktif olarak kullanan, görevleri yöneten, riskleri belirleyen, optimizasyon seçenekleri öneren ve proje performansını izleyen ajanlar- geliştirmektir.

> İnşaatta LLM -arayüzlerine geçiş sadece teknolojik bir yenilik değildir. Bu, insanlar ve veriler arasındaki engelleri kaldıran bir paradigma değişimidir. Bu, birbirimizle konuştuğumuz kadar kolay bir şekilde bilgiyle çalışabilme ve yine de doğru, doğrulanmış ve eyleme geçirilebilir sonuçlar elde etme becerisidir.

Bu tür araçları diğerlerinden daha önce kullanmaya başlayan şirketler önemli bir rekabet avantajı elde edecektir. Bu, veri analizine hızlı erişim ve karmaşık sorulara hızla yanıt bulma becerisi sayesinde işi hızlandırmayı, maliyetleri düşürmeyi ve tasarım çözümlerinin kalitesini artırmayı içerir. Ancak dikkate alınması gereken güvenlik sorunları da var. Bulut tabanlı LLM hizmetlerinin kullanımı veri sızıntısı riskleriyle ilişkilendirilebilir. Bu nedenle kuruluşlar, LLM araçlarını kendi altyapılarında, yerel olarak, bilgi üzerinde tam koruma ve kontrol ile kullanmalarına olanak tanıyan alternatif çözümleri giderek daha fazla aramaktadır.

Hassas şirket verileri için yerel LLM'lerin kullanımı

İlk chat-LLM'lerin 2022 yılında ortaya çıkması, yapay zekanın gelişiminde yeni bir aşamaya işaret etti. Ancak, bu modellerin yaygın olarak benimsenmesinin hemen ardından meşru bir soru ortaya çıktı: Şirketle ilgili verileri ve sorguları buluta aktarmak ne kadar güvenli? Bulut tabanlı dil modellerinin çoğu, iletişim geçmişini ve yüklenen belgeleri sunucularında saklıyordu ve hassas bilgilerle uğraşan şirketler için bu, yapay zekanın benimsenmesi önünde ciddi bir engeldi.

> Bu soruna yönelik en sürdürülebilir ve mantıklı çözümlerden biri, Açık Kaynak LLM yerel olarak, kurumsal BT altyapısı içinde konuşlandırılması olmuştur. Bulut hizmetlerinin aksine, yerel modeller internet bağlantısı olmadan çalışır, verileri harici sunuculara aktarmaz ve şirketlere bilgi üzerinde tam kontrol sağlar

> *En iyi açık model [Open Source LLM] şu anda kapalı modellerle [ChatGPT, Claude gibi] performans açısından karşılaştırılabilir, ancak yaklaşık bir yıllık bir gecikme ile 77].*
>
> - Ben Cottier, kar amacı gütmeyen bir araştırma kuruluşu olan Epoch AI'da baş araştırmacı, 2024

Büyük teknoloji şirketleri LLM'lerini yerel kullanıma açmaya başlamıştır. Meta'nın açık kaynaklı LLaMA serisi ve Çin'in hızla büyüyen DeepSeek projesi açık mimariye geçişin örnekleriydi. Bunların yanı sıra Mistral ve Falcon da tescilli platformların kısıtlamalarından arınmış güçlü modeller yayınladı. Bu girişimler sadece küresel yapay zekanın gelişimini hızlandırmakla kalmamış aynı zamanda gizlilik bilincine sahip şirketlere bağımsızlık, esneklik ve güvenlik uyumluluğu için gerçek alternatifler sunmuştur.

Kurumsal bir ortamda, özellikle de inşaat sektöründe, veri koruma sadece bir kolaylık meselesi değil, aynı zamanda mevzuata uygunluk meselesidir. İhale belgeleri, tahminler, çizimler ve gizli yazışmalarla çalışmak sıkı kontroller gerektirir. İşte bu noktada yerel LLM verilerin şirket sınırları içinde kalması için gerekli güvenceyi sağlar.

	Cloud LLMs (OpenAI, Claude)	Local LLMs (DeepSeek, LLaMA)
Data Control	Data is transmitted to third parties	Data remains within the company's network
License	Proprietary, paid	Open-source (Apache 2.0, MIT)
Infrastructure	Requires internet	Operates in an isolated environment
Customization	Limited	Full adaptation to company needs
Cost	Pay-per-token/request	One-time hardware investment + maintenance costs
Scalability	Easily scalable with cloud resources	Scaling requires additional local hardware
Security & Compliance	Risk of data leaks, may not meet strict regulations (GDPR, HIPAA)	Full compliance with internal security policies
Performance & Latency	Faster inference due to cloud infrastructure	Dependent on local hardware, may have higher latency
Integration	API-based integration, requires internet access	Can be tightly integrated with on-premise systems
Updates & Maintenance	Automatically updated by provider	Requires manual updates and model retraining
Energy Consumption	Energy cost is covered by provider	High power consumption for inference and training
Offline Availability	Not available without an internet connection	Works completely offline
Inference Cost	Pay-per-use model (cost scales with usage)	Fixed cost after initial investment

Şekil 3.3-3 Yerel modeller tam kontrol ve güvenlik sağlarken, bulut tabanlı çözümler kolay entegrasyon ve otomatik güncellemeler sunar.

Yerel Açık Kaynak LLM'nin temel faydaları:

- Veriler üzerinde tam kontrol. Tüm bilgiler şirket içinde kalır, yetkisiz erişimi ve veri sızıntısını ortadan kaldırır.
- Çevrimdışı çalışma. Özellikle izole BT altyapıları için önemli olan internet bağlantısına bağımlılık yoktur. Bu aynı zamanda yaptırımlar veya engellenen bulut hizmetleri karşısında kesintisiz çalışma sağlar.
- Uygulama esnekliği. Model, metin oluşturma, veri analizi, program kodu yazma, tasarım desteği ve iş süreci yönetimi için kullanılabilir.
- Kurumsal hedeflere uyarlama. LLM dahili belgeler üzerinde eğitilebilir, bu da şirketin

çalışmalarının ve sektör özelliklerinin dikkate alınmasını sağlar. Yerel LLM, CRM, ERP veya BI platformlarına bağlanarak müşteri sorgularının analizini, raporların oluşturulmasını ve hatta trend tahminini otomatikleştirmenize olanak tanır.

> DeepSeek'in ücretsiz ve açık kaynak modelini -R1-7B bir sunucuda, tüm kullanıcı ekibinin erişimi için, aylık 1000 $ maliyetle dağıtmak, ChatGPT veya Claude gibi bulut API'lerinin yıllık ücretlerinden daha ucuza mal olabilir ve şirketlerin verilerini tam olarak kontrol etmelerine olanak tanır, internete aktarılmasını ortadan kaldırır ve GDPR gibi yasal gerekliliklere uymalarına yardımcı olur

Diğer sektörlerde, yerel LLM'ler otomasyona yaklaşımlarını şimdiden değiştiriyor. Destek hizmetlerinde, operatörlerin iş yükünü azaltarak sık müşteri sorularına yanıt veriyorlar. İK departmanlarında CV'leri analiz ediyor ve ilgili adayları seçiyorlar. E-ticarette, kullanıcı verilerini ifşa etmeden kişiselleştirilmiş teklifler oluşturuyorlar.

İnşaat sektöründe de benzer bir etki beklenmektedir. LLM'yi proje verileri ve standartlarıyla entegre ederek dokümantasyonun hazırlanmasını hızlandırmak, tahminlerin hazırlanmasını otomatikleştirmek ve öngörücü maliyet analizleri yapmak mümkündür. LLM'nin yapılandırılmış tablolar ve veri çerçeveleri ile birlikte kullanımı özellikle umut verici bir alan haline gelmektedir.

Yapay zekanın tam kontrolü şirkette ve kendi LLM'nizi nasıl dağıtacağınız

Modern araçlar, şirketlerin sadece birkaç saat içinde yerel olarak büyük bir dil modeli (LLM) kurmasına olanak tanır. Bu da veri ve altyapı üzerinde tam kontrol sağlayarak harici bulut hizmetlerine bağımlılığı ortadan kaldırır ve bilgi sızıntısı riskini en aza indirir. Bu çözüm özellikle hassas proje belgeleri veya ticari açıdan hassas verilerle çalışan kuruluşlar için uygundur.

Görevlere ve kaynaklara bağlı olarak, kullanıma hazır çözümlerden daha esnek ve ölçeklenebilir mimarilere kadar farklı dağıtım senaryoları mevcuttur. En kolay araçlardan biri, dil modellerini derin teknik bilgiye ihtiyaç duymadan tek bir tıklamayla çalıştırmanıza olanak tanıyan Ollama'dır. Ollama ile hızlı bir başlangıç:

1. İşletim sisteminiz (Windows / Linux / macOS) için dağıtımı resmi web sitesinden indirin: ollama.com
2. Modeli komut satırı üzerinden yükleyin. Örneğin, *Mistral* modeli için:

```
ollama run mistral
```

3. Modeli çalıştırdıktan sonra çalışmaya hazırdır - terminal üzerinden metin sorguları gönderebilir veya diğer araçlara entegre edebilirsiniz. Modeli çalıştırın ve bir sorgu yürütün:

```
ollama run mistral "100mm genişliğinde alçıpan bölme duvar montajı işi için tüm
kaynakları içeren bir hesaplama nasıl oluşturulur?".
```

Tanıdık bir görsel ortamda çalışmayı tercih edenler için, ChatGPT'yi andıran bir arayüze sahip ücretsiz bir uygulama olan LM Studio var

- LM Studio'yu resmi web sitesinden dağıtım kitini indirerek kurun - lmstudio.ai
- Yerleşik katalog aracılığıyla bir model seçin (örn. Falcon veya GPT-Neo-X) ve indirin
- ChatGPT 'u anımsatan, ancak tamamen yerelleştirilmiş sezgisel bir arayüz aracılığıyla modelle çalışın

	Developer	Parameters	GPU Requirements (GB)	Features	Best For
Mistral 7B	Mistral AI	7	8 (FP16)	Fast, supports multimodal tasks (text + images), fully open-source code	Lightweight tasks, mobile devices, laptops
LLaMA 2	Meta	7–70	16–48 (FP16)	High text generation accuracy, adaptable for technical tasks, CC-BY-SA license	Complex analytical and technical tasks
Baichuan 7B/13B	Baichuan Intelligence	7–13	8–16 (FP16)	Fast and efficient, great for large data processing, fully open-source code	Data processing, automating routine tasks
Falcon 7B/40B	Technology Innovation Institute (TII)	7–40	8–32 (FP16)	Open-source, high performance, optimized for fast work	Workloads with limited computational resources
DeepSeek-V3	DeepSeek	671	1543 (FP16) / 386 (4-bit)	Multilingual, 128K token context window, balanced speed and accuracy	Large enterprises, SaaS platforms, multitasking scenarios
DeepSeek-R1-7B	DeepSeek	7	18 (FP16) / 4.5 (4-bit)	Retains 92% of R1 capabilities in MATH-500, local deployment support	Budget solutions, IoT devices, edge computing

Şekil 3.3-4 Popüler yerel açık kaynak LLM -modellerinin karşılaştırılması.

Model seçimi hız, doğruluk ve mevcut donanım yetenekleri gereksinimlerine bağlıdır (Şekil 3.3-4). Mistral 7B ve Baichuan 7B gibi küçük modeller hafif görevler ve mobil cihazlar için uygunken, DeepSeek -V3 gibi güçlü modeller önemli hesaplama kaynakları gerektirir ancak yüksek performans ve çoklu dil desteği sunar. Önümüzdeki yıllarda, LLM pazarı hızla büyüyecek - giderek daha fazla hafif ve özel modeller göreceğiz. Tüm insan içeriğini kapsayan genel amaçlı LLM'ler yerine, dar alan uzmanlığı üzerine eğitilmiş modeller ortaya çıkacaktır. Örneğin, yalnızca mühendislik hesaplamalarını, inşaat

tahminlerini veya CAD formatlarındaki verileri işlemek için tasarlanmış modellerin ortaya çıkmasını bekleyebiliriz. Bu tür uzmanlaşmış modellerin kullanımı daha hızlı, daha doğru ve daha güvenli olacaktır - özellikle de yüksek güvenilirlik ve konu derinliğinin önemli olduğu profesyonel ortamlarda.

Yerel LLM başlatıldıktan sonra, şirketin özel görevlerine uyarlanabilir. Bu amaçla, modelin dahili belgeler, teknik talimatlar, sözleşme şablonları veya proje belgeleri üzerinde daha fazla eğitildiği ince ayar tekniği kullanılır.

RAG: Akıllı LLM - kurumsal verilere erişimi olan asistanlar

İş dünyasında LLM uygulamasının evrimindeki bir sonraki aşama, modellerin gerçek zamanlı kurumsal verilerle bütünleştirilmesidir. Bu yaklaşıma RAG (Retrieval-Augmented Generation) - Geri Alma-Artırılmış Üretim adı verilmektedir. Bu mimaride, dil modeli sadece bir diyalog arayüzü değil, belgelerde, çizimlerde, veri tabanlarında gezinebilen ve doğru, bağlamsal yanıtlar verebilen tam teşekküllü bir akıllı asistan haline gelir.

> RAG'nin temel avantajı, bilgi işlemede yüksek doğruluk ve esnekliği korurken, modeli önceden eğitmeye gerek kalmadan şirket içi verileri kullanabilmesidir.

RAG teknolojisi iki ana bileşeni bir araya getirir:

- Alma: model veri depolarına bağlanır - belgeler, tablolar, PDF -dosyalar, çizimler- ve kullanıcı tarafından talep edilen ilgili bilgileri alır.
- Artırılmış Üretim: model, çıkarılan verilere dayanarak, sorgunun bağlamını ve özgüllüğünü dikkate alarak doğru ve bilinçli bir yanıt üretir.

LLM 'u RAG desteği ile çalıştırmak için izlenmesi gereken birkaç adım vardır:

- **Veri hazırlama**: gerekli belgeleri, çizimleri, şartnameleri, tabloları toplayın. PDF 'dan Excel 'a kadar farklı format ve yapılarda olabilirler.
- **İndeksleme ve vektörleştirme:** LlamaIndex veya LangChain gibi araçlar kullanılarak veriler, metin parçaları arasındaki anlamsal bağlantıları bulmanızı sağlayan vektör temsillerine dönüştürülür (vektör veritabanları ve CAD projeleri de dahil olmak üzere büyük dizileri vektör temsiline çevirme hakkında daha fazla bilgi 8. Bölümde).
- **Asistanı sorgulayın**: veriler yüklendikten sonra, modele sorular sorabilirsiniz ve o da internetten toplanan genel bilgiler yerine kurumsal çerçeve içinde yanıtlar arayacaktır.

Bir şirketin sözleşmelerin, talimatların, tahminlerin ve tabloların depolandığı bir constructionsite_docs klasörüne sahip olduğunu varsayalım. Bir Python betiği kullanarak (Şekil 3.3-5), bu klasörü tarayabilir ve vektör indeksleme oluşturabiliriz: her belge, metnin anlamsal içeriğini yansıtan bir dizi vektöre dönüştürülecektir. Bu, belgeleri, modelin verimli bir şekilde gezinebileceği ve terimler ile ifadeler

arasındaki bağlantıları bulabileceği bir tür "anlamlar haritasına" dönüştürür.

Örneğin, model "iade" ve "şikayet" kelimelerinin genellikle sözleşmenin malzemelerin şantiyeye sevkiyatıyla ilgili bölümünde bulunduğunu "hatırlar". Ardından, bir soru sorulursa - örneğin, "İade süremiz nedir?" (Şekil 3.3-5 - kodun 11. satırı) - LLM dahili belgeleri analiz edecek ve tüm kurumsal dosyaların içeriğini okuyup anlayabilen akıllı bir asistan gibi davranarak kesin bilgiyi bulacaktır.

llama.py

```
1  from llama_index import SimpleDirectoryReader, VectorStoreIndex
2
3  # Load documents from the folder
4  documents = SimpleDirectoryReader("constructionsite_docs").load_data()
5
6  # Creating a vector index for semantic search
7  index = VectorStoreIndex.from_documents(documents)
8
9  # Integration with LLM (e.g. Llama 3)
10 query_engine = index.as_query_engine()
11 response = query_engine.query("What are the return terms in the contracts?")
12 print(response)
```

Şekil 3.3-5 LM, bir kişinin klasörü açıp gerekli belgeyi aramasına benzer şekilde dosyaların bulunduğu bir klasörü okur

Kod, Python yüklü herhangi bir bilgisayarda çalıştırılabilir. Bir sonraki bölümde kodu çalıştırmak için Python ve IDE kullanımı hakkında daha fazla konuşacağız.

LLM'nin yerel dağıtımı sadece bir trend değil, güvenlik ve esnekliğe önem veren şirketler için stratejik bir çözümdür. Ancak, ister yerel şirket bilgisayarlarında ister çevrimiçi çözümler kullanarak LLM'yi dağıtmak yalnızca ilk adımdır. LLM yeteneklerini gerçek dünyadaki görevlere uygulamak için şirketler, yalnızca sohbet yanıtlarını almalarına değil, aynı zamanda oluşturulan mantığı LLM kullanma bağlamının dışında çalıştırılabilecek kod biçiminde depolamalarına olanak tanıyan araçlar kullanmalıdır. Bu, ölçeklendirme çözümleri için önemlidir - düzgün organize edilmiş süreçler, yapay zeka geliştirmelerinin aynı anda birkaç projeye veya hatta tüm şirkete uygulanmasına olanak tanır.

Bu bağlamda, uygun bir geliştirme ortamının (IDE) seçimi önemli bir rol oynamaktadır. Modern programlama araçları sadece LLM tabanlı çözümler geliştirmeye değil, aynı zamanda bunları mevcut iş süreçlerine entegre ederek otomatik ETL -Pipeline haline getirmeye de izin verir

BÖLÜM 3.4.
LLM DESTEĞI ILE IDE VE GELECEKTEKI PROGRAMLAMA DEĞIŞIKLIKLERI

IDE seçimi: LLM deneylerinden iş çözümlerine

Otomasyon, veri analizi ve yapay zeka dünyasına dalarken - özellikle de büyük dil modelleriyle (LLM'ler) çalışırken - doğru entegre geliştirme ortamını (IDE) seçmek çok önemlidir. Bu IDE ana çalışma aracınız olacaktır: LLM tarafından üretilen kodun hem yerel bir bilgisayarda hem de şirket ağı içinde çalıştırılacağı yer. IDE seçimi sadece çalışmanızın rahatlığını değil, aynı zamanda deneysel LLM sorgularından gerçek iş süreçlerine gömülü tam teşekküllü çözümlere ne kadar hızlı geçebileceğinizi de belirler.

> **IDE** (Entegre Geliştirme Ortamı), proses otomasyonu ve veri işleme için bilgisayarınızda bulunan çok yönlü bir yapı taşıdır. Testere, çekiç, matkap ve diğer aletleri ayrı ayrı tutmak yerine, hepsini yapabilen tek bir cihazınız var - kesmek, sabitlemek, delmek ve hatta malzemelerin kalitesini kontrol etmek. Programcılar için IDE, kod yazabileceğiniz (inşaatla benzer şekilde - çizimler oluşturabileceğiniz), çalışmasını test edebileceğiniz (bina modeli montajı), hataları bulabileceğiniz (inşaatta yapıların gücünü kontrol etmek gibi) ve bitmiş projeyi çalıştırabileceğiniz (evi devreye almak) tek bir alandır.

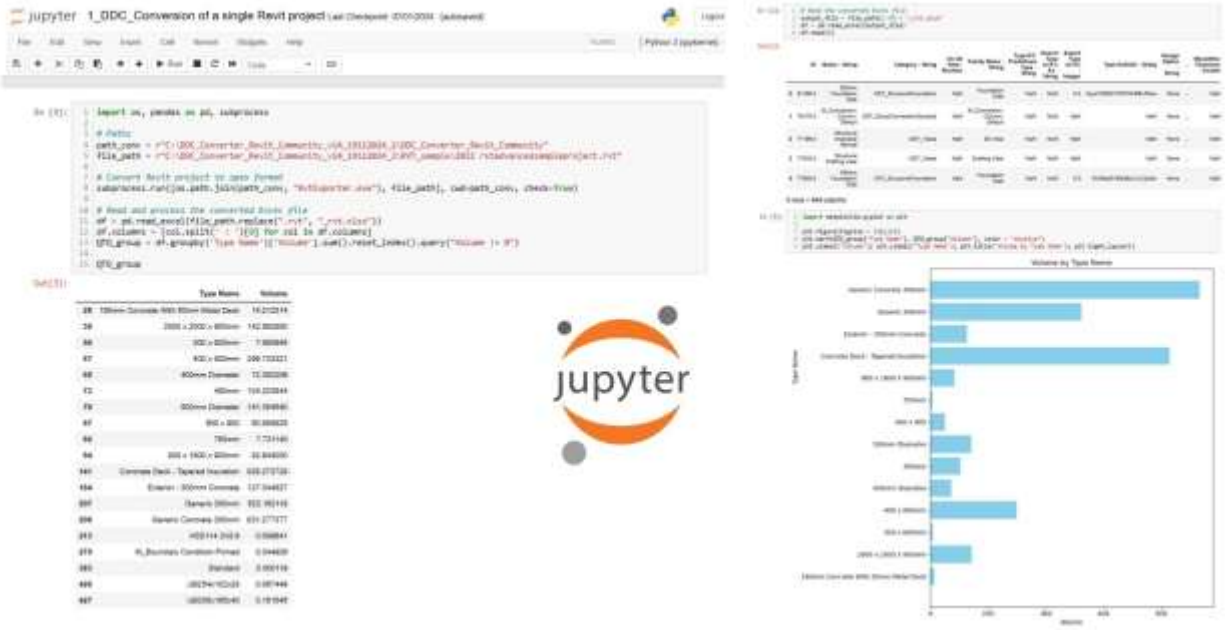
Popüler IDE'lere genel bir bakış:

- **PyCharm®** (JetBrains) Python için güçlü bir profesyonel IDE'dir. Çok sayıda dahili özellik nedeniyle ciddi projeler için çok uygundur. Bununla birlikte, etkileşimli Jupyter dosyaları (IPYNB) için temel destek yalnızca ücretli sürümde mevcuttur ve yeni başlayanlar arayüzü bunaltıcı bulabilir.

> IPYNB uzantılı bir dosya (Interactive Python Notebook), kod, görselleştirme ve açıklamaların tek bir belgede birleştirildiği etkileşimli Jupyter® Notebook'lar için bir formattır (Şekil 3.4-1). Bu format raporlar, analitik ve eğitim senaryoları oluşturmak için idealdir.

- **VS Code®** (Microsoft), ücretsiz IPYNB desteği ve birçok eklenti ile hızlı, esnek ve özelleştirilebilir bir araçtır. Hem yeni başlayanlar hem de profesyoneller için uygundur. GitHub Copilot ve dil modeli eklentilerinin entegrasyonuna izin verir, bu da onu AI ve veri bilimi projeleri için mükemmel bir seçim haline getirir.
- **Jupyter Notebook** - Deneme ve öğrenme için klasik ve popüler bir seçim. Tek bir arayüzde kod yazmanıza, açıklamalar eklemenize ve sonuçları görselleştirmenize olanak tanır (Şekil 3.4-1). Hipotezleri hızlı bir şekilde test etmek, LLM ile çalışmak ve tekrarlanabilir vahşi veri analizi adımları oluşturmak için idealdir. Bağımlılıkları ve kütüphaneleri yönetmek için, Python ortamını

yönetmek için görsel bir arayüz olan Anaconda Navigator'u kullanmanızı öneririz.



Şekil 3.4-1 Jupyter Notebook Boru Hattı süreçleri oluşturmak için en uygun ve popüler araçlardan biridir.

- **Google Collab**™ (ve Kaggle platformu (Şekil 9.2-5)), Jupyter'e ücretsiz GPU/TPU erişimi sağlayan bulut tabanlı bir alternatiftir. Başlangıç için harika bir çözümdür - yerel yazılım kurulumu yoktur ve doğrudan bir tarayıcıdan çalışabilir. Google Drive ve yakın zamanda Gemini (Google'ın LLM'si) ile entegrasyonu desteklemektedir.

	PyCharm	VS Code	Jupyter Notebook	Google Colab
Complexity	High	Medium	Low	Low
.ipynb support	Paid	Free	Built-in	Built-in
Copilots	Yes	Yes	Yes	Yes
Computing resources	Local	Local	Local	Cloud
For whom	Professionals	Universal	Beginners	Experimenters

Şekil 3.4-2 IDE Karşılaştırması: Jupyter Notebook Boru Hattı süreçleri oluşturmak için en uygun ve kolay araçlardan biri.

IDE seçimi görevlerinize bağlıdır. AI ile hızlı bir şekilde çalışmaya başlamak istiyorsanız, Jupyter Notebook veya Google Collab'ı deneyin. Ciddi projeler için PyCharm veya VS Code kullanmak daha

iyidir. Önemli olan başlamaktır. Modern araçlar, deneylerinizi hızlı bir şekilde çalışan çözümlere dönüştürmenizi sağlar.

Yukarıda açıklanan tüm IDE'ler veri işleme ardışık düzenleri oluşturmanıza izin verir - yani, örneğin her biri farklı bir aşamadan sorumlu olan kod bloğu modülleri zincirleri (LLM tarafından oluşturulabilir):

- analitik senaryolar,
- belgelerden bilgi çıkarma zincirleri,
- RAG'ye dayalı otomatik yanıtlar,
- raporların ve görselleştirmelerin oluşturulması.

Modüler yapı sayesinde her adım ayrı bir blok olarak gösterilebilir: veri yükleme→ filtreleme→ analiz→ görselleştirme→ sonuçları dışa aktarma. Bu bloklar yeniden kullanılabilir, - uyarlanabilir ve sadece veriler için bir kurucu gibi yeni zincirlere monte edilebilir.

Mühendisler, yöneticiler ve analistler için bu, karar verme mantığını LLM ile oluşturulabilecek kod biçiminde belgeleme olasılığını ortaya çıkarır. Bu yaklaşım rutin görevleri hızlandırmaya, tipik işlemleri otomatikleştirmeye ve her adımın açıkça belgelendiği ve tüm ekip üyeleri için şeffaf olduğu tekrarlanabilir süreçler oluşturmaya yardımcı olur.

Otomatik ETL Pipelines (Şekil 7.2-3), Apache Airflow (Şekil 7.4-4), Apache NiFi (Şekil 7.4-5) ve n8n (Şekil 7.4-6) süreç otomasyonu için mantık blokları oluşturma araçları kitabın 7. ve 8. Bölümlerinde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

LLM destekli IDE ve gelecekteki programlama değişiklikleri

Yapay zekanın geliştirme süreçlerine entegrasyonu programlama ortamını değiştiriyor. Modern ortamlar artık sadece sözdizimi vurgulamalı metin editörleri değil; proje mantığını anlayabilen, kodu tamamlayabilen ve hatta belirli bir kod parçasının nasıl çalıştığını açıklayabilen akıllı asistanlara dönüşüyor. Piyasada, geleneksel geliştirmenin sınırlarını zorlamak için yapay zekayı kullanan ürünler ortaya çıkıyor:

- **GitHub Copilot** (VS Code, PyCharm ile entegre olur): Yorumlara veya kısmi açıklamalara dayalı olarak kod üreten ve metinsel ipuçlarını bitmiş çözümlere dönüştüren AI asistanı.
- **Cursor** (AI -kernel ile VS Code'un bir çatalı): sadece kod yazmayı bitirmeye değil, aynı zamanda projeye sorular sormaya, bağımlılıkları aramaya ve kod tabanından öğrenmeye de izin verir.
- **JetBrains AI Assistant**: JetBrains IDE'leri (PyCharm dahil) için karmaşık kodu açıklama, optimize etme ve test oluşturma işlevine sahip bir eklenti.
- **Amazon CodeWhisperer**: Amazon'un AWS hizmetleri için güvenlik ve desteğe odaklanan Copilot 'un bir benzeri.

Programlama önümüzdeki yıllarda dramatik bir değişim geçirecek. Ana odak noktası rutin kod

yazımından model ve veri mimarisi tasarımına kayacak - geliştiriciler sistem tasarımına daha fazla dahil olurken, AI şablon görevleri devralacak: kod oluşturma, testler, dokümantasyon ve temel işlevler. Programlamanın geleceği, makinelerin teknik rutini devraldığı ve insanların yaratıcılığa odaklandığı, insanlar ve yapay zeka arasındaki bir işbirliğidir.

Doğal dil programlama günlük bir olay haline gelecektir. IDE kişiselleştirmesi yeni bir seviyeye ulaşacak - geliştirme ortamları kalıpları öngörerek, bağlamsal çözümler sunarak ve önceki projelerden öğrenerek kullanıcının çalışma tarzına ve şirketlerine uyum sağlamayı öğrenecek

> Bu durum geliştiricinin rolünü ortadan kaldırmayacak, ancak kod yazmaktan bilgi, kalite ve süreç yönetimine doğru radikal bir dönüşüm yaratacaktır. Bu evrim iş zekasını da etkileyecek; raporların, görselleştirmelerin ve karar destek uygulamalarının oluşturulması giderek artan bir şekilde yapay zeka ve LLM, sohbet ve aracı arayüzleri yardımıyla kod ve mantık üretilerek yapılacaktır.

Bir şirket LLM sohbetlerini kurduktan ve uygun bir geliştirme ortamı seçtikten sonra, bir sonraki önemli adım verileri düzenlemektir. Bu süreç, farklı kaynaklardan bilgilerin çıkarılmasını, temizlenmesini, yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesini ve kurumsal sistemlere entegre edilmesini içerir.

Veri yönetimine yönelik modern Veri Merkezli yaklaşımda temel amaç, verileri çok sayıda araç ve uygulama ile uyumlu tek bir evrensel forma getirmektir. Yapılandırma süreçlerini ve yapılandırılmış verileri ele almak için özel kütüphanelere ihtiyaç vardır. En güçlü, esnek ve popüler olanlardan biri Python için Pandas kütüphanesidir. Tablo halindeki verileri rahatça işlemenizi sağlar: filtreleme, gruplama, temizleme, ekleme, toplama ve raporlama.

Python Pandas: verilerle çalışmak için vazgeçilmez bir araç

Pandas veri analizi ve otomasyon dünyasında özel bir yere sahiptir. Python programlama dilinin en popüler ve en yaygın kullanılan kütüphanelerinden biridir [86], yapılandırılmış verilerle çalışmak üzere tasarlanmıştır.

Bir kütüphane hazır araçlar kümesi gibidir: fonksiyonlar, modüller, sınıflar. Tıpkı bir inşaat alanında her seferinde bir çekiç ya da seviye icat etmenize gerek olmadığı gibi, programlama kütüphaneleri de temel işlevleri ve çözümleri yeniden icat etmeden sorunları hızlı bir şekilde çözmenize olanak tanır.

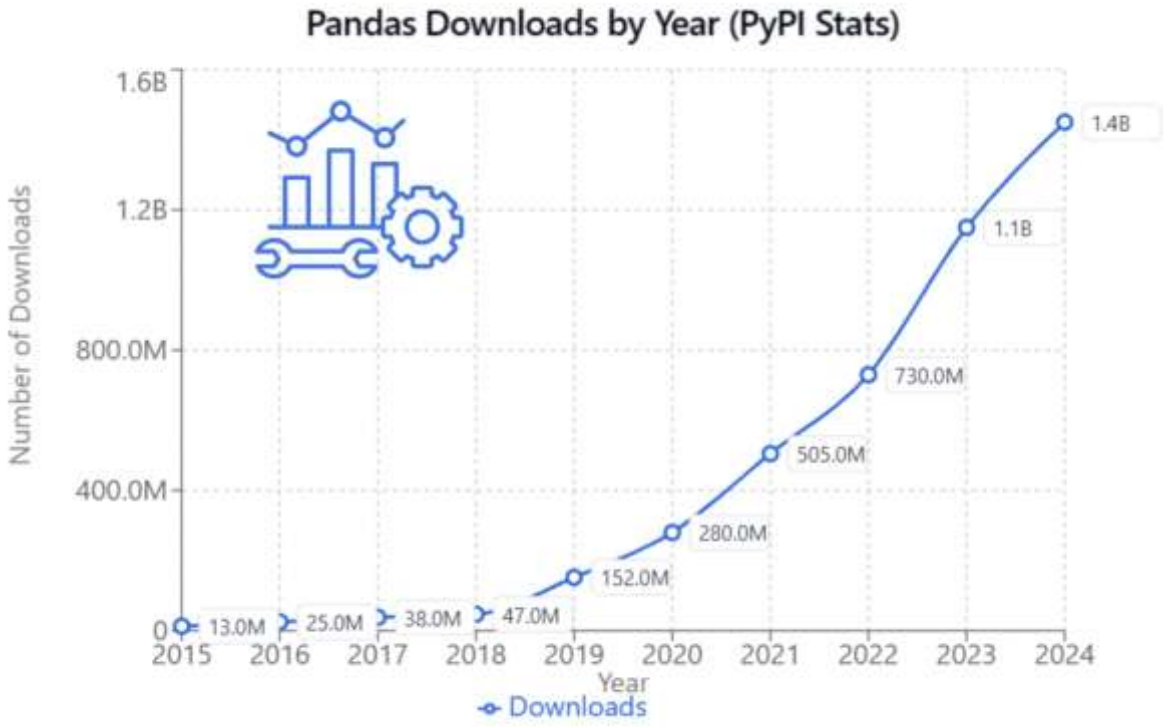
> Pandas yüksek performanslı ve sezgisel veri yapıları, özellikle de tablolarla çalışmak için evrensel bir format olan DataFrame sağlayan açık kaynaklı bir Python kütüphanesidir . Pandas verilerle çalışan analistler, mühendisler ve geliştiriciler için bir İsviçre bıçağıdır.

Python analitik, otomasyon, makine öğrenimi ve web geliştirmede aktif olarak kullanılan basit bir sözdizimine sahip üst düzey bir programlama dilidir. Popülerliği, kod okunabilirliği, platformlar arası yapısı ve zengin kütüphane ekosisteminden kaynaklanmaktadır. Bugüne kadar Python için

137.000'den fazla açık kaynak paketi oluşturulmuştur [87] ve bu sayı neredeyse her gün artmaya devam etmektedir. Bu tür kütüphanelerin her biri, basit matematiksel işlemlerden görüntü işleme, büyük veri analizi, sinir ağları ve harici hizmetlerle entegrasyon için karmaşık araçlara kadar bir tür hazır işlev deposudur.

> Başka bir deyişle, yüz binlerce kullanıma hazır yazılım çözümüne ücretsiz ve açık erişiminiz olduğunu hayal edin - iş süreçlerinize doğrudan yerleştirebileceğiniz kütüphaneler ve araçlar. Otomasyon, analiz, görselleştirme, entegrasyon ve daha fazlası için devasa bir uygulama kataloğu gibi - ve hepsi Python'u kurduktan hemen sonra kullanılabilir.

Pandas, Python ekosistemindeki en popüler paketlerden biridir. 2022 yılında Pandas kütüphanesinin ortalama indirilme sayısı günde 4 milyona ulaşırken (Şekil 3.4-3), 2025'in başlarında bu rakam günde 12 milyon indirmeye yükselmiştir; bu da veri analitiği ve LLM sohbetinde artan popülerliğini ve yaygın kullanımını yansıtmaktadır [86]

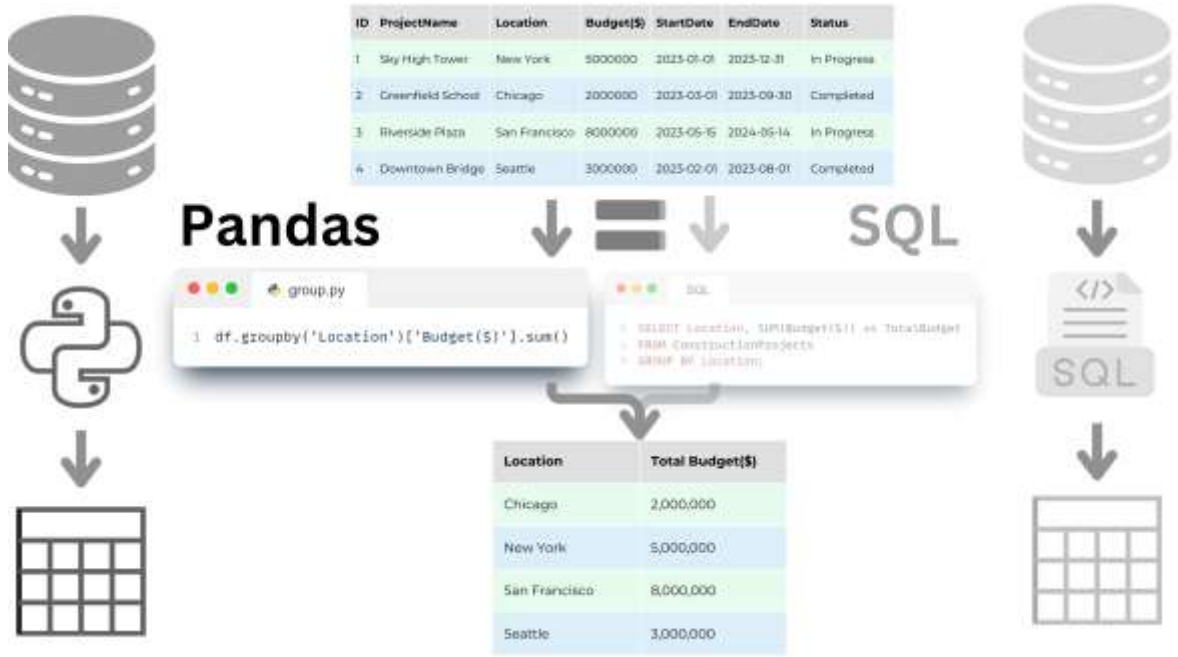


Şekil 3.4-3 Pandas en çok indirilen kütüphanelerden biridir. 2024 yılında yıllık indirme sayısı 1,4 milyarı aşmıştır.

Pandas kütüphanesindeki sorgu dili işlevsellik açısından "İlişkisel Veritabanları ve SQL Sorgu Dili" bölümünde ele aldığımız SQL sorgu diline benzer.

> Analitik ve yapılandırılmış veri yönetimi dünyasında Pandas basitliği, hızı ve gücü ile öne çıkmakta ve kullanıcılara bilgiyi etkin bir şekilde analiz etmek ve işlemek için çok çeşitli araçlar sunmaktadır.

Her iki araç da - SQL ve Pandas - özellikle geleneksel Excel ile karşılaştırıldığında güçlü veri işleme yetenekleri sağlar. Seçim, filtreleme gibi işlemleri desteklerler (Şekil 3.4-4), tek fark SQL'in ilişkisel veritabanlarıyla çalışmak için optimize edilmiş olması, Pandas'ın ise verileri RAM'de işlemesidir, bu da veritabanları oluşturmaya ve ayrı bir altyapı kurmaya gerek kalmadan herhangi bir bilgisayarda çalışmasına olanak tanır.



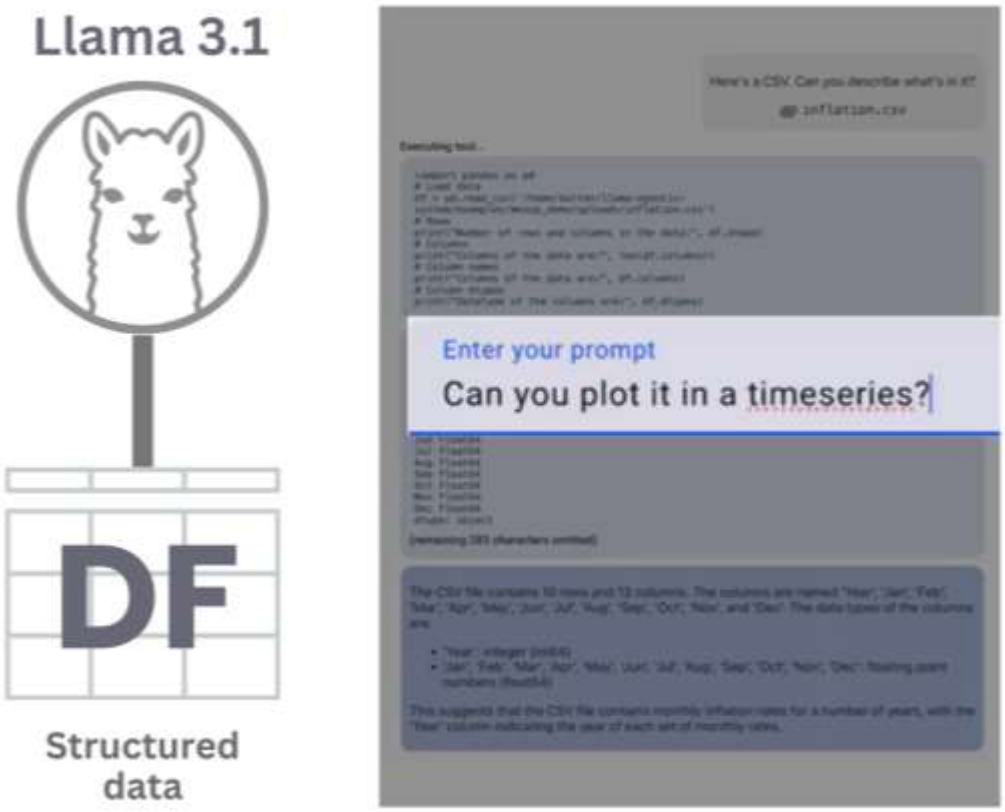
Şekil 3.4-4 Pandas, SQL 'den farklı olarak, veritabanlarıyla sınırlı olmayan çeşitli veri formatlarıyla çalışma esnekliğine sahiptir.

Pandas genellikle bilimsel araştırma, süreç otomasyonu, boru hatları oluşturma (ETL dahil) ve Python'da veri manipülasyonu için tercih edilirken SQL bir veritabanı yönetim standardıdır ve genellikle büyük miktarda veriyi işlemek için kurumsal ortamlarda kullanılır.

> Python programlama dilinin Pandas kütüphanesi yalnızca tablo okuma ve yazma gibi temel işlemleri değil, aynı zamanda verileri birleştirme, verileri gruplama ve karmaşık analitik hesaplamalar yapma gibi daha karmaşık görevleri de gerçekleştirmenize olanak tanır.

Günümüzde Pandas kütüphanesi sadece akademik araştırmalarda ve iş analitiğinde değil, aynı zamanda LLM -modelleri ile birlikte de kullanılmaktadır. Örneğin, Meta® bölümü (Facebook™), 2024 yılında yeni açık kaynak modeli LlaMa 3.1'i yayınlarken, yapılandırılmış verilerle çalışmaya özel bir önem

vermiş ve bu modelin yayınlanmasındaki en önemli ve ilk durumlardan biri olarak yapılandırılmış veri çerçevelerinin (Şekil 3.4-5) CSV formatında işlenmesini ve Pandas kütüphanesiyle doğrudan sohbette entegre edilmesini sağlamıştır.



Şek. 3.4-5 Meta ekibinin 2024 yılında LlaMa 3.1'de sunduğu ilk ve ana vakalardan biri Pandas kullanarak uygulamalar oluşturmaktı.

> *Pandas milyonlarca veri bilimcisinin veri işlemesi ve üretken yapay zeka için veri hazırlaması için vazgeçilmez bir araçtır. Pandas'ın sıfır kod değişikliği ile hızlandırılması ileriye doğru büyük bir adım olacaktır. Veri bilimciler verileri saatler yerine dakikalar içinde işleyebilecek ve üretken yapay zeka modellerini eğitmek için büyüklük sırasına göre daha fazla veri elde edebilecekler [88].*
>
> - Jensen Huang, NVIDIA'nın kurucusu ve CEO'su

Pandas kullanarak Excel'in yeteneklerinin çok ötesinde veri kümelerini yönetmek ve analiz etmek mümkündür. Excel tipik olarak 1 milyon satıra kadar veriyi işleyebilirken, Pandas on milyonlarca satır içeren veri kümelerini (Şekil 9.1-2, Şekil 9.1-10) kolayca işleyebilir [89]. Bu yetenek, kullanıcıların büyük veri kümeleri üzerinde sofistike veri analizi ve görselleştirme yapmasına olanak tanıyarak derin içgörüler sağlar ve veri odaklı karar vermeyi kolaylaştırır. Buna ek olarak, Pandas güçlü bir topluluk

desteğine sahiptir [90]: dünya çapında yüz milyonlarca geliştirici ve analist (Kaggle.com, Google Collab, Microsoft® Azure™ Notebooks, Amazon SageMaker) her gün çevrimiçi veya çevrimdışı olarak Pandas'ı kullanmakta ve herhangi bir iş problemi için çok sayıda kullanıma hazır çözüm sunmaktadır.

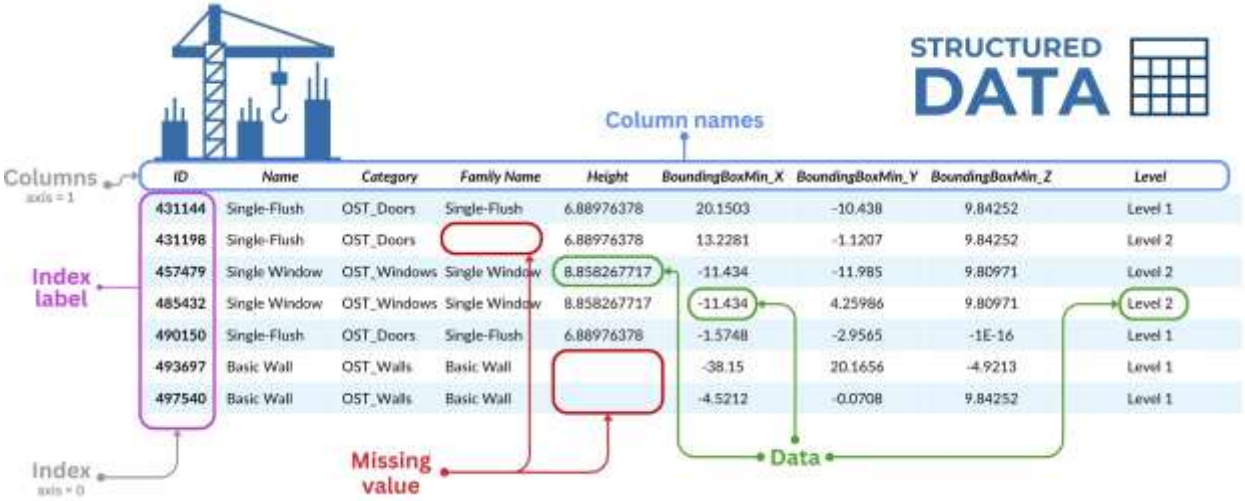
Çoğu Python analitik işleminin merkezinde, Pandas kütüphanesi tarafından sağlanan DataFrame adlı yapılandırılmış bir veri biçimi bulunur. Tablo şeklindeki verileri düzenlemek, analiz etmek ve görselleştirmek için güçlü ve esnek bir araçtır.

DataFrame: evrensel tablo veri formatı

DataFrame, Pandas kütüphanesindeki merkezi yapıdır ve iki boyutlu bir tablodur (Şekil 3.4-6); burada satırlar tek tek nesnelere veya kayıtlara, sütunlar ise bunların özelliklerine, parametrelerine veya kategorilerine karşılık gelir. Bu yapı görsel olarak Excel elektronik tablolarına benzer, ancak esneklik, ölçeklenebilirlik ve işlevsellik açısından çok daha üstündür.

> **DataFrame**, bilgisayarın RAM'inde depolanan tablo şeklindeki verileri temsil etmenin ve işlemenin bir yoludur.

DataFrame, bilgisayarın RAM'inde depolanan tablo şeklindeki verileri temsil etmenin ve işlemenin bir yoludur. Bir tabloda satırlar, örneğin bir inşaat projesinin unsurlarını ve sütunlar da bunların özelliklerini yansıtabilir: kategoriler, boyutlar, koordinatlar, maliyet, terimler vb. Dahası, böyle bir tablo hem tek bir proje hakkında bilgi (Şekil 4.1-13) hem de binlerce farklı projeden milyonlarca nesne hakkında veri içerebilir (Şekil 9.1-10). Vektörleştirilmiş Pandas işlemleri sayesinde, bu tür bilgi hacimlerini yüksek hızda filtrelemek, gruplamak ve toplamak kolaydır.



Şekil 3.4-6 Bir Veri Çerçevesi Olarak İnşaat Projesi satırlarda elemanları ve sütunlarda nitelikleri olan iki boyutlu bir tablodur.

Nvidia, günümüzde tüm bilgi işlem kaynaklarının yüzde 30'unun yapılandırılmış verileri (veri kareleri)

işlemek için kullanıldığını ve bu payın artmaya devam ettiğini tahmin ediyor.

> *Veri işleme, muhtemelen dünyadaki bilgi işlemin üçte birinin her şirkette yapıldığı şeydir. Çoğu şirketin veri işleme ve verileri DataFrame, tablo biçimindedir*
>
> - Jensen Huang, Nvidia CEO'su [91]

Pandas'ta DataFrame 'un bazı temel özelliklerini listeleyelim:

- Sütunlar: DataFrame 'da veriler, her biri benzersiz bir ada sahip sütunlar halinde düzenlenir. Öznitelik sütunları, veritabanlarındaki sütunlara veya tablolardaki sütunlara benzer şekilde farklı türlerde veriler içerebilir.
- **Pandas Seri**, Pandas'ta her bir değerin farklı bir dizine karşılık geldiği, tablodaki bir liste veya sütuna benzer tek boyutlu bir veri yapısıdır

> Pandas Serisi, verilerle çalışmayı inanılmaz derecede esnek hale getiren 400'den fazla nitelik ve yönteme sahiptir. Mevcut dört yüz fonksiyondan birini doğrudan bir sütuna uygulayabilir, matematik işlemleri gerçekleştirebilir, verileri filtreleyebilir, değerleri değiştirebilir, tarihlerle, dizelerle ve çok daha fazlasıyla çalışabilirsiniz. Buna ek olarak Series, döngüsel hesaplamalara kıyasla büyük veri kümelerinin işlenmesini büyük ölçüde hızlandıran vektörleştirilmiş işlemleri destekler. Örneğin, karmaşık döngüler yazmadan tüm değerleri bir sayı ile kolayca çarpabilir, eksik verileri değiştirebilir veya karmaşık dönüşümler uygulayabilirsiniz.

- **Satırlar**: DataFrame'de benzersiz değerlerle indekslenebilir. Bu indeks, belirli satırlardaki verileri hızlı bir şekilde değiştirmenize ve ayarlamanıza olanak tanır.
- **Dizin**: Varsayılan olarak, bir DataFrame oluşturduğunuzda Pandas her satıra 0 ile N-1 arasında bir dizin atar (burada N, DataFrame'deki tüm satırların sayısıdır). Ancak indeks, tarihler veya benzersiz özellikler gibi özel tanımlamaları içerecek şekilde değiştirilebilir.
- Bir DataFrame'deki satırların **indekslenmesi** her satıra benzersiz bir ad veya etiket atanması anlamına gelir ve buna DataFrame indeksi denir.
- Veri **Türleri:** DataFrame, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli veri türlerini destekler: `int`, `float`, `bool`, `datetime64` ve metin verileri için `obect`. Her DataFrame sütunu, içeriği üzerinde hangi işlemlerin gerçekleştirilebileceğini belirleyen kendi veri türüne sahiptir.
- **Veri işlemleri**: DataFrame, toplama (`groupby`), birleştirme (`merge` ve `join`), birleştirme (`concat`), böl-uygula-birleştir ve diğer birçok veri dönüştürme tekniği dahil olmak üzere veri işleme için çok çeşitli işlemleri destekler.
- **Boyut Manipülasyonu**: DataFrame sütun eklemenize ve çıkarmanıza ve satır eklemenize olanak tanıyarak veri analizi ihtiyaçlarınıza göre değiştirilebilen dinamik bir yapı haline getirir.
- **verilerinin görselleştirilmesi:** yerleşik görselleştirme teknikleri kullanılarak veya Matplotlib

veya Seaborn gibi popüler veri görselleştirme kütüphaneleriyle arayüz oluşturularak DataFrame **verileri** grafiksel olarak sunmak için kolayca grafiklere ve çizelgelere dönüştürülebilir.

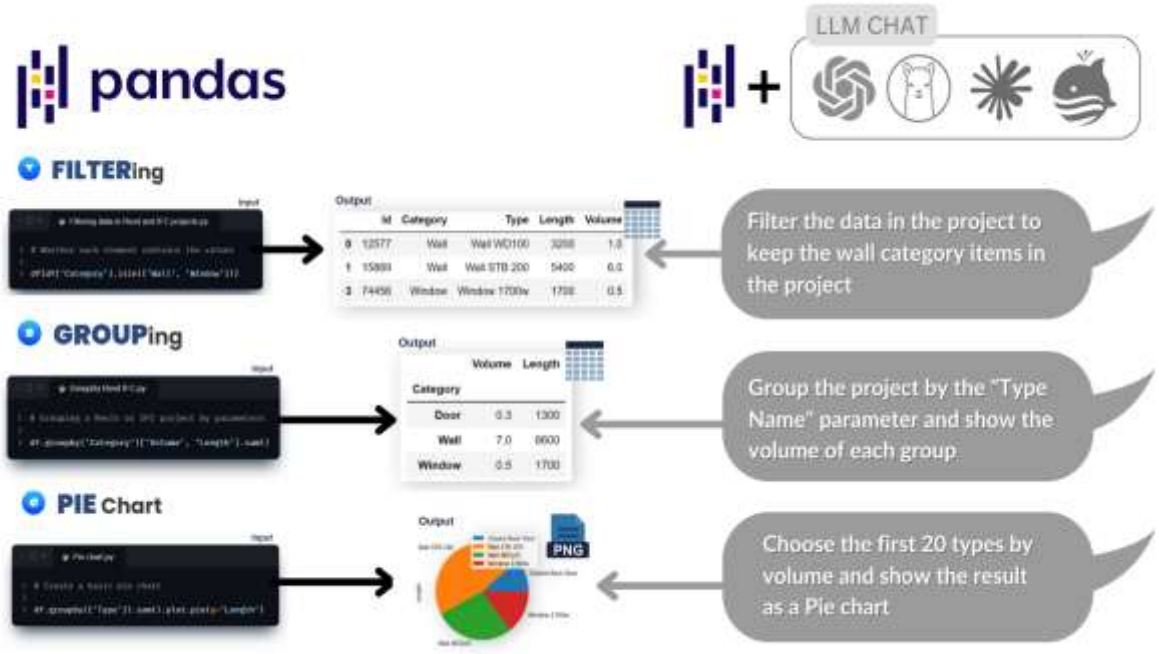
- **Veri girişi ve çıkışı:** Pandas, verileri CSV, Excel, JSON, HTML ve SQL gibi çeşitli dosya formatlarına içe ve dışa aktarmak için işlevler sağlar ve potansiyel olarak DataFrame 'yi veri toplama ve dağıtımı için merkezi bir merkez haline getirir.

CSV ve XLSX 'in aksine Pandas DataFrame verilerle çalışırken daha fazla esneklik ve performans sağlar: RAM'de büyük miktarda bilgiyi işleyebilir, genişletilmiş veri türlerini (tarihler, mantıksal değerler ve zaman serileri dahil) destekler ve verileri filtreleme, toplama, birleştirme ve görselleştirme için kapsamlı yetenekler sağlar. CSV veri türleri ve yapısı hakkında bilgi depolamazken ve XLSX genellikle biçimlendirmeyle aşırı yüklenirken ve düşük ölçeklenebilirliğe sahipken, DataFrame hızlı analitik, süreç otomasyonu ve AI modelleriyle entegrasyon için en uygun seçim olmaya devam etmektedir (Şekil 3.4-7). İlerleyen bölümlerde verilerin bu yönlerinin her biri ayrıntılı olarak incelenecek, ayrıca kitabın 8. Bölümünde Parquet, Apache Orc, JSON, Feather, HDF5 ve veri ambarları gibi benzer formatlar ayrıntılı olarak ele alınacaktır (Şekil 8.1-2).

	XLSX	CSV	Pandas DataFrame
Storage	Tabular	Tabular	Tabular
Usage	Office tasks, data presentation	Simple data exchange	Data analysis, manipulation
Compression	Built-in	None	None (in-memory)
Performance	Low	Medium	High (memory dependent)
Complexity	High (formatting, styles)	Low	Low
Data Type Support	Limited	Very limited	Extended
Scalability	Low	Low	Medium (memory limited)

Şekil 3.4-7 DataFrame yüksek performans ve gelişmiş veri tipi desteği ile veri manipülasyonu için en uygun seçimdir.

Esnekliği, gücü ve kullanım kolaylığı sayesinde Pandas kütüphanesi ve DataFrame formatı Python veri analizinde fiili standart haline gelmiştir. Hem basit raporlar oluşturmak hem de özellikle LLM modelleriyle birlikte karmaşık analitik boru hatları oluşturmak için idealdirler.



Şekil 3.4-8 LLM'ler Pandas ile etkileşimi basitleştirir: kod yerine bir metin sorgusu yeterlidir.

Günümüzde Pandas, ChatGPT, LlaMa, DeepSeek, QWEN ve diğerleri gibi LLM tabanlı sohbet odalarında aktif olarak kullanılmaktadır. Birçok durumda, bir model tablo işleme, veri doğrulama veya analitik ile ilgili bir sorgu aldığında, Pandas kütüphanesini kullanarak tam olarak kod üretir. Bu, DataFrame'i yapay zeka ile diyaloglarda verileri temsil etmek için doğal bir "dil" haline getirir (Şekil 3.4-8).

Pandas gibi modern veri teknolojileri, verilerin analiz edilmesini, otomatikleştirilmesini ve iş süreçlerine entegre edilmesini kolaylaştırır. Hızlı bir şekilde sonuç verir, uzmanların iş yükünü azaltır ve tekrarlanabilir işlemler sağlar.

Sonraki adımlar: sürdürülebilir bir veri çerçevesi oluşturmak

Bu bölümde inşaat sektöründe kullanılan temel veri türlerini inceledik, bunları depolamak için kullanılan farklı formatlar hakkında bilgi edindik ve LLM ve IDE'ler de dahil olmak üzere modern araçların bilgi işlemedeki rolünü analiz ettik. Etkili veri yönetiminin, bilinçli karar verme ve iş süreci otomasyonunun temeli olduğunu öğrendik. Verilerini yapılandırabilen ve düzenleyebilen kuruluşlar, veri işleme ve dönüştürme aşamalarında önemli bir rekabet avantajı elde etmektedir.

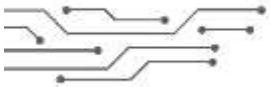
Bu bölümü özetlemek gerekirse, tartışılan yaklaşımları günlük işlerinizde uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var:

- Süreçleriniz için bir veri denetimi gerçekleştirin
  - Projelerinizde kullandığınız tüm veri türlerinin bir envanterini çıkarın

  - ☐ İş süreçleriniz için hangi veri türlerinin ve modellerinin en kritik olduğunu belirleyin
  - ☐ Bilginin genellikle yapılandırılmamış, zayıf yapılandırılmış veya erişilemez olduğu sorunlu alanların belirlenmesi
- Bir veri yönetimi stratejisi oluşturmaya başlayın
  - ☐ Farklı veri türleriyle başa çıkmak için politika sorunlarını ve standartları gündeme getirin
  - ☐ Yapılandırılmamış verileri yapılandırılmış verilere dönüştürerek hangi iş akışlarınızın iyileştirilebileceğini analiz edin
  - ☐ Güvenlik ve gizliliği dikkate alan bir veri depolama ve erişim politikası oluşturun
- Verilerle çalışmak için temel araçları kurun ve ustalaşın
  - ☐ Görevlerinize uygun bir IDE seçin (örneğin VS Code veya Jupyter Notebook'u yükleyin)
  - ☐ Kişisel verilerinizi gizli tutmak için yerel bir LLM kurmayı deneyin
  - ☐ XLSX tablo verilerini işlemek için Pandas kütüphanesi ile denemeler yapmaya başlayın
  - ☐ LLM'ye elektronik tablo araçlarında veya veritabanlarında gerçekleştirdiğiniz tipik görevleri açıklayın ve LLM'den Pandas kullanarak işi otomatikleştirmesini isteyin

Bu adımları uygulamak, verilerle çalışma yaklaşımınızı kademeli olarak dönüştürmenize, farklı, yapılandırılmamış veri setlerinden verilerin erişilebilir ve anlaşılabilir bir varlık haline geldiği birleşik bir ekosisteme geçmenize olanak tanıyacaktır. Küçük adımlarla başlayın - Pandas'ta ilk DataFrame'inizi oluşturun, yerel bir LLM çalıştırın, Python kullanarak ilk rutin görevinizi otomatikleştirin (örneğin Excel elektronik tabloları).

Kitabın dördüncü bölümü veri kalitesi, veri organizasyonu, yapılandırma ve modelleme konularına odaklanacaktır. PDF'ler ve metinlerden görüntülere ve CAD modellerine kadar farklı veri kaynaklarını analiz ve otomasyona uygun yapılandırılmış veri setlerine dönüştüren metodolojilere odaklanacağız. Ayrıca veri gereksinimlerinin nasıl biçimlendirildiğini, inşaat projelerinde kavramsal ve mantıksal modellerin nasıl oluşturulduğunu ve modern dil modellerinin (LLM'ler) bu sürece nasıl yardımcı olabileceğini keşfedeceğiz.



IV KISIM

VERİ KALİTESİ: ORGANİZASYON, YAPILANDIRMA, MODELLEME

Dördüncü bölüm, farklı bilgilerin yüksek kalitede yapılandırılmış veri setlerine dönüştürülmesini sağlayan metodoloji ve teknolojilere odaklanmaktadır. İnşaat projelerinde etkili bilgi mimarisi için bir temel olarak veri gereksinimlerini oluşturma ve belgeleme süreçleri ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Çeşitli kaynaklardan (PDF -dokümanlar, resimler, metin dosyaları, CAD -modeller) yapılandırılmış bilgi çıkarmanın pratik yöntemleri uygulama örnekleriyle birlikte sunulmaktadır. Verilerin otomatik olarak doğrulanması ve onaylanması için düzenli ifadelerin (RegEx) ve diğer araçların kullanımı analiz edilmektedir. Kavramsal, mantıksal ve fiziksel seviyelerde veri modelleme süreci, inşaat sektörünün özellikleri dikkate alınarak adım adım açıklanmaktadır. Bilginin yapılandırılması ve doğrulanması süreçlerini otomatikleştirmek için dil modellerinin (LLM) kullanımına ilişkin özel örnekler gösterilmektedir. Analiz sonuçlarının görselleştirilmesine yönelik etkili yaklaşımlar önerilmekte ve inşaat proje yönetiminin tüm seviyeleri için analitik bilgilerin kullanılabilirliği artırılmaktadır

BÖLÜM 4.1.
VERILERIN YAPILANDIRILMIŞ BIR FORMA DÖNÜŞTÜRÜLMESI

Veri odaklı ekonomi çağında, veri bir engel olmaktan ziyade karar verme sürecinin temeli haline geliyor. Şirketler, bilgileri sürekli olarak her yeni sisteme ve onun formatlarına uyarlamak yerine, tüm süreçler için evrensel bir doğruluk kaynağı olarak hizmet veren tek bir yapılandırılmış veri modeli oluşturmaya çalışmaktadır. Modern bilgi sistemleri formatlar ve arayüzler etrafında değil, verilerin anlamı etrafında tasarlanmaktadır - çünkü yapı değişebilir, ancak bilginin anlamı çok daha uzun süre aynı kalır.

> Verilerle etkili bir şekilde çalışmanın anahtarı, onları durmaksızın dönüştürmek değil, en başından itibaren doğru bir şekilde organize etmektir: proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında şeffaflık, otomasyon ve entegrasyon sağlayabilen evrensel bir yapı oluşturmak.

Geleneksel yaklaşım, her yeni platform uygulamasında manuel ayarlamalar yapılmasını zorunlu kılar: verilerin taşınması, öznitelik adlarının değiştirilmesi, formatların ayarlanması. Bu adımlar verilerin kalitesini artırmıyor, yalnızca sorunları maskeliyor ve sonu gelmeyen dönüşümlerden oluşan bir kısır döngü yaratıyor. Sonuç olarak, şirketler belirli yazılım çözümlerine bağımlı hale gelir ve dijital dönüşüm yavaşlar.

İlerleyen bölümlerde, verilerin nasıl doğru yapılandırılacağına ve ardından evrensel modellerin nasıl oluşturulacağına, platform bağımlılığının nasıl en aza indirileceğine ve en önemli şeye, yani sürdürülebilir süreçlerin etrafında inşa edildiği stratejik bir kaynak olarak verilere nasıl odaklanılacağına bakacağız.

Belgelerin, PDF'lerin, resimlerin ve metinlerin yapılandırılmış formatlara nasıl dönüştürüleceğini öğrenme

İnşaat projelerinde, bilgilerin büyük çoğunluğu yapılandırılmamış biçimde bulunur: teknik belgeler, iş beyanları, çizimler, şartnameler, programlar, protokoller. Bunların hem format hem de içerik açısından çeşitliliği entegrasyon ve otomasyonu zorlaştırır.

> Yapılandırılmış veya yarı yapılandırılmış formatlara dönüştürme süreci, girdi verilerinin türüne ve istenen işleme sonuçlarına bağlı olarak değişebilir.

Verileri yapılandırılmamış formdan yapılandırılmış forma dönüştürmek hem bir sanat hem de bir bilimdir. Bu süreç, girdi verilerinin türüne ve analizin amacına bağlı olarak değişir ve genellikle temiz, düzenli bir veri seti üretme hedefiyle veri mühendisinin (Şekil 3.2-5) ve analistin çalışmalarının önemli bir bölümünü kapsar.

Şekil 4.1-1 Yapılandırılmamış bir taranmış belgeyi yapılandırılmış bir tablo biçimine dönüştürme.

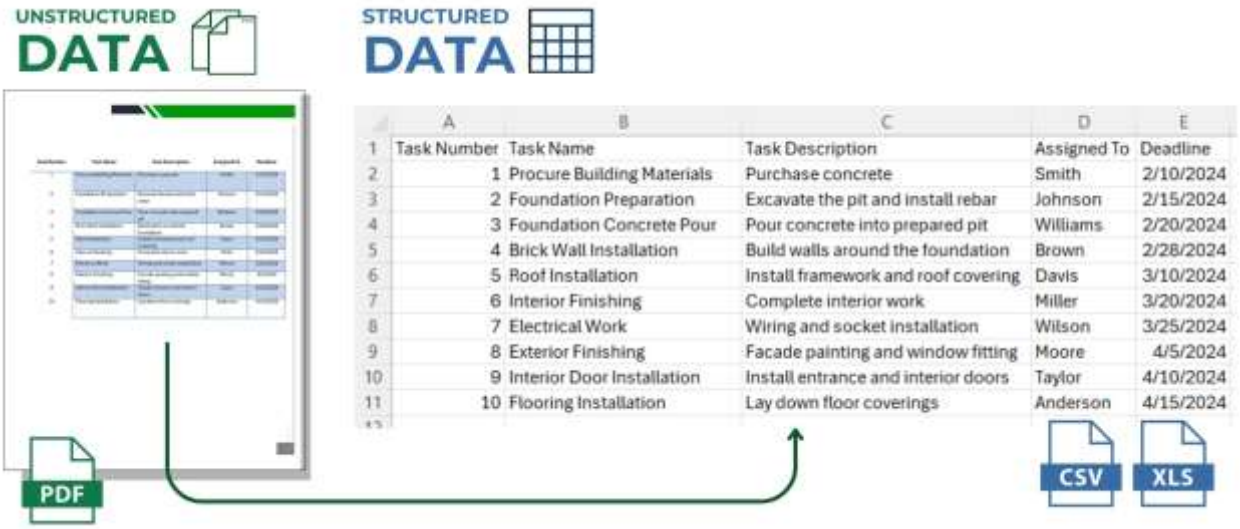
Belgeleri, PDF, resimleri ve metinleri yapılandırılmış bir formata dönüştürmek (Şekil 4.1-1) aşağıdaki adımları içeren adım adım bir süreçtir:

- Extract): Bu adımda, yapılandırılmamış veri içeren bir kaynak belge veya görüntü yüklenir. Bu, örneğin bir PDF dokümanı, bir fotoğraf, bir çizim veya bir şematik olabilir.
- **Veri dönüşümü** (Transform): Bunu, yapılandırılmamış verilerin yapılandırılmış bir formata dönüştürülmesi adımı takip eder. Örneğin, bu işlem optik karakter tanıma (OCR) veya diğer işleme yöntemleri kullanılarak görüntülerdeki metnin tanınmasını ve yorumlanmasını içerebilir.
- **Verilerin yüklenmesi ve kaydedilmesi** (Load): Son adım, işlenen **verilerin** daha sonraki çalışmalar için CSV, XLSX, XML, JSON gibi çeşitli formatlarda kaydedilmesini içerir; burada format seçimi özel gereksinimlere ve tercihlere bağlıdır.

ETL (Extract, Transform, Load) olarak bilinen bu süreç, otomatik veri işlemede önemli bir rol oynamaktadır ve "ETL ve Pipeline: Extract, Transform, Load" bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Daha sonra, farklı formatlardaki belgelerin yapılandırılmış verilere nasıl dönüştürüldüğüne dair örneklere bakacağız.

Bir PDF belgesini tabloya dönüştürme örneği

İnşaat projelerindeki en yaygın görevlerden biri, şartnameleri PDF formatında işlemektir. Yapılandırılmamış verilerden yapılandırılmış bir formata geçişi göstermek için pratik bir örnek ele alalım: bir PDF belgesinden bir tablo çıkarmak ve bunu CSV veya Excel formatına dönüştürmek (Şekil 4.1-2).



	A	B	C	D	E
1	Task Number	Task Name	Task Description	Assigned To	Deadline
2	1	Procure Building Materials	Purchase concrete	Smith	2/10/2024
3	2	Foundation Preparation	Excavate the pit and install rebar	Johnson	2/15/2024
4	3	Foundation Concrete Pour	Pour concrete into prepared pit	Williams	2/20/2024
5	4	Brick Wall Installation	Build walls around the foundation	Brown	2/28/2024
6	5	Roof Installation	Install framework and roof covering	Davis	3/10/2024
7	6	Interior Finishing	Complete interior work	Miller	3/20/2024
8	7	Electrical Work	Wiring and socket installation	Wilson	3/25/2024
9	8	Exterior Finishing	Facade painting and window fitting	Moore	4/5/2024
10	9	Interior Door Installation	Install entrance and interior doors	Taylor	4/10/2024
11	10	Flooring Installation	Lay down floor coverings	Anderson	4/15/2024

Şekil 4.1-2 PDF formatının aksine CSV ve XLSX formatları yaygındır ve çeşitli veri yönetim sistemlerine kolayca entegre edilebilir.

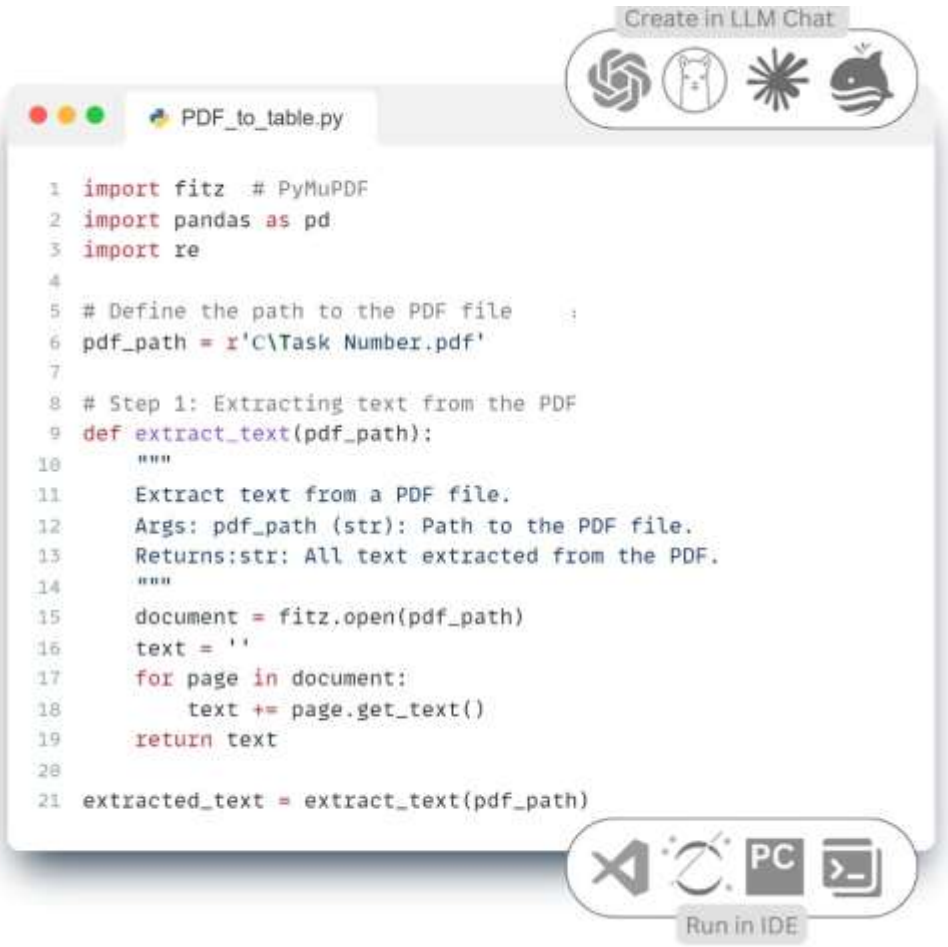
ChatGPT, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN gibi LLM dil modelleri, veri bilimcilerin verilerle çalışma şeklini büyük ölçüde basitleştirerek programlama dillerinin derinlemesine öğrenilmesi ihtiyacını azaltır ve birçok görevin metin sorgularıyla çözülmesine olanak tanır.

Bu nedenle, internette çözüm aramak için zaman harcamak (genellikle StackOverFlow web sitesi veya tematik forumlar ve sohbetler) veya veri işleme uzmanlarıyla iletişime geçmek yerine, modern çevrimiçi veya yerel LLM'lerin yeteneklerini kullanabiliriz. Bir sorgu sormak yeterlidir ve model PDF dokümanını tablo formatına dönüştürmek için hazır kod sağlayacaktır.

- Aşağıdaki metin isteğini herhangi bir LLM modeline gönderin (CHATGRT, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN veya başka herhangi biri):

> Lütfen tablo içeren bir PDF dosyasından metin ayıklamak için bir kod yazın. Kod, dosya yolunu bir argüman olarak almalı ve çıkarılan tabloyu bir DataFrame olarak döndürmelidir⏎

- LLM -model yanıtı çoğu durumda Python'da kod şeklinde olacaktır, çünkü bu dil veri işleme, otomasyon ve çeşitli dosya formatlarıyla çalışmak için yaygın olarak kullanılmaktadır:



Şekil 4.1-3 Python kodu ve kütüphaneleri ve paketleri (Pandas, Fitz) biçimindeki LLM yanıtı, bir PDF dosyasından metin çıkarır.

Bu kod (Şekil 4.1-3) yukarıda bahsettiğimiz popüler IDE'lerden birinde çevrimdışı olarak çalıştırılabilir: PyCharm, Visual Studio Code (VS Code), Jupyter Notebook, Spyder, Atom, Sublime Text, PyDev eklentili Eclipse, Thonny, Wing IDE, Python eklentili IntelliJ IDEA, JupyterLab veya popüler çevrimiçi araçlar: Kaggle.com, Google Collab, Microsoft Azure Notebooks, Amazon SageMaker.

- "Dönüştür" adımında, çıkarılan metni DataFrame içine okumak ve DataFrame'i bir CSV tablo dosyasına veya XLXS kaydetmek için popüler Pandas kütüphanesini ("Python Pandas: verilerle çalışmak için vazgeçilmez bir araç" bölümünde ayrıntılı olarak tartıştık) kullanıyoruz:

> Bir PDF dosyasından elde edilen tabloyu bir DataFrame dosyasına dönüştürecek koda ihtiyacım var. Ayrıca DataFrame'i bir CSV dosyasına kaydetmek için kod ekleyin ⏎

LLM'nin yanıtı:

Create in LLM Chat

PDF_to_table.py

```python
# Step 2: Converting the extracted text to a DataFrame
def text_to_df(text):
    """
    Convert extracted text to a pandas DataFrame.
    Args: text (str): Extracted text from a PDF file.
    Returns: pandas.DataFrame: DataFrame representation of the text.
    """
    lines = text.split('\n')
    data = []
    for line in lines:
        if line.strip():  # Check if line is not empty
            data.append(re.split(r'\s{2,}', line))

    # Determine the number of columns based on the longest row
    num_columns = max(len(row) for row in data)

    # Create DataFrame with dynamic columns
    df = pd.DataFrame(data, columns=[f'Column{i+1}' for i in range(num_columns)])
    return df

df = text_to_df(extracted_text)

# Save the DataFrame to a CSV file
csv_path = 'C:\extracted_table.csv'
df.to_csv(csv_path, index=False)
```

Run in IDE

Şek. 4.1-4 Çıkarılan tablonun PDF'den DataFrame'e dönüştürülmesi ve tablonun bir CSV dosyasına kaydedilmesi.

Kod yürütme sırasında bir hata oluşursa (Şekil 4.1-3, Şekil 4.1-4) - örneğin eksik kütüphaneler veya yanlış dosya yolu nedeniyle - hata metni kaynak kodla birlikte kopyalanabilir ve LLM modeline yeniden gönderilebilir. Model hata mesajını analiz edecek, sorunun ne olduğunu açıklayacak ve düzeltmeler veya ek adımlar önerecektir.

> Bu şekilde, AI LLM ile etkileşim tam bir döngü haline gelir: istek→ yanıt→ test→ geri bildirim→ düzeltme - derin teknik bilgiye ihtiyaç duymadan.

LLM'de bir düz metin sorgusu chat ve herhangi bir IDE'de yerel olarak çalıştırabileceğimiz bir düzine Python satırı kullanarak, bir PDF belgesini, PDF belgesinin aksine, kolayca makine tarafından okunabilen ve herhangi bir veri yönetim sistemine hızlı bir şekilde entegre edilebilen tablo CSV formatına dönüştürdük.

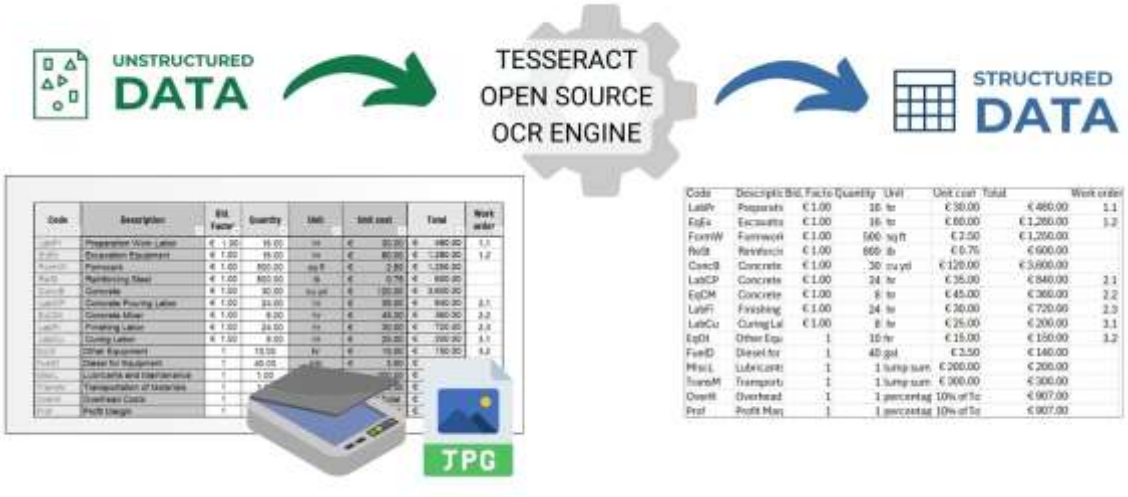
Bu kodu (Şekil 4.1-3, Şekil 4.1-4) herhangi bir LLM sohbet odasından kopyalayarak sunucudaki onlarca veya binlerce yeni PDF belgesine uygulayabilir, böylece yapılandırılmamış belge akışını yapılandırılmış bir CSV tablo formatına dönüştürme işlemini otomatikleştirebiliriz.

Ancak PDF belgeleri her zaman metin içermez, çoğu zaman görüntü olarak işlenmesi gereken taranmış belgelerdir. Görüntüler doğası gereği yapılandırılmamış olsa da, tanıma kütüphanelerinin geliştirilmesi ve uygulanması, içeriklerini çıkarmamıza, işlememize ve analiz etmemize olanak tanıyarak bu verileri iş süreçlerimizde tam olarak kullanmamızı sağlar.

JPEG, PNG görüntüsünü yapılandırılmış forma dönüştürme

Görüntüler, yapılandırılmamış verilerin en yaygın biçimlerinden biridir. İnşaat ve diğer birçok sektörde, taranmış belgeler, şemalar, fotoğraflar ve çizimler şeklinde büyük miktarda bilgi depolanmaktadır. Bu tür veriler değerli bilgiler içerir ancak bir Excel elektronik tablosu veya bir veritabanı gibi doğrudan işlenemez. Görüntüler çok sayıda karmaşık bilgi içerir çünkü içerikleri, renkleri, dokuları çeşitlidir ve yararlı bilgileri çıkarmak için özel işlem gerekir.

Görüntülerin bir veri kaynağı olarak kullanılmasındaki zorluk yapı eksikliğidir. Görüntüler, bir Excel elektronik tablosunun veya bir veritabanı tablosunun yaptığı gibi, bir bilgisayarın hemen anlayabileceği veya işleyebileceği doğrudan, kolayca ölçülebilir bir şekilde anlam iletmez. Yapılandırılmamış görüntü verilerini yapılandırılmış bir forma dönüştürmek için, içerdikleri görsel bilgileri yorumlayabilen özel kütüphaneler kullanılmalıdır (Şekil 4.1-5).



Şek. 4.1-5 Taranan belgelerin ve görüntülerin yapılandırılmış formatlara dönüştürülmesi özel OCR araçları ile mümkündür.

OCR (Optik Karakter Tanıma) teknolojisi görüntülerden metin çıkarmak için kullanılır. Belge taramalarındaki, fotoğraflardaki ve PDF dosyalarındaki harfleri ve sayıları tanıyarak bunları düzenlenebilir ve makine tarafından okunabilir metinlere dönüştürmenizi sağlar. OCR teknolojileri belge otomasyonunda uzun süredir kullanılmaktadır ve günümüzde tüm iş süreçlerine ve Python uygulamalarına kolayca entegre edilebilmektedir. En popüler OCR araçlarından biri, başlangıçta HP™ tarafından geliştirilen ve şimdi Google™ tarafından desteklenen açık kaynaklı bir olan Tesseract'tır. 100'den fazla dili destekler ve yüksek tanıma doğruluğuna sahiptir.

LLM chat'ten taranmış veya fotoğrafı çekilmiş bir tablodan yapılandırılmış bir şekilde veri almak için örnek kod yazmasını isteyelim.

- LLM sohbetine bir metin isteği gönderin (ChatGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN veya başka herhangi biri):

> Tablo içeren bir JPEG görüntüsünü DataFrame tablosuna dönüştürmek için kod yazın ⏎

- LLM'nin yanıtı çoğu durumda görüntülerdeki metni tanımak için Pytesseract kütüphanesinin kullanılmasını önerecektir:

Create in LLM Chat

group.py

```
import pytesseract
from PIL import Image
import pandas as pd

# Load the image from file
image_path = '/mnt/data/ConstructiontDDC,
image = Image.open(image_path)

# Use Tesseract to convert the image to text
text = pytesseract.image_to_string(image, lang='eng')

# Split the text into lines and then columns
rows = text.split('\n')
data = [row.split('\t') for row in rows if row.strip()]

# Create a DataFrame using pandas
# Assuming the first row is the header
df = pd.DataFrame(data[1:], columns=data[0])

# Display the DataFrame
df.head()  # Show only the first few rows for brevity
```

Run in IDE

Şekil 4.1-6 Bir görüntü veya fotoğraf tablosundan çıkarılan metni yapılandırılmış bir tablo temsiline dönüştürün.

Bu örnekte - LLM'den türetilen kod (Şekil 4.1-6), bir görüntüyü OCR (optik karakter tanıma) kullanarak metne dönüştürmek için pytesseract kütüphanesini (Python için Tesseract) ve bu metni yapılandırılmış bir forma, yani bir DataFrame dönüştürmek için Pandas kütüphanesini kullanır.

> Dönüştürme işlemi genellikle görüntü kalitesini artırmak için ön işlemeyi içerir, ardından örüntü algılama, özellik çıkarma veya nesne tanıma için çeşitli algoritmalar uygulanır. Sonuç olarak, yapılandırılmamış görsel bilgiler yapılandırılmış verilere dönüştürülür.

PDF ve resimler yapılandırılmamış bilginin temel kaynakları olsa da, hacim açısından gerçek şampiyonu e-postalarda, sohbetlerde, toplantılarda ve mesajlaşma programlarında oluşturulan metinlerdir. Bu veriler sadece çok sayıda değil, aynı zamanda dağınık, gayri resmi ve son derece kötü yapılandırılmış durumdadır.

Metin verilerini yapılandırılmış bir forma dönüştürme

Tablolar içeren PDF belgelerine (Şekil 4.1-2) ve tablo formlarının taranmış versiyonlarına (Şekil 4.1-5) ek olarak, proje belgelerindeki bilgilerin önemli bir kısmı metin biçiminde sunulur. Bu bilgiler hem metin belgelerinde tutarlı cümleler hem de çizim ve şemalara dağılmış parçalı kayıtlar olabilir. Modern veri işleme koşullarında, en yaygın görevlerden biri bu tür metinleri analiz, görselleştirme ve karar verme için uygun yapılandırılmış bir formata dönüştürmektir.

Bu sürecin merkezinde, bilginin ortak özelliklere dayalı olarak kategoriler ve alt kategoriler halinde düzenlenmesini sağlayan bir sınıflandırma sistemi olan taksonomi yer almaktadır.

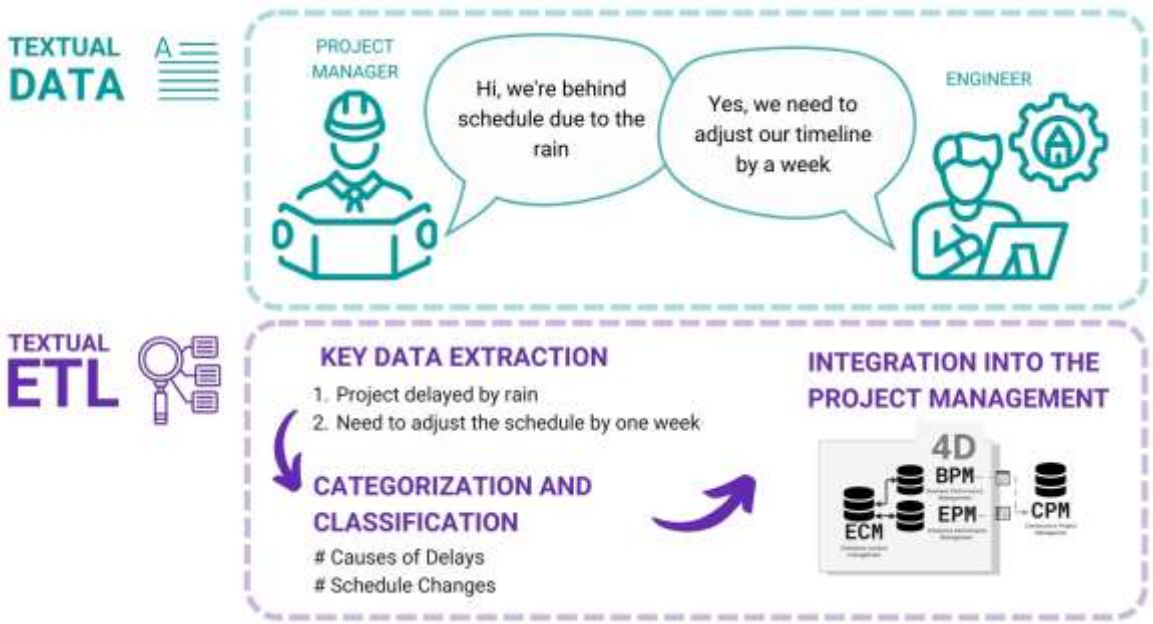
> **Taksonomi**, nesneleri gruplamak ve düzenlemek için kullanılan hiyerarşik bir sınıflandırma yapısıdır. Metin işleme bağlamında, öğeleri sistematik olarak anlamsal kategorilere ayırmak için bir temel görevi görür, böylece analizi basitleştirir ve veri işleme kalitesini artırır.

Taksonomi oluşturmaya varlık çıkarma, kategorizasyon ve bağlamsallaştırma adımları eşlik eder. Metinsel verilerden bilgi çıkarma sürecini modellemek için, daha önce PDF belgelerinden veri yapılandırmak için uyguladıklarımıza benzer olan aşağıdaki adımları izlememiz gerekir:

- Extract): Proje programındaki gecikmeler ve değişiklikler hakkında bilgi çıkarmak için metin verilerini analiz etmeniz gerekir.
- **Kategorizasyon ve sınıflandırma** (Transofrm): alınan bilgileri kategorize edin, örneğin gecikme nedenleri ve program değişiklikleri.
- **Entegrasyon** (Yük): Sonunda, harici veri yönetim sistemlerine **entegrasyon** için yapılandırılmış verileri hazırlıyoruz.

Bir durum düşünün: Bir proje yöneticisi ile bir mühendis arasında programla ilgili sorunların tartışıldığı bir diyalog var. Amacımız temel unsurları (gecikme nedenleri, program ayarlamaları) çıkarmak ve bunları yapılandırılmış bir şekilde sunmaktır (Şekil 4.1-7).

Beklenen anahtar kelimelere göre ayıklama yapalım, veri ayıklamayı simüle etmek için bir DataFrame oluşturalım ve dönüşümden sonra tarih, olay (örneğin, gecikme nedeni) ve eylem (örneğin, program değişikliği) sütunlarını içerecek yeni bir DataFrame tablosu oluşturalım.



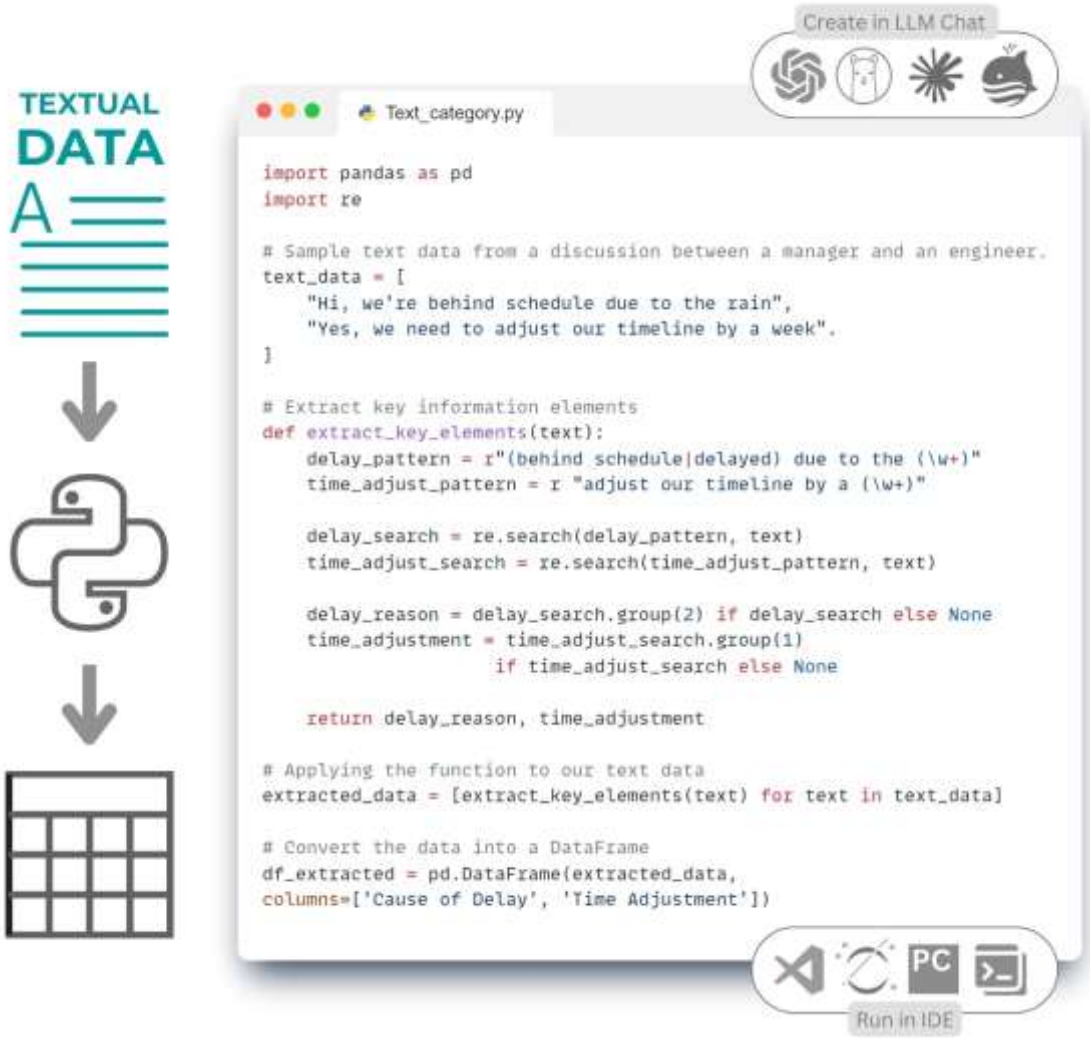
Şekil 4.1-7 Zaman çizelgelerini ayarlama ve değişiklikleri proje yönetim sistemine entegre etme ihtiyacı hakkında metindeki önemli bilgilerin vurgulanması.

İşte önceki örneklerde olduğu gibi dil modellerinden birinde bir metin sorgusu kullanarak sorunu çözmek için kod.

- Herhangi bir LLM sohbet odasına metin isteği gönderin:

> Bir yönetici ile "Merhaba, yağmur nedeniyle programın gerisindeyiz" ve bir mühendis arasında "Evet, teslim tarihini bir hafta ayarlamamız gerekiyor" şeklinde bir konuşma yapıyorum. Gelecekteki benzer metin diyaloglarını analiz edecek, bunlardan gecikmelerin nedenlerini ve gerekli son tarih ayarlamalarını çıkaracak ve ardından bu verilerden bir DataFrame oluşturacak bir komut dosyasına ihtiyacım var. DataFrame daha sonra bir CSV dosyasına kaydedilmelidir ⏎

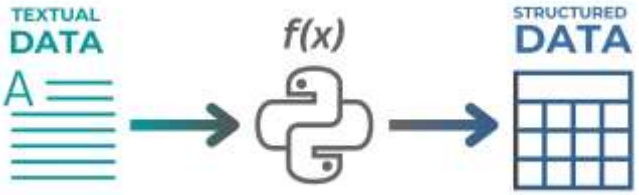
- LLM'den gelen yanıt genellikle düzenli ifadeler (re - Regex) ve Pandas (pd) kütüphanesi kullanan Python kodunu içerecektir:



Şekil 4.1-8 Bir tablodaki son tarihlerin ayarlanması ihtiyacına ilişkin metindeki önemli bilgilerin vurgulanması.

Bu örnekte (Şekil 4.1-7), bir proje yöneticisi ile bir mühendis arasındaki yazışmaları içeren metin verileri, benzer diyaloglarla gelecekteki projelerin yönetimini etkileyebilecek belirli bilgileri belirlemek ve çıkarmak için analiz edilir. Düzenli ifadeler kullanılarak ("Yapılandırılmış Gereksinimler ve RegEx Düzenli İfadeler " bölümünde düzenli ifadeler hakkında daha fazla tartışacağız), proje gecikmelerinin nedenleri ve zaman çizelgesinde gerekli ayarlamalar kalıplar aracılığıyla belirlenir. Bu örnekte yazılan fonksiyon, kalıplara dayalı olarak dizelerden ya gecikme nedenini ya da zaman ayarlamasını çıkarır: "because of" kelimesinden sonra gelen kelimeyi gecikme nedeni olarak ya da "by" kelimesinden sonra gelen kelimeyi zaman ayarlaması olarak seçer.

Bir satırda hava koşullarından kaynaklanan bir gecikmeden bahsediliyorsa, neden olarak "yağmur" tanımlanır; bir satırda belirli bir dönem için bir program ayarlamasından bahsediliyorsa, bu dönem bir zaman ayarlaması olarak çıkarılır (Şekil 4.1-9). Bir satırda bu kelimelerden herhangi birinin bulunmaması, ilgili öznitelik sütunu için "Yok" değeriyle sonuçlanır.



Text string	Cause of Delay	Time Adjustment
0	rain	None
1	None	week

Şekil 4.1-9 Kodun çalıştırılmasından sonra DataFrame olarak elde edilen özet tablo, gecikmelerin varlığı ve gerekli zaman ayarlamaları hakkında bilgi içerir.

Metinden (diyalog, mektup, belge) koşulların yapılandırılması ve parametrelendirilmesi, inşaattaki gecikmelerin hızlı bir şekilde ortadan kaldırılmasına olanak tanır: örneğin, işçi eksikliği kötü hava koşullarında çalışma hızını etkileyebilir, bu nedenle şantiyedeki ustabaşı ile proje yöneticisi arasındaki diyaloglardan (Şekil 4.1-9) gecikme parametrelerini önceden bilen şirketler, olumsuz bir tahmin durumunda ekibi güçlendirebilir

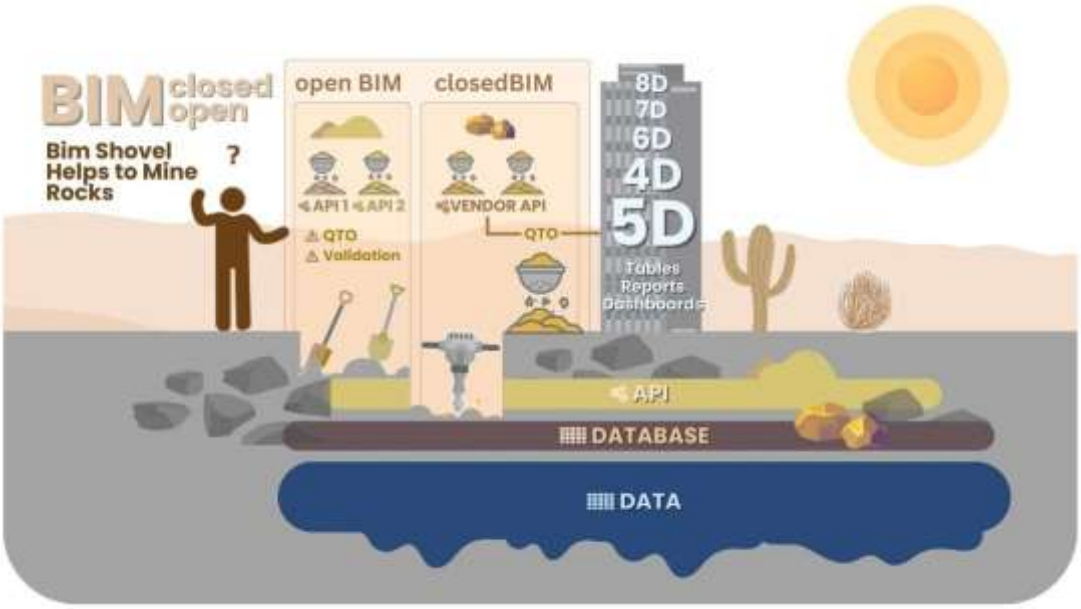
Belgeleri ve görüntüleri yapılandırılmış bir formata dönüştürmek nispeten basit, açık ve ücretsiz kategorizasyon tabanlı araçlar kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Unsurların kategorize edilmesi, özellikle CAD yazılımı kullanımı bağlamında, proje verileriyle çalışmanın önemli bir parçasıdır (BIM).

CAD verilerinin (BIM) yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesi

CAD verilerinin yapılandırılması ve kategorize edilmesi (BIM) daha karmaşık bir görevdir çünkü CAD (BIM) veri tabanlarından depolanan veriler neredeyse her zaman kapalı veya karmaşık parametrik formatlardadır ve genellikle geometrik veri unsurlarını (yarı yapılandırılmış) ve meta bilgi unsurlarını (yarı yapılandırılmış veya yapılandırılmış veriler) aynı anda birleştirir.

CAD (BIM) sistemlerindeki yerel veri formatları, özel yazılım veya API - geliştiricinin kendi arayüzleri (Şekil 4.1-10) dışında genellikle korunur ve doğrudan kullanım için erişilemez. Verilerin bu şekilde izole edilmesi, serbest bilgi alışverişini sınırlayan ve şirkette uçtan uca dijital süreçlerin oluşturulmasını engelleyen kapalı depolama siloları oluşturur.



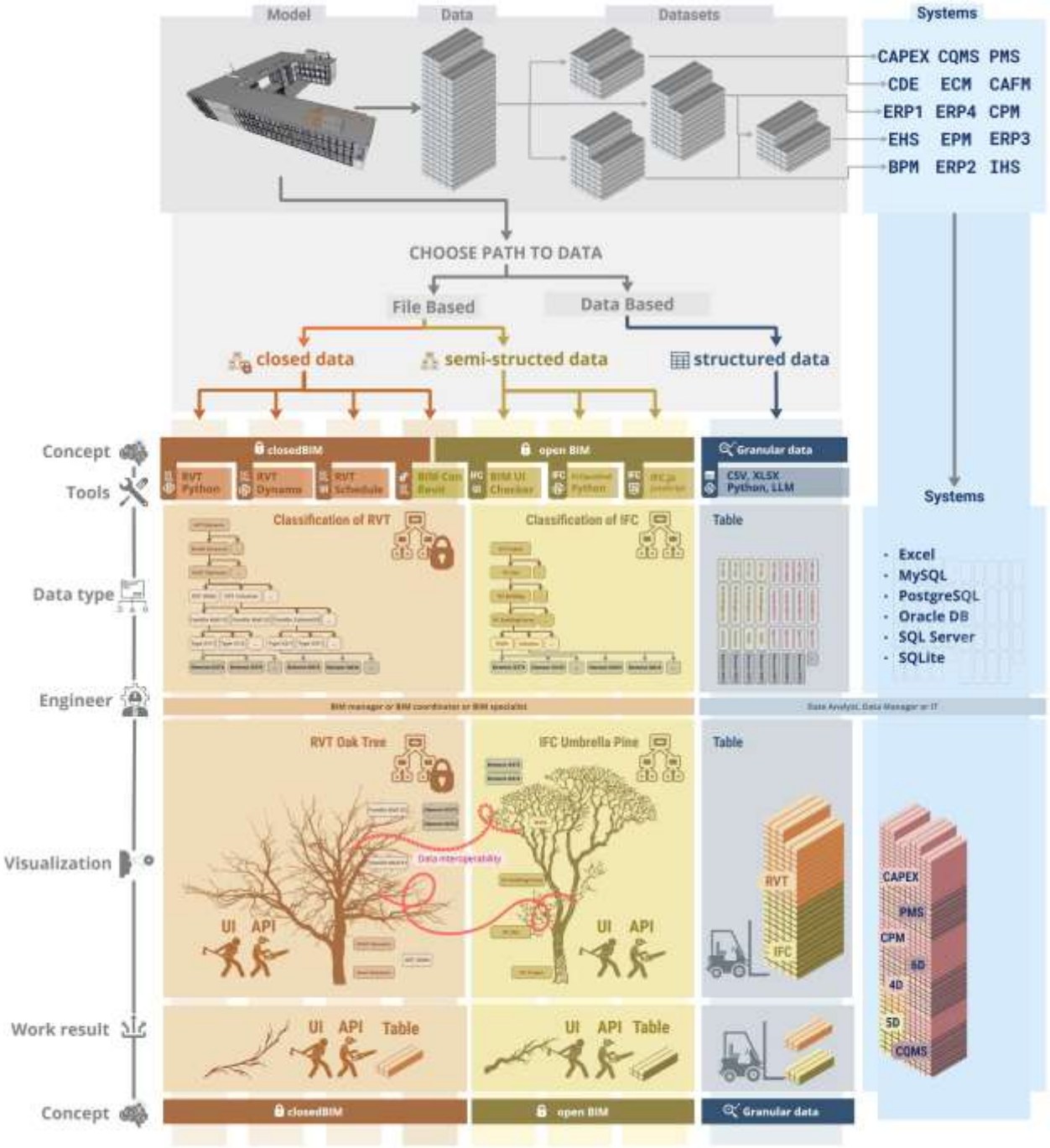
Şekil 4.1-10 CAD uzmanları (BIM) API -bağlantıları veya satıcı araçları aracılığıyla yerel verilere erişebilir.

Özel CAD (BIM) formatlarında, proje unsurlarının özellikleri ve nitelikleri hakkındaki bilgiler, ilgili özelliklere sahip varlıkların bir meyve ağacının meyvesi gibi veri sınıflandırma dallarının en son düğümlerinde yer aldığı hiyerarşik bir sınıflandırma sisteminde toplanır (Şekil 4.1-11).

Bu tür hiyerarşilerden veri çıkarmak iki şekilde mümkündür: ya manuel olarak, bir ağacı işler gibi her bir düğüme tıklayarak, seçilen kategori ve tür dallarını bir baltayla keserek. Alternatif olarak, uygulama programlama arayüzlerinin (API'ler) kullanılması, verilerin alınması ve gruplandırılması için daha verimli, otomatik bir yaklaşım sağlar ve sonunda diğer sistemlerde kullanılmak üzere yapılandırılmış bir tabloya dönüştürür.

Dynamo, pyRvt, Pandamo (Pandas + Dynamo), ACC gibi farklı araçlar veya IFC formatı için IfcOpSh veya IFCjs gibi açık kaynaklı çözümler, CAD (BIM) projelerinden yapılandırılmış veri tabloları çıkarmak için kullanılabilir.

Modern veri dışa aktarma ve dönüştürme araçları, CAD modellerinin içeriğini iki temel bileşene ayırarak veri işlemeyi ve hazırlamayı basitleştirmeye olanak tanır: geometri bilgileri ve öznitelik verileri (Şekil 4.1-13) - tasarım öğelerinin özelliklerini açıklayan meta bilgiler (Şekil 3.1-16). Bu iki veri katmanı benzersiz tanımlayıcılar aracılığıyla birbirine bağlı kalır, bu sayede her bir öğeyi geometri tanımıyla (parametreler veya çokgenler aracılığıyla) özniteliklerine tam olarak eşlemek mümkündür: ad, malzeme, tamamlanma aşaması, maliyet vb. Bu yaklaşım modelin bütünlüğünü sağlar ve hem görselleştirme (geometrik model verileri) hem de analitik veya yönetim görevleri (yapılandırılmış veya gevşek yapılandırılmış) için verilerin esnek bir şekilde kullanılmasına ve iki veri türüyle ayrı ayrı veya paralel olarak çalışılmasına olanak tanır.



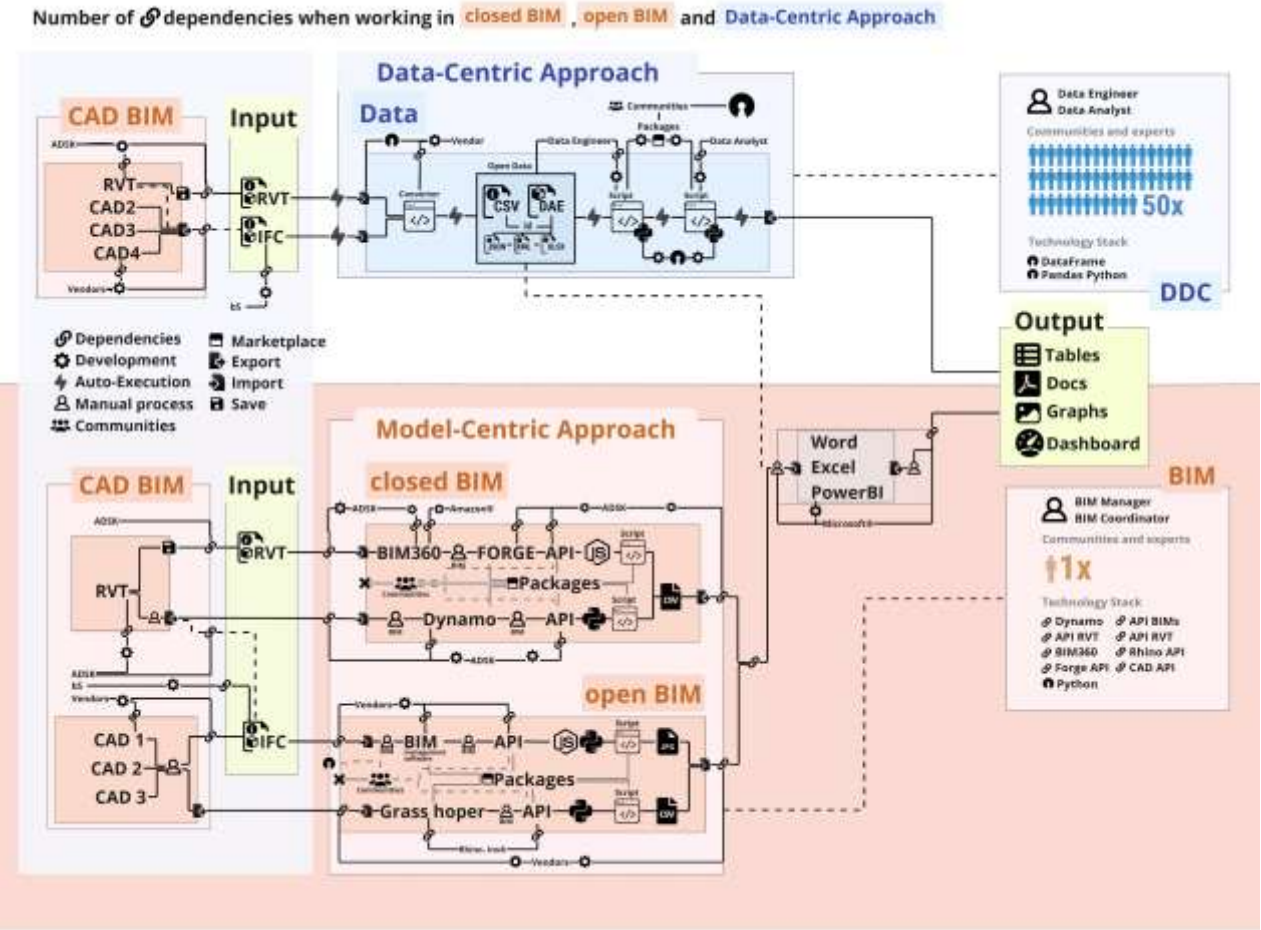
Şekil 4.1-11 CAD veritabanlarından gelen bilgilerin görünümü (BIM) kullanıcıya sınıflandırma ağaçları şeklinde sunulur.

Tersine mühendislik teknolojilerinin gelişmesi ve CAD veri dönüştürme için SDK'ların (Yazılım Geliştirme Kiti) ortaya çıkmasıyla - kapalı CAD yazılım formatlarından (BIM) verilerin kullanılabilirliği ve dönüştürülmesi çok daha kolay hale gelmiştir. Artık kapalı formatlardaki verileri yasal ve güvenli bir şekilde analize ve diğer sistemlerde kullanıma uygun evrensel formatlara dönüştürmek mümkündür.

İlk tersine mühendislik araçlarının ("Open DWG") tarihi ve CAD satıcılarının formatları üzerindeki hakimiyet mücadelesi "Yapılandırılmış veri: dijital dönüşümün temeli" bölümünde ele alınmıştır.

> Tersine mühendislik araçları, karışık CAD (BIM) formatındaki bilgileri kullanıcının ihtiyaç duyduğu veri türlerine ve formatlarına ayırarak verilerin kapalı tescilli formatlardan yasal olarak alınmasına olanak tanır, böylece işlenmesi ve analiz edilmesi daha kolay hale gelir.

Tersine mühendislik ve CAD veritabanlarından bilgiye doğrudan erişim kullanarak bilgiyi erişilebilir hale getirir, açık veri ve açık araçların yanı sıra standart araçlar kullanarak veri analizine, raporlar oluşturmaya, görselleştirmelere ve diğer dijital sistemlerle entegrasyona izin verir (Şekil 4.1-12).



Şekil 4.1-12 CAD verilerine doğrudan erişim, yazılım platformlarına bağımlılığı en aza indirir ve veri merkezli bir yaklaşıma doğru ilerler.

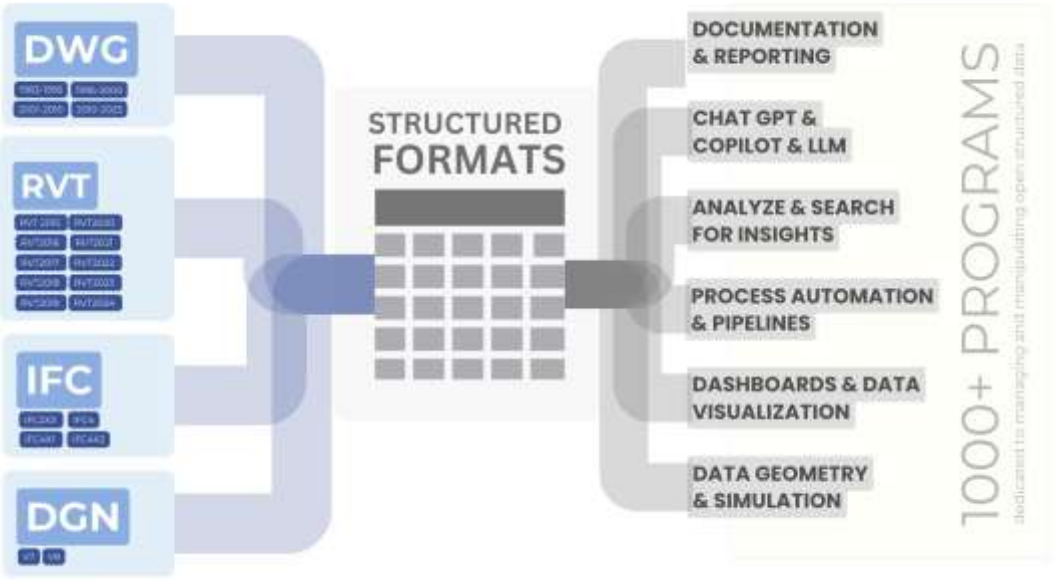
DWG formatı için 1996'dan beri, DGN formatı için 2008'den beri ve RVT için 2018'den beri tersine mühendislik araçları yardımıyla başlangıçta kapalı olan CAD veri formatlarını yapılandırılmış formatlar da dahil olmak üzere herhangi bir diğer formata uygun ve verimli bir şekilde dönüştürmek mümkün olmuştur (Şekil 4.1-13). Bugün, neredeyse tüm büyük CAD (BIM) ve dünyadaki büyük mühendislik şirketleri, kapalı CAD (BIM) satıcı formatlarından veri çıkarmak için SDK'lar - tersine mühendislik

araçları kullanmaktadır [92].

Şekil 4.1-13 Tersine mühendislik araçlarının kullanımı CAD (BIM) program veri tabanlarının herhangi bir uygun veri modeline dönüştürülmesini sağlar.

Verilerin kapalı, tescilli formatlardan açık formatlara dönüştürülmesi ve karışık CAD (BIM) formatlarının geometrik ve meta-bilgi öznitelik verilerine ayrılması, bu verilerle çalışma sürecini basitleştirerek analiz, manipülasyon ve diğer sistemlerle entegrasyon için kullanılabilir hale getirir (Şekil 4.1-14).

> Günümüzde CAD verileriyle yapılan çalışmalarda (BIM), CAD formatlarındaki bilgilere erişmek için CAD (BIM) satıcılarından izin almamıza gerek kalmayan bir noktaya ulaştık.



Şekil 4.1-14 Modern SDK araçları tescilli CAD veritabanı formatlarından (BIM) verilerin yasal olarak dönüştürülmesine izin verir.

CAD tasarım verilerinin işlenmesindeki mevcut trendler, veri dünyasındaki konumlarını güçlendirmek ve yeni formatlar ve konseptler yaratmak için çalışan önemli piyasa oyuncuları - CAD - satıcıları tarafından şekillendirilmeye devam ediyor.

CAD çözüm sağlayıcıları yapılandırılmış verilere doğru ilerliyor

2024 yılından itibaren tasarım ve inşaat sektörü, verilerin kullanımı ve işlenmesinde önemli bir teknolojik değişim geçiriyor. Tasarım verilerine ücretsiz erişim yerine, CAD -sistem satıcıları bir sonraki yeni kavramları tanıtmaya odaklanmaktadır. BIM (2002'de oluşturuldu) ve açık BIM (2012'de oluşturuldu) gibi yaklaşımlar yavaş yavaş yerini CAD satıcılarının tanıtmaya başladığı modern teknolojik çözümlere bırakıyor [93]:

- Verimli bilgi yönetimi ve veri analitiğine geçiş sağlayan "granüler" veri kullanımına doğru ilerleme
- USD formatının ortaya çıkışı ve esnek veri organizasyonu için Varlık-bileşen-sistem yaklaşımının uygulanması (ECS)
- Veri işleme, süreç otomasyonu ve veri analitiğinde yapay zekanın aktif kullanımı
- Birlikte çalışabilirliğin geliştirilmesi - farklı programlar, sistemler ve veri tabanları arasında daha iyi etkileşim

Bu hususların her biri "CAD and BIM: marketing, reality and the future of design data in construction" kitabının altıncı bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Bu bölümde sadece genel değişim vektörünü kısaca özetleyeceğiz: başlıca CAD tedarikçileri artık tasarım bilgilerinin yapılandırılma şeklini yeniden düşünmeye çalışmaktadır. Temel değişimlerden biri, tek tek model bileşenlerine sürekli erişim sağlayan granüler, analitik odaklı bir veri mimarisi lehine klasik dosya tabanlı depolama modelinin terk edilmesidir [93].

> Olup bitenlerin özü, endüstrinin geometrik çekirdekler gerektiren hantal, uzmanlaşmış ve parametrik formatları daha evrensel, makine tarafından okunabilir ve esnek çözümler lehine aşamalı olarak kaldırmasıdır.

Bu tür bir değişimin itici gücü, aslen bilgisayar grafikleri endüstrisinde geliştirilen, ancak simülasyonlar ve görselleştirmeler için NVIDIA Omniverse (ve Isaac Sim) platformunun geliştirilmesi sayesinde mühendislik uygulamalarında zaten tanınan USD (Evrensel Sahne Tanımı) formatıdır [93]. Parametrik IFC'nin aksine, USD daha basit bir yapı sunar ve geometri ile nesne özelliklerinin JSON formatında tanımlanmasına olanak tanır (Şekil 4.1-15), bu da bilgi işlemeyi kolaylaştırır ve dijital süreçlere entegrasyonunu hızlandırır. Yeni format geometrinin (BREP'e ek olarak -NURBS - daha fazla ayrıntı kitabının 6. Bölümünde) MESH poligonları şeklinde ve nesne özelliklerinin JSON'da depolanmasına izin verir, bu da otomatik süreçler ve bulut ekosistemlerinde çalışma için daha uygun hale getirir [94].

Bazı CAD ve ERP satıcıları halihazırda benzer formatları (örneğin NWD, SVF, CP2, CPIXML) kullanmaktadır, ancak bunların çoğu kapalı kalmakta ve harici kullanım için mevcut değildir, bu da veri entegrasyonu ve yeniden kullanım olanaklarını sınırlamaktadır. Bu bağlamda USD, DXF'nin zamanında oynadığı rolü oynayabilir - DWG gibi tescilli formatlara açık bir alternatif.

General Information			Comparison / Notes
Year of format creation	1991	2016	IFC focuses on construction data, USD on 3D graphics
Creator-developer	TU Munich	Pixar	IFC was founded in Germany, USD in America
Prototypes and predecessors	IGES, STEP	PTEX, DAE, GLTF	IFC evolved from IGES/STEP, USD from PTEX/DAE/GLTF
Initiator in Construction	ADSK	ADSK	ADSK initiated the adoption of both formats in construction
Organizer of the Alliance	ADSK	ADSK	ADSK organized both alliances
Name of the Alliance	bS (IAI)	AOUSD	Different alliances for each format
Year of Alliance Formation	1994	2023	The IFC alliance was formed in 1994, AOUSD for USD in 2023
Promoting in the construction	ADSK and Co	ADSK and Co	ADSK and Co actively promotes both formats in bS (IAI) since the introduction

Purpose and Usage			Comparison / Notes
Purpose	Semantic description and interoperability	Data simplification, visualization unification	IFC for semantics and exchange; USD for simplification and visualization
Goals and Objectives	Interoperability and semantics	Unification for visualization and data processing	IFC focuses on semantics; USD on visualization
Use in Other Industries	Predominantly in construction	In film, games, VR/AR, and now in construction	USD is versatile and used in various fields
Supported Data Types	Geometry, object attributes, metadata	Geometry, shaders, animation, light, and camera	USD supports a wider range of data types suitable for complex visualizations; IFC focuses on construction-specific data

Şekil 4.1-15 USD formatı, CAD satıcılarının birlikte çalışabilirlik ve tasarım verilerinin geometrik çekirdeklerden bağımsızlığı talebini karşılama girişimi olarak.

Büyük geliştiricilerin açık ve basitleştirilmiş USD, GLTF, OBJ, XML (kapalı NWD, CP2, SVF, SVF2, CPIXML) ve benzeri formatlara geçişi (Şekil 3.1-17), verilerin basitleştirilmesi ve erişilebilirliğin artırılmasına yönelik küresel eğilimi ve sektör talebini yansıtmaktadır. Önümüzdeki yıllarda, karmaşık parametrik standartlardan ve geometrik çekirdeklere bağımlı formatlardan daha hafif ve daha yapılandırılmış çözümler lehine kademeli olarak uzaklaşılmasını bekleyebiliriz. Bu geçiş, inşaat sektörünün dijitalleşmesini hızlandıracak, süreç otomasyonunu kolaylaştıracak ve veri alışverişini basitleştirecektir.

CAD -satıcılarının yeni açık formatları teşvik etmeye yönelik stratejik planlarına rağmen, inşaat sektörü profesyonelleri de tersine mühendislik araçlarını kullanarak CAD (BIM) araçlarına ihtiyaç duymadan kapalı CAD sistemlerinden gelen verilere tam erişim sağlayabilirler.

> Tüm bu eğilimler kaçınılmaz olarak hantal, monolitik 3D modellerden evrensel, yapılandırılmış verilere ve diğer sektörlerde uzun süredir kendini kanıtlamış formatların kullanımına geçişe yol açmaktadır. Proje ekipleri CAD modellerini sadece görsel nesneler veya bir dizi dosya olarak değil, bilgi ve enformasyon içeren veri tabanları olarak görmeye başladığında, tasarım ve yönetim yaklaşımı önemli ölçüde değişir.

Ekipler belgelerden, metinlerden, çizimlerden ve CAD modellerinden yapılandırılmış verilerin nasıl çıkarılacağını öğrendikten ve veri tabanlarına erişim sağladıktan sonra, bir sonraki önemli adım veri modelleme ve kalite güvencesidir. Nihayetinde belirli uygulama görevlerinde karar vermek için kullanılacak bilgilerin işlenme ve dönüştürülme hızını büyük ölçüde belirleyen bu adımdır.

BÖLÜM 4.2.
SINIFLANDIRMA VE ENTEGRASYON: INŞAAT VERILERI IÇIN ORTAK BIR DIL

Karar verme hızı verilerin kalitesine bağlıdır

Günümüzün tasarım veri mimarisi köklü değişiklikler geçiriyor. Sektör hantal, izole modellerden ve kapalı formatlardan uzaklaşarak analitik, entegrasyon ve süreç otomasyonuna odaklanan daha esnek, makine tarafından okunabilir yapılara doğru ilerliyor. Bununla birlikte, yeni formatlara geçiş tek başına verimliliği garanti etmiyor - verilerin kalitesi kaçınılmaz olarak dikkatin merkezinde yer alıyor.

> Bu kitabın sayfalarında formatlar, sistemler ve süreçler hakkında çok konuştuk. Ancak tüm bu çabalar tek bir kilit unsur olmadan anlamsızdır: güvenilebilir veriler. Veri kalitesi dijitalleşmenin temel taşıdır ve ilerleyen bölümlerde bu konuya tekrar döneceğiz.

Modern inşaat şirketleri - özellikle büyük olanlar - düzinelerce ve bazen binlerce farklı sistem ve veri tabanı kullanmaktadır (Şekil 4.2-1). Bu sistemler sadece düzenli olarak yeni bilgilerle doldurulmakla kalmamalı, aynı zamanda birbirleriyle etkin bir şekilde etkileşim içinde olmalıdır. Gelen bilgilerin işlenmesi sonucunda üretilen tüm yeni veriler bu ortamlara entegre edilir ve belirli iş görevlerinin çözülmesine hizmet eder.

Geçmişte belirli iş görevlerine ilişkin kararlar HiPPO'lar (Şekil 2.1-9) olarak adlandırılan üst düzey yöneticiler tarafından deneyim ve sezgiye dayalı olarak alınırken, günümüzde bilgi hacmindeki keskin artışla birlikte bu yaklaşım tartışmalı hale gelmektedir. Gerçek zamanlı verilerle çalışan otomatik analitik bunun yerini almaktadır.

> "Geleneksel-manuel" yönetici düzeyindeki iş süreci tartışmaları, iş sorgularına hızlı yanıtlar gerektiren operasyonel analitiklere doğru kayacaktır.

Muhasebecilerin, ustabaşıların ve tahmincilerin günler ve haftalar boyunca manuel olarak oluşturdukları raporlar, özet tablolar ve proje veri vitrinleri dönemi geçmişte kaldı. Günümüzde, karar verme hızı ve zamanlaması rekabet avantajında kilit bir faktör haline gelmektedir.

Şekil 4.2-1 İnşaat sektöründe hesaplama yapmak ve karar almak, bunun saatler veya dakikalar içinde gerçekleştiği diğer sektörlerden farklı olarak günler alır.

İnşaat sektörü ile dijital açıdan daha gelişmiş sektörler arasındaki temel fark (Şekil 4.2-1) düşük veri kalitesi ve standardizasyon seviyesidir. Bilginin üretilmesi, iletilmesi ve işlenmesine yönelik eski yaklaşımlar süreçleri yavaşlatmakta ve kaos yaratmaktadır. Tek tip veri kalitesi standartlarının olmaması uçtan uca otomasyonun uygulanmasını engellemektedir

> Temel zorluklardan biri, girdi verilerinin kalitesinin düşük olmasının yanı sıra bunların hazırlanması ve doğrulanması için resmi süreçlerin bulunmamasıdır. Güvenilir ve tutarlı veriler olmadan sistemler arasında etkili bir entegrasyon sağlanamaz. Bu da proje yaşam döngüsünün her aşamasında gecikmelere, hatalara ve artan maliyetlere yol açmaktadır.

Kitabın ilerleyen bölümlerinde, veri kalitesini nasıl artırabileceğinizi, süreçleri nasıl standartlaştırabileceğinizi ve bilgiden kaliteli, doğrulanmış ve tutarlı veriye giden yolculuğu nasıl kısaltabileceğinizi ayrıntılı olarak ele alıyoruz.

Veri standardizasyonu ve entegrasyonu

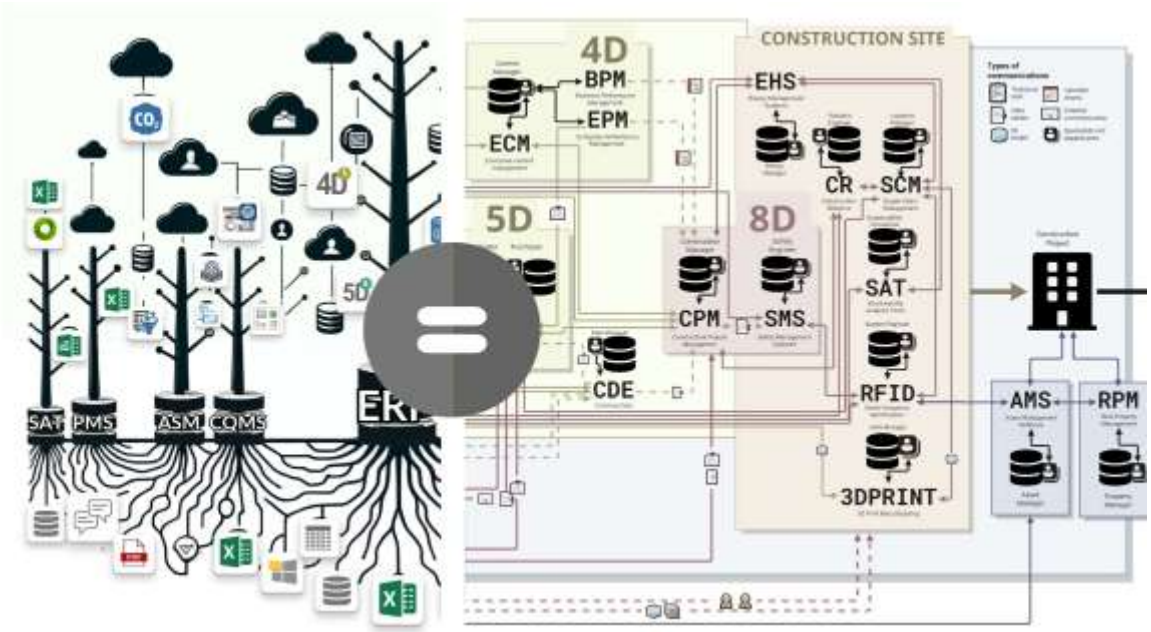
Etkili veri yönetimi net bir standardizasyon stratejisi gerektirir. Yalnızca veri yapısı ve kalitesine yönelik net gereksinimlerle veri doğrulama otomatikleştirilebilir, manuel işlemler azaltılabilir ve bir projenin tüm aşamalarında bilgiye dayalı karar alma süreci hızlandırılabilir.

Günlük uygulamada, bir inşaat şirketi her gün yüzlerce dosyayı işlemek zorundadır: e-postalar, PDF belgeleri, CAD tasarım dosyaları, IOT sensörlerinden gelen ve şirketin iş süreçlerine entegre edilmesi

gereken veriler.

Bir şirketin veritabanları ve araçlardan oluşan ekosisteminin ormanı (Şekil 4.2-2), şirketin istediği sonuçları elde etmek için gelen çok formatlı verilerden besin elde etmeyi öğrenmelidir.

> Veri akışıyla etkin bir şekilde başa çıkmak için illa ki bir yönetici ordusu işe almanız gerekmez, öncelikle veriler için katı gereksinimleri ve standartları geliştirmeniz ve bunları otomatik olarak doğrulamak, uyumlaştırmak ve işlemek için uygun araçları kullanmanız gerekir.



Şekil 4.2-2 Sağlıklı bir şirket ekosisteminin sağlanması, sistemlerine kaliteli ve zamanında kaynak sağlanmasını gerektirir.

Veri doğrulama ve uyumlaştırma sürecini otomatikleştirmek için (daha sonra otomatik entegrasyon için) her bir sistem için gerekli minimum veri gereksinimlerini tanımlayarak başlanmalıdır. Bu gereksinimleri tanımlar:

- Tam olarak ne almanız gerekiyor?
- Hangi biçimde (yapı, format)?
- Hangi nitelikler zorunludur?
- Doğruluk ve eksiksizlik konusunda hangi toleranslar kabul edilebilir?

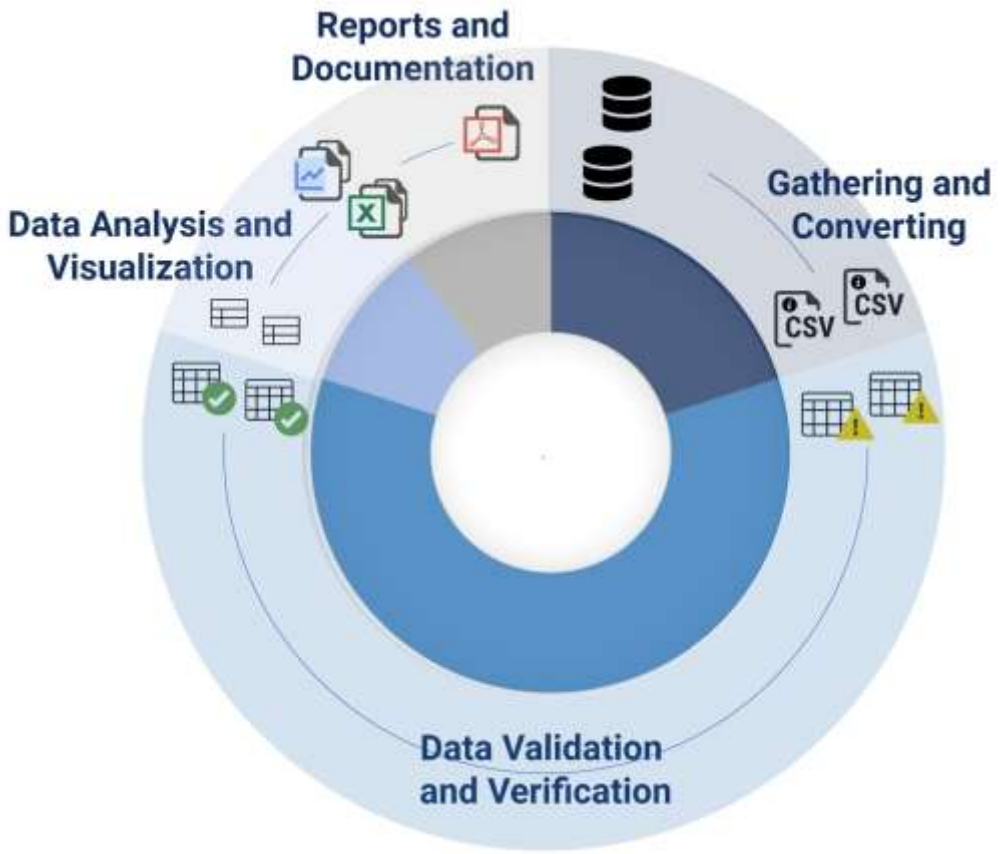
Veri gereksinimleri, alınan ve işlenen bilgilerin kalitesi, yapısı ve bütünlüğüne ilişkin kriterleri tanımlar. Örneğin, PDF belgelerindeki metinlerin endüstri standartlarına göre doğru bir şekilde biçimlendirilmiş olması önemlidir (Şekil 7.2-14 - Şekil 7.2-16). CAD modellerindeki nesneler doğru niteliklere (boyutlar,

kodlar, sınıflandırıcılara bağlantılar) sahip olmalıdır (Şekil 7.3-9, Şekil 7.3-10). Sözleşme taramalarında ise net tarihler ve miktar ile anahtar terimlerin otomatik olarak çıkarılabilmesi önemlidir (Şekil 4.1-7 - Şekil 4.1-10).

> Veri gereksinimlerini formüle etmek ve uygunluklarını otomatik olarak kontrol etmek en çok zaman alan ancak kritik adımlardan biridir. İş süreçlerinde en çok zaman alan adımdır.

Bu kitabın 3. Bölümünde belirtildiği üzere, iş zekası (BI) profesyonellerinin zamanının%50 ila%90'ı analizden ziyade veri hazırlamaya harcanmaktadır (Şekil 3.2-5). Bu süreç veri toplama, doğrulama, onaylama, uyumlaştırma ve yapılandırmayı içerir.

2016 yılında yapılan bir ankete göre [95], çok çeşitli ve geniş spektrumlu alanlardaki veri bilimciler, çalışma zamanlarının çoğunu (yaklaşık%80) yapmaktan en az hoşlandıkları şeyi yaparak geçirdiklerini belirtmişlerdir (Şekil 4.2-3): mevcut veri kümelerini toplamak ve bunları düzenlemek (birleştirmek, yapılandırmak). Böylece, zamanlarının yüzde 20'sinden daha azı, yeni içgörü ve keşiflere yol açacak kalıplar ve düzenlilikler bulmak gibi yaratıcı görevlere kalmaktadır.



Şekil 4.2-3 adresinin doğrulanması ve veri kalitesinin sağlanması adresi, verilerin diğer sistemlere entegrasyon için hazırlanmasında en maliyetli, zaman alıcı ve karmaşık adımdır.

Bir inşaat şirketinde başarılı veri yönetimi, görevlerin parametrelendirilmesini, veri kalitesi gereksinimlerinin formüle edilmesini ve otomatik doğrulama için uygun araçların kullanılmasını içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirir.

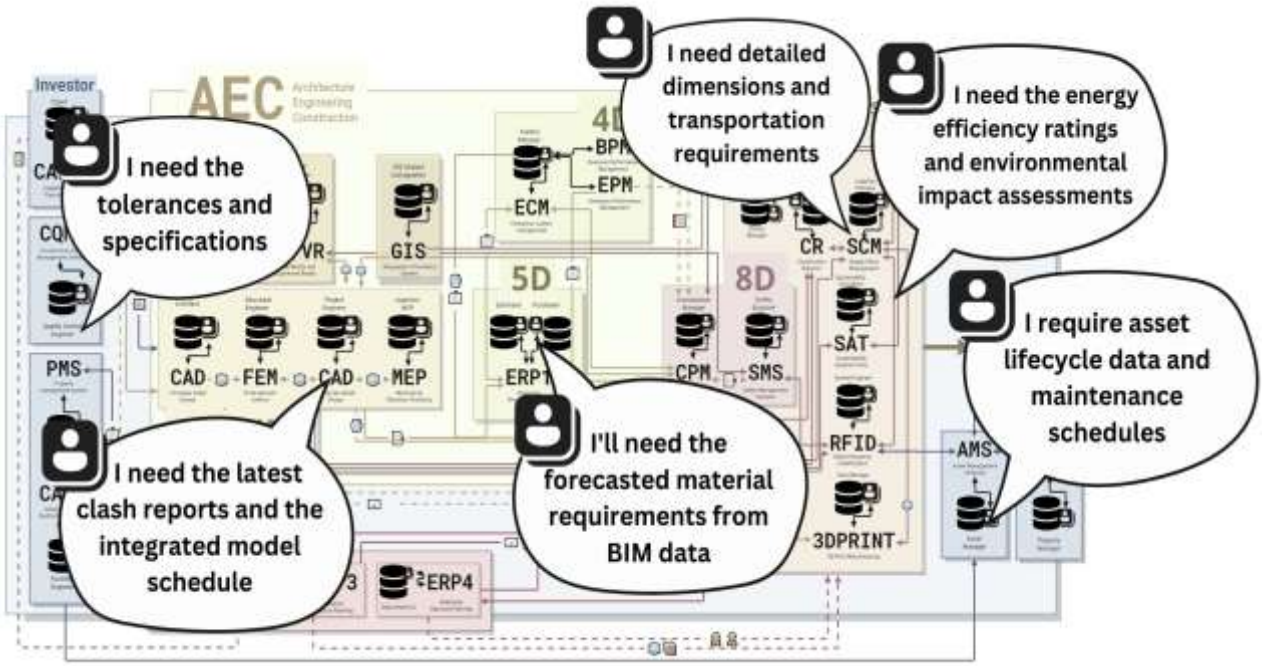
Dijital birlikte çalışabilirlik gereksinimlerle başlar

Şirketlerdeki dijital sistemlerin sayısı arttıkça, bunlar arasında veri tutarlılığına duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Farklı BT sistemlerinden sorumlu yöneticiler çoğu zaman artan bilgi hacmi ve format çeşitliliğine ayak uyduramamaktadır. Bu gibi durumlarda, uzmanlardan verileri diğer uygulama ve platformlarda kullanıma uygun bir biçimde oluşturmalarını istemek zorunda kalırlar.

Bu da mühendislerin ve veri üretim personelinin, genellikle şeffaflık ve verilerin gelecekte nerede ve nasıl kullanılacağına dair net bir anlayış olmaksızın çok sayıda gereksinime uyum sağlamasını gerektirmektedir. Bilgilerin işlenmesine yönelik standart yaklaşımların eksikliği, verilerin karmaşıklığı ve standartlaştırılmamış doğası nedeniyle genellikle manuel olan doğrulama aşamasında verimsizliğe ve artan maliyetlere yol açmaktadır.

> Veri standardizasyonu konusu sadece bir kolaylık veya otomasyon meselesi değildir. Doğrudan finansal bir kayıptır. IBM'in 2016 tarihli bir raporuna göre, ABD'de kötü veri kalitesinden kaynaklanan yıllık kayıp 3,1 trilyon dolardır [96]. Ayrıca, MIT ve diğer analitik danışmanlık firmaları tarafından yapılan çalışmalar, kötü veri kalitesinin maliyetinin bir şirketin gelirinin%15-25'i kadar yüksek olabileceğini göstermektedir [97].

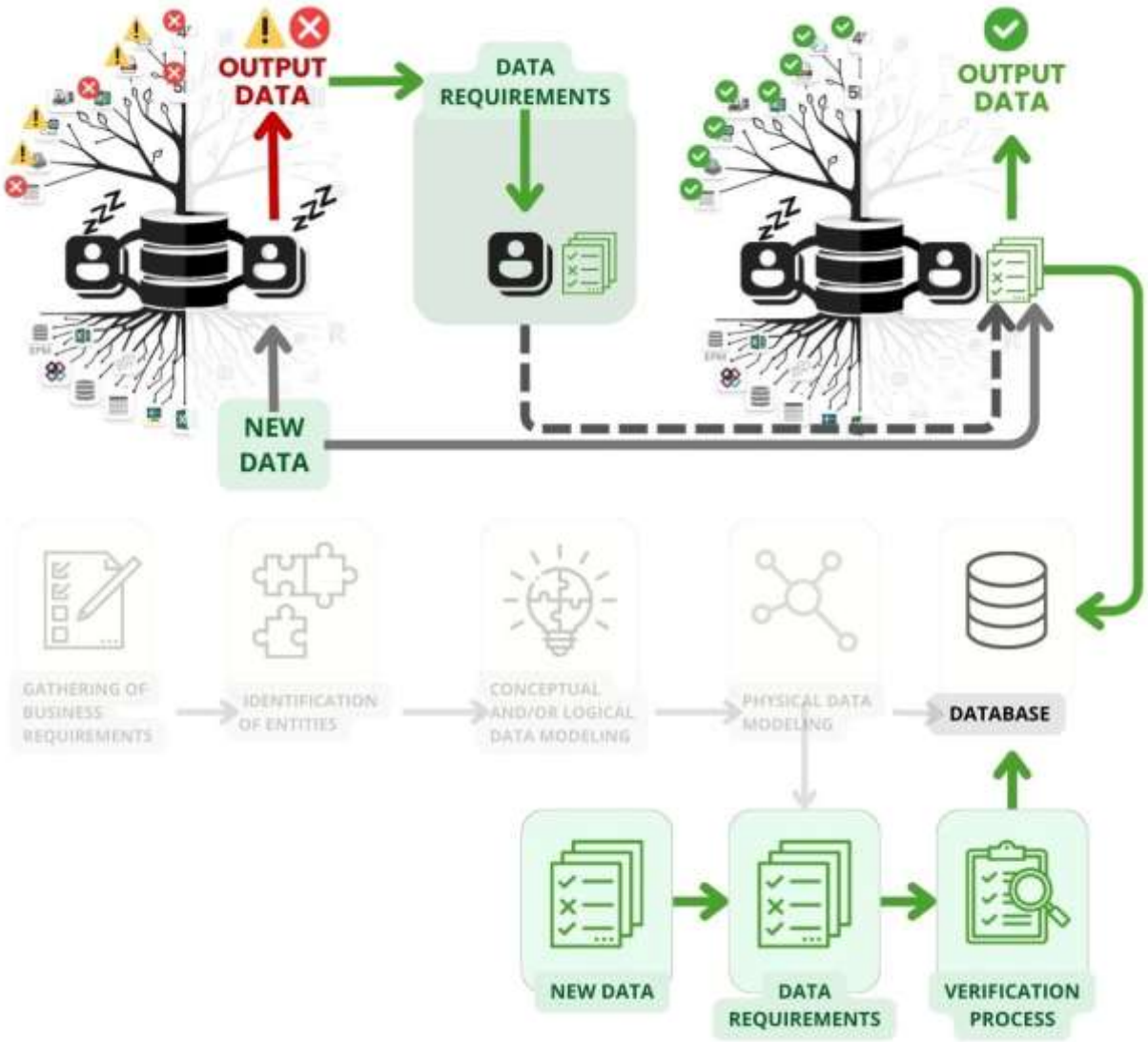
Bu koşullar altında, oluşturulan nesnelere hangi parametrelerin, hangi formatta ve hangi ayrıntı düzeyinde dahil edilmesi gerektiğine dair açıkça tanımlanmış veri gereksinimlerine ve açıklamalarına sahip olmak kritik hale gelmektedir. Bu gereksinimleri resmileştirmeden, sistemler ve proje aşamaları arasında veri kalitesini ve uyumluluğunu garanti etmek mümkün değildir (Şekil 4.2-4).



Şekil 4.2-4 Bir iş, her biri iş hedeflerini yerine getirmek için kritik olan belirli parametreler ve değerler gerektiren farklı rollerin etkileşimine dayanır.

Doğru veri gereksinimlerini formüle etmek için iş süreçlerini veri düzeyinde anlamanız gerekir. İnşaat projeleri tür, ölçek ve katılımcı sayısı bakımından farklılık gösterir ve her sistem - ister modelleme (CAD (BIM)), ister programlama (ERP 4D), ister maliyetlendirme (ERP 5D) veya lojistik (SCM) olsun - girdiler (girdi varlık-elemanları) için kendine özgü parametreler gerektirir.

Bu ihtiyaçlara bağlı olarak, işletme yöneticileri ya gereksinimleri karşılamak için yeni veri yapıları tasarlamalı ya da mevcut tabloları ve veritabanlarını uyarlamalıdır. Oluşturulan verilerin kalitesi doğrudan gereksinimlerin ne kadar kesin ve doğru formüle edildiğine bağlı olacaktır (Şekil 4.2-5).



Şekil 4.2-5 Veri kalitesi, belirli veri kullanım durumları için oluşturulan gereksinimlerin kalitesine bağlıdır.

Her sistemin kendine özgü veri gereksinimleri olduğundan, genel gereksinimleri formüle etmenin ilk adımı, iş süreçlerine dahil olan tüm unsurları kategorize etmektir. Bu, nesneleri belirli sistemlere veya uygulama görevlerine karşılık gelen sınıflara ve sınıf gruplarına bölme gerekliliği anlamına gelir. Bu tür her grup için veri yapısı, nitelikleri ve kalitesi için ayrı gereksinimler geliştirilir.

Ancak pratikte bu yaklaşımın uygulanması büyük bir zorlukla karşı karşıyadır: verilerin gruplandırılması için ortak bir dilin olmaması. Farklı sınıflandırmalar, yinelenen tanımlayıcılar ve uyumsuz formatlar her şirketin, her yazılımın ve hatta her projenin kendi izole veri modellerini ve sınıflarını oluşturmasına neden olur. Sonuç, sistemler arasında bilgi aktarımının genellikle manuel olarak yapılan doğru veri modellerine ve sınıflarına çoklu dönüşümler gerektirdiği dijital bir "Babil Kulesi "dir. Bu engel ancak evrensel sınıflandırıcılara ve standartlaştırılmış gereksinim setlerine doğru ilerleyerek aşılabilir.

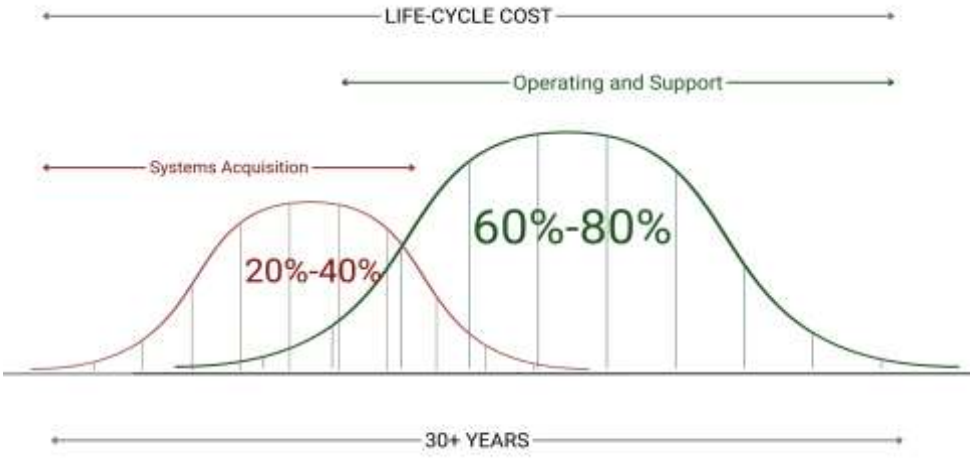
Ortak bir yapı dili: dijital dönüşümde sınıflandırıcıların rolü

Denetim ve işleme süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve otomasyonu bağlamında, sınıflandırma sistemleri özel bir rol oynar - nesnelerin tanımlanması ve parametrelendirilmesinde tekdüzelik sağlayan bir tür "dijital sözlükler". Sınıflandırıcılar, verilerin anlamlarına göre gruplandırılmasına ve farklı sistemler, yönetim seviyeleri ve proje yaşam döngüsünün aşamaları arasında entegre edilmesine olanak tanıyan "ortak dili" oluşturur.

Sınıflandırıcıların en somut etkisi, bina yaşam döngüsünün ekonomisi üzerinedir; burada en önemli husus uzun vadeli işletme maliyetlerinin optimize edilmesidir. Araştırmalar, işletme maliyetlerinin bir binanın toplam sahip olma maliyetinin%80'ine kadarını oluşturduğunu ve bunun ilk inşaat maliyetlerinden üç kat daha yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 4.2-6) [98]. Bu, gelecekteki maliyetlere ilişkin kararın büyük ölçüde tasarım aşamasında oluşturulduğu anlamına gelmektedir

> Bu nedenle operasyon mühendislerinden gelen gereksinimleri (CAFM, AMS, PMS, RPM) tasarım aşamasında veri gereksinimlerinin oluşturulması için başlangıç noktası olmalıdır (Şekil 1.2-4). Bu sistemler projenin son aşaması olarak değil, konseptten söküme kadar projenin tüm dijital ekosisteminin ayrılmaz bir parçası olarak görülmelidir

Modern bir sınıflandırıcı sadece gruplandırma için bir kod sistemi değildir. Mimarlar, mühendisler, tahminciler, lojistikçiler, bakım ve BT sistemleri arasında karşılıklı anlayış için bir mekanizmadır. Tıpkı bir arabanın otomatik pilotunun yol nesnelerini net ve doğru bir şekilde tanıması gerektiği gibi, dijital inşaat sistemleri ve kullanıcıları da aynı proje unsurunu unsur sınıfı aracılığıyla farklı sistemler için net bir şekilde yorumlamalıdır.

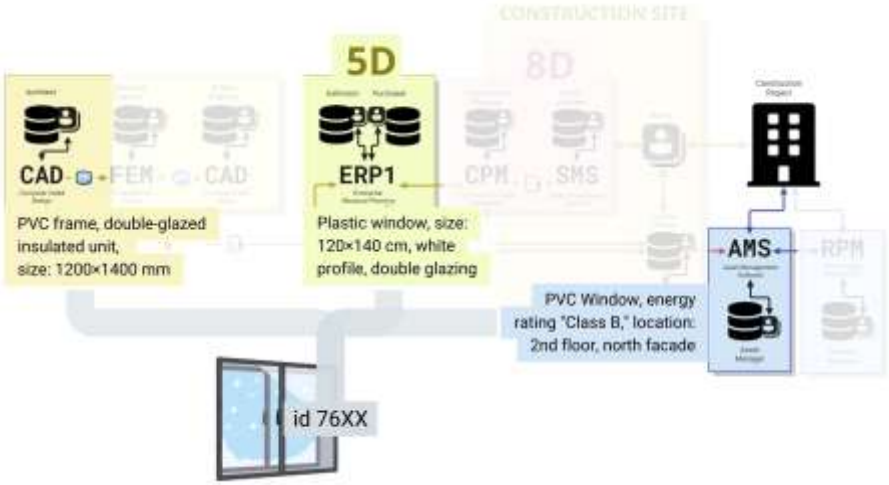


Şekil 4.2-6 İşletme ve bakım maliyetleri inşaat maliyetini üç kat aşmakta ve bir binanın toplam yaşam döngüsü maliyetinin%60-80'ini oluşturmaktadır ([99]'a göre).

Sınıflandırıcı geliştirme seviyesi, bir şirketin dijitalleşmesinin derinliği ve dijital olgunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Düşük dijital olgunluk seviyesine sahip kuruluşlar parçalanmış veriler, uyumsuz bilgi sistemleri ve sonuç olarak uyumsuz ve verimsiz sınıflandırıcılarla karşı karşıyadır. Bu tür şirketlerde,

aynı unsur farklı sistemlerde farklı gruplama tanımlayıcılarına sahip olabilir, bu da nihai entegrasyonu ciddi şekilde engeller ve süreç otomasyonunu imkansız hale getirir.

Örneğin, bir projedeki aynı pencere, süreçteki farklı katılımcılar tarafından unsurların çok boyutlu algılanması nedeniyle CAD modelinde, tahmin ve bakım sisteminde farklı şekilde etiketlenebilir (Şekil 4.2-7). Pencere kategorisi elemanındaki tahminci için hacim ve maliyet, bakım servisi için kullanılabilirlik ve bakım yapılabilirlik, mimar için estetik ve işlevsel özellikler önemlidir. Sonuç olarak, aynı eleman farklı parametreler gerektirebilir.



Şekil 4.2-7 Sistemler arasında tutarsız sınıflandırma bir eleman başka bir sisteme geçişinin her adımında bazı öznitelik bilgilerini kaybedecektir.

Yapı elemanlarının sınıflandırılmasını açık bir şekilde tanımlamanın zorluğu nedeniyle, farklı alanlardan uzmanlar genellikle aynı elemana uyumsuz sınıflar atarlar. Bu durum, farklı sınıflandırma sistemlerini uyumlu hale getirmek ve farklı uzmanlar tarafından tanımlanan türler ve sınıflar arasında tutarlılık sağlamak için daha sonra manuel müdahale gerektiren nesnenin birleşik bir görünümünün kaybolmasına neden olur.

Bu tutarsızlığın bir sonucu olarak, bir inşaat kalemi bir üreticiden satın alındığında satın alma departmanı (ERP) tarafından alınan operasyonel belgeler genellikle bu kalemin şantiyedeki sınıflandırmasıyla doğru bir şekilde ilişkilendirilemez (PMIS, SCM). Sonuç olarak, kritik bilgilerin altyapı ve varlık yönetim sistemlerine (CAFM, AMS) entegre edilememesi muhtemeldir, bu da devreye alma sırasında ve daha sonraki bakım (AMS, RPM) veya elemanın değiştirilmesi sırasında ciddi sorunlar yaratır.

> Yüksek dijital olgunluğa sahip şirketlerde sınıflandırıcılar, tüm bilgi akışlarını birleştiren bir sinir sistemi rolü oynar. Aynı öğe benzersiz bir tanımlayıcı alarak CAD, ERP, AMS ve CAFM -sistemleri ve bunların sınıflandırıcıları arasında bozulma veya kayıp olmadan aktarılabilmesini sağlar.

Etkili sınıflandırıcılar oluşturmak için verilerin nasıl kullanıldığını anlamanız gerekir. Aynı mühendis bir

unsuru farklı projelerde farklı şekilde adlandırabilir ve sınıflandırabilir. Sadece yıllar boyunca kullanım istatistikleri toplanarak istikrarlı bir sınıflandırma sistemi geliştirilebilir. Makine öğrenimi bu konuda yardımcı olur: algoritmalar binlerce projeyi analiz eder (Şekil 9.1-10), makine öğrenimi yoluyla olası sınıfları ve parametreleri belirler (Şekil 10.1-6). Otomatik sınıflandırma, veri hacmi nedeniyle manuel sınıflandırmanın mümkün olmadığı ortamlarda özellikle değerlidir. Otomatik sınıflandırma sistemleri, asgari düzeyde doldurulmuş öğe parametrelerine dayalı olarak temel kategorileri ayırt edebilecektir (daha fazla ayrıntı kitabın dokuzuncu ve onuncu bölümlerinde yer almaktadır).

Geliştirilen sınıflandırıcı sistemleri, daha fazla dijitalleşme için katalizör görevi görerek temel oluşturmaktadır:

- Proje maliyetlerinin ve zaman çizelgelerinin otomatik tahmini.
- Potansiyel risk ve çatışmaların öngörüsel analizi
- Tedarik süreçlerinin ve lojistik zincirlerinin optimizasyonu
- Binaların ve yapıların dijital ikizlerinin oluşturulması
- Akıllı şehir ve Nesnelerin İnterneti sistemleri ile entegrasyonlar

> Dönüşüm için zaman sınırlıdır - makine öğrenimi ve bilgisayarla görme teknolojilerinin gelişmesiyle, onlarca yıldır çözülemeyen otomatik sınıflandırma sorunu önümüzdeki yıllarda çözülecektir ve zamanında uyum sağlayamayan inşaat ve tasarım şirketleri, dijital platformlar tarafından yerinden edilen taksi filolarının kaderini tekrarlama riskiyle karşı karşıyadır.

Maliyetlendirme ve programlamanın otomasyonunun yanı sıra büyük veri ve makine öğrenimi hakkında daha fazla bilgi kitabın beşinci ve dokuzuncu bölümlerinde ele alınacaktır. Taksi filolarının kaderinin tekrarlanması ve inşaat sektörünün Uberleşmesi riski kitabın onuncu bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Sınıflandırıcıların inşaat sektörünün dijital dönüşümündeki kilit rolünü anlamak için evrimlerinin tarihine bakmak gerekir. Sınıflandırma yaklaşımlarının nasıl geliştiğini ve mevcut durumlarını hangi eğilimlerin belirlediğini anlamamızı sağlayan tarihsel bağlamdır.

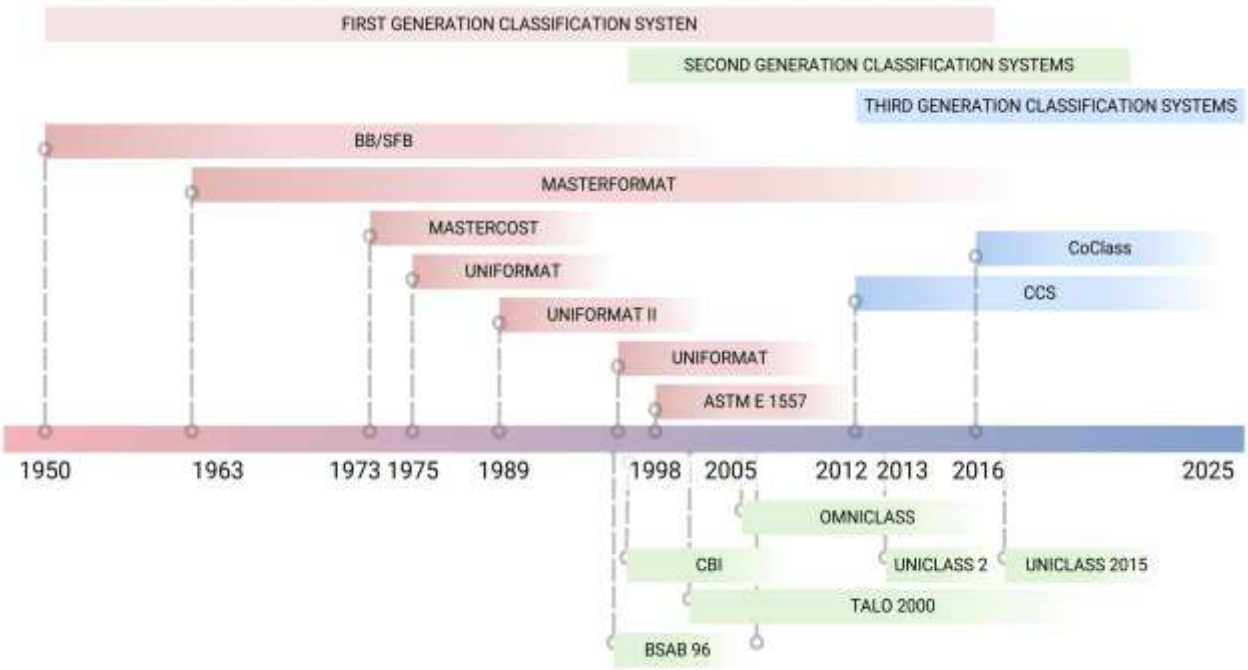
Masterformat, OmniClass, Uniclass ve CoClass: sınıflandırma sistemlerinin evrimi

Tarihsel olarak, inşaat elemanı ve iş sınıflandırıcıları, her biri mevcut teknoloji seviyesini ve belirli bir zaman diliminde sektörün mevcut ihtiyaçlarını yansıtan üç nesil halinde gelişmiştir (Şekil 4.2-8):

- **Birinci nesil** (1950'lerin başından 1980'lerin sonuna kadar) - kağıt dizinler, yerel olarak kullanılan hiyerarşik sınıflandırıcılar (örn. Masterformat, SfB).
- **İkinci nesil** (1990'ların sonundan 2010'ların ortasına kadar) Excel ve Access'te uygulanan

elektronik tablolar ve yapılandırılmış veritabanlarıdır (ASTM E 1557, OmniClass, Uniclass 1997).

- **Üçüncü nesil** (2010'lardan günümüze) - dijital hizmetler ve API'ler -arayüzler, CAD (BIM) ile entegrasyon, otomasyon (Uniclass 2015, CoClass).



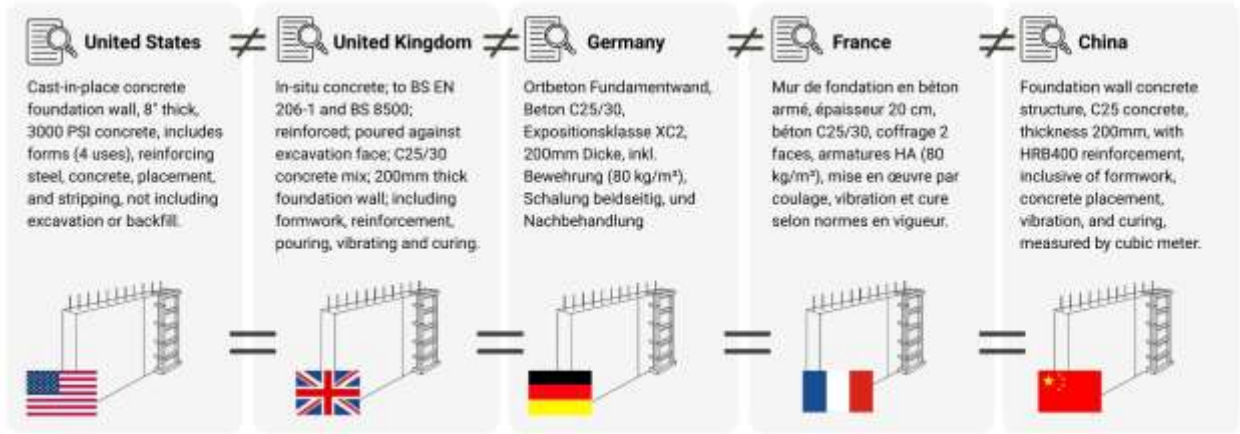
Şekil 4.2-8 Üç nesil inşaat sektörü sınıflandırıcıları.

Son yıllarda sınıflandırıcıların hiyerarşik karmaşıklığında (Şekil 4.2-9) bir azalma olmuştur: OmniClass gibi ilk sistemler 6887 sınıfı tanımlamak için 7'ye kadar yuvalama seviyesi kullanırken, CoClass gibi modern çözümler 750 sınıfla 3 seviye ile sınırlıdır. Bu, gerekli ayrıntı düzeyini korurken verilerle çalışmayı kolaylaştırır. Birleşik Krallık'ta genellikle standart olarak kullanılan Uniclass 2015, 7210 sınıfı sadece 4 seviyede birleştirerek CAD projeleri ve kamu alımları için uygun hale getirmektedir.

Classifier	Table / Objects	Number of classes	Nesting depth
OmniClass	Table 23 Products	6887	7 levels
Uniclass 2015	Pr — Products	7210	4 levels
CoClass, CCS	Components	750	3 levels

Şekil 4.2-9 Her yeni nesil sınıflandırıcı ile kategorizasyonun karmaşıklığı büyük bir hızla azalmaktadır.

Farklı ülkelerin inşaat tahmin sistemlerinde, sınıflandırmalardaki farklılıklar nedeniyle, beton temel duvarı gibi tipik bir eleman bile çok farklı şekillerde tanımlanabilir (Şekil 4.2-10). Bu farklılıklar ulusal inşaat uygulamalarını, kullanılan ölçüm sistemlerini, malzeme sınıflandırma yaklaşımlarını ve her ülkede yürürlükte olan düzenleyici ve teknik gereklilikleri yansıtmaktadır.



Şek. 4.2-10 Aynı eleman farklı ülkelerdeki projelerde farklı tanımlamalar ve sınıflandırmalarla kullanılmaktadır.

Aynı unsurların sınıflandırılmasındaki çeşitlilik uluslararası işbirliğini zorlaştırmakta ve uluslararası projelerde maliyet ve iş kapsamının karşılaştırılmasını zaman alıcı ve bazen neredeyse imkansız hale getirmektedir. Şu anda, küresel düzeyde tek bir evrensel sınıflandırıcı yoktur - her ülke veya bölge yerel normlara, dile ve iş kültürüne dayalı olarak kendi sistemlerini geliştirmektedir:

- **CCS** (Danimarka): Maliyet Sınıflandırma Sistemi - bir tesisin yaşam döngüsü boyunca (tasarım, inşaat, işletme) maliyetlerini sınıflandırmak için bir sistem. Vurgu işletme ve bakım mantığı üzerinedir, ancak bütçe ve kaynak yönetimini de içerir.
- **NS 3451** (Norveç): Tesisleri işlev, tasarım unsurları ve yaşam döngüsü aşamalarına göre sınıflandırır. Proje yönetimi, maliyet tahmini ve uzun vadeli planlama için kullanılır.
- **MasterFormat** (ABD): inşaat şartnamelerini bölümler halinde yapılandırmaya yönelik bir sistem (örn. beton, elektrik, ince işler). İşlevsel unsurlardan ziyade disiplinlere ve iş türlerine odaklanır (UniFormat'ın aksine).
- **Uniclass 2** (UK): kamu alımlarında ve BIM projelerinde kullanılan en detaylı sınıflandırıcılardan biridir. Nesneler, işler, malzemeler ve alanlar hakkındaki verileri tek bir sistemde birleştirir.
- **OmniClass**: bileşen kütüphanelerinden elektronik spesifikasyonlara kadar nesne bilgilerini yönetmek için uluslararası bir standart (ABD'de CSI tarafından geliştirilmiştir). CAD (BIM) ve diğer dijital araçlarla uyumlu, uzun süreli veri depolama için uygundur.
- **COBie**: Construction-Operation Building information exchange, tasarım, inşaat ve işletme aşamaları arasında veri alışverişi için uluslararası bir standarttır. "BIM -kullanıma hazır model" kavramının bir parçası olarak BS 1192-4:2014'e dahil edilmiştir. Bilgi aktarımına odaklanır (örn. ekipman özellikleri, garantiler, yüklenici irtibatları).

İnşaat sektörünün küreselleşmesi, yerel ulusal standartlara olan bağımlılığı önemli ölçüde azaltacak olan yapı elemanı sınıflandırma sistemlerinin kademeli olarak birleştirilmesine yol açacaktır. Bu süreç,

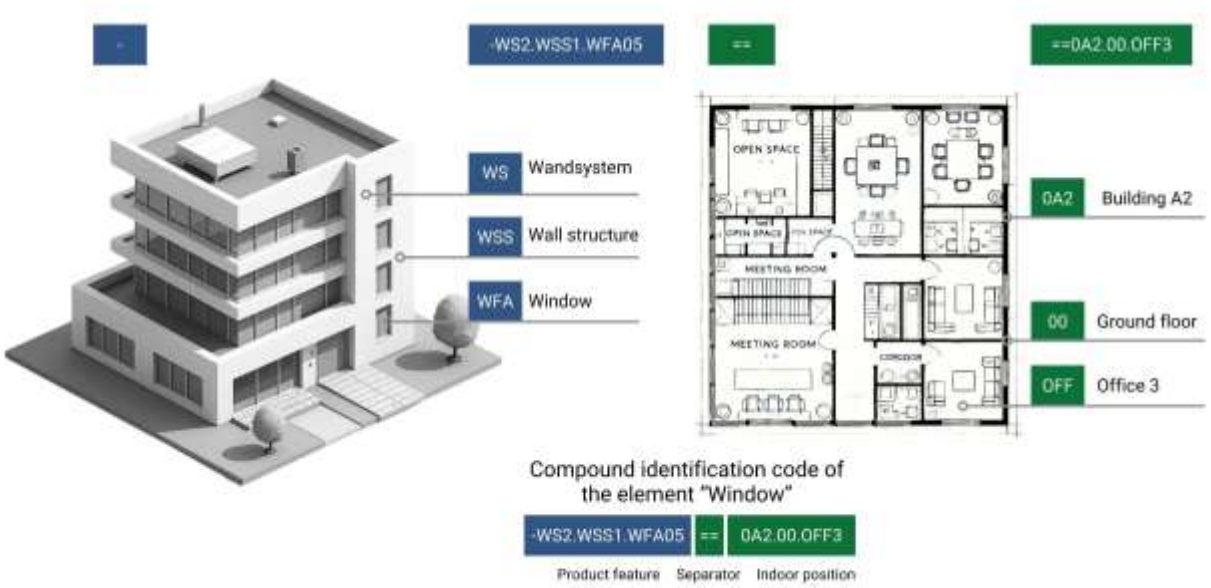
evrensel veri aktarım protokollerinin sonunda farklı yerel formatların yerini alarak sistemlerin küresel olarak birlikte çalışabilirliğini sağladığı İnternet iletişiminin evrimi doğrultusunda gelişebilir.

Alternatif bir gelişim yolu, makine öğrenimi teknolojilerine dayalı otomatik sınıflandırma sistemlerine doğrudan geçiş olabilir. Günümüzde ağırlıklı olarak otonom taşımacılık alanında geliştirilmekte olan bu teknolojiler, büyük CAD tasarım veri setlerine uygulama açısından önemli bir potansiyele sahiptir (Şekil 10.1-6).

> Bugün durum sadece sınıflandırıcıların ulusal kümelenmesi ile sınırlı değildir. Ulusal düzeyde dikkate alınmayan pek çok özellik nedeniyle, her şirket birlikte çalıştığı unsur ve kaynak kategorilerini birleştirmek ve standartlaştırmak zorundadır.

Kural olarak bu süreç yerel nesne tabloları veya dahili etiketleme sistemleri ile küçük çapta başlar. Ancak stratejik hedef, tüm unsurları tanımlamak için sadece şirket içinde değil, şirket dışında da anlaşılabilir olacak ortak bir dile geçmektir - ideal olarak uluslararası veya sektörel sınıflandırıcılarla uyumlu hale getirilmelidir (Şekil 4.2-8). Bu yaklaşım dış ortaklarla, dijital sistemlerle entegrasyonu kolaylaştırır ve nesnelerin yaşam döngüsü içinde birleşik uçtan uca süreçlerin oluşturulmasını teşvik eder.

Otomasyona ve ölçeklenebilir BT sistemlerine geçmeden önce, ya ulusal düzeyde sınıflandırıcılar kullanmanız ya da kendi mantıksal ve kesin unsur tanımlama yapınızı oluşturmanız gerekir. Her nesne - ister bir pencere (Şekil 4.2-11), ister bir kapı veya bir mühendislik sistemi olsun - herhangi bir şirketin dijital sisteminde açık bir şekilde tanınabilecek şekilde tanımlanmalıdır. Bu, hem tasarım aşamasını hem de binaların işletilmesini kapsayan düz çizimlerden dijital modellere geçişte kritik öneme sahiptir.



Şekil 4.2-11 sınıflandırmasına ve binadaki konumuna dayalı kompozit pencere yapı elemanı tanımlayıcısı örneği.

Dahili sınıflandırıcılara bir örnek, bileşik bir tanımlama kodunun geliştirilmesi olabilir (Şekil 4.2-11). Böyle bir kod çeşitli bilgi seviyelerini birleştirir: elemanın işlevsel amacı (örneğin, "duvardaki pencere"), türü ve tam mekansal referans - bina A2, kat 0, oda 3. Bu çok düzeyli yapı, özellikle unsurların kesin bir şekilde gruplandırılmasının gerekli olduğu veri doğrulama ve dönüştürme aşamalarında, dijital modeller ve belgeler aracılığıyla birleşik bir gezinme sistemi oluşturulmasına olanak tanır. Kesin unsur tanıma, departmanlar arasında tutarlılık sağlar ve tekrarlama, hata ve bilgi kaybı risklerini azaltır.

İyi oluşturulmuş bir sınıflandırıcı sadece teknik bir belge değil, bir şirketin dijital ekosisteminin temelidir:

- sistemler arasında veri uyumluluğu sağlar;
- bilgi arama ve işleme maliyetini azaltır;
- şeffaflığı ve yönetilebilirliği artırır;
- ölçeklendirme ve otomasyon için bir temel oluşturur.

Ulusal sınıflandırıcıların veya kendi bileşik tanımlama kodlarının kullanılması yoluyla nesnelerin standartlaştırılmış tanımı, tutarlı veriler, güvenilir bilgi alışverişi ve ardından otomatik tedarikten dijital ikizlere kadar akıllı hizmetlerin uygulanması için temel oluşturur.

Çok formatlı verilerin yapılandırma aşamasını tamamladıktan ve öğeleri tanımak ve gruplamak için kullanılacak sınıflandırıcıyı seçtikten sonra, bir sonraki adım verileri doğru bir şekilde modellemektir. Bu süreç, temel parametrelerin belirlenmesini, mantıksal bir veri yapısı oluşturulmasını ve unsurlar arasındaki ilişkilerin tanımlanmasını içerir.

BÖLÜM 4.3.
VERİ MODELLEME VE MÜKEMMELİYET MERKEZİ

Veri modelleme: kavramsal, mantıksal ve fiziksel model

İyi düşünülmüş bir depolama ve işleme yapısı olmadan verilerin (daha önce tarafımızdan yapılandırılmış ve kategorize edilmiş) etkin yönetimi mümkün değildir. Depolama ve işleme aşamalarında bilgiye erişimi ve tutarlılığı sağlamak için şirketler, tabloları, veri tabanlarını ve bunlar arasındaki bağlantıları iş gereksinimlerine uygun olarak tasarlamalarına olanak tanıyan bir metodoloji olan veri modellemesini kullanır.

> Veri modelleme, herhangi bir dijital ekosistemin üzerine inşa edildiği temeldir. Sistemlerin, gereksinimlerin ve veri modellemesinin bir tanımı olmadan, veri oluşturan mühendisler ve profesyoneller oluşturdukları verilerin nerede kullanılacağını bilemez veya anlayamazlar.

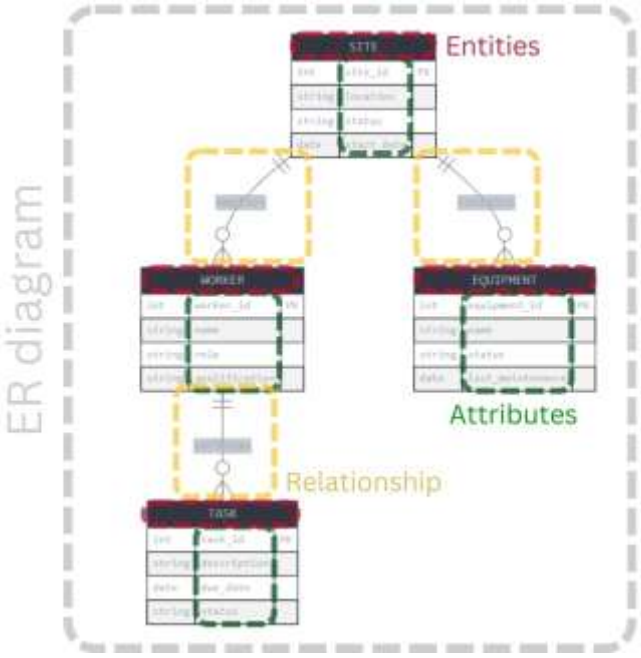
Bir plan olmadan tuğla döşemeye başlayamayacağınız bir bina inşa etmek gibi, bir veri ambarı sistemi oluşturmak da hangi verilerin kullanılacağının, nasıl ilişkilendirileceğinin ve bu verilerle kimin çalışacağının net bir şekilde anlaşılmasını gerektirir. Süreçlerin ve gereksinimlerin bir tanımı olmadan, verileri oluşturan mühendisler ve profesyoneller verilerin gelecekte nerede ve nasıl kullanılacağını gözden kaçırırlar.

Veri modeli, iş dünyası ile BT arasında bir köprü görevi görür. Gereksinimlerin resmileştirilmesini bilgilerin yapılandırılmasını ve paydaşlar arasındaki iletişimin kolaylaştırılmasını sağlar. Bu anlamda veri modellemesi, müşterinin planına göre bir bina planı geliştiren ve daha sonra bunu uygulama (veritabanı oluşturma) için inşaatçılara - veritabanı yöneticileri ve geliştiricileri - aktaran bir mimarın çalışmasına benzer.

Bu nedenle, her inşaat şirketi, unsurları ve kaynakları yapılandırmanın ve kategorize etmenin yanı sıra (Şekil 4.2-11), veritabanları (tablolar) "oluşturma" sanatında ustalaşmalı ve tuğlaları şirketin verilerinden güvenilir ve güçlü bir bilgi duvarına bağlar gibi, bunlar arasında nasıl bağlantı kurulacağını öğrenmelidir. Veri modellemedeki anahtar kavramlar (Şekil 4.3-1) şunları içerir:

- **Varlıklar**, hakkında veri toplanması gereken nesnelerdir. Erken tasarım aşamasında bir varlık tek bir unsur olabilir (örneğin "kapı") ve tahmin modelinde kategorize edilmiş bir grup unsur olabilir (örneğin "iç kapılar").
- **Öznitelikler**, önemli ayrıntıları tanımlayan varlıkların özellikleridir: boyutlar, özellikler, montaj maliyetleri, lojistik ve diğer parametreler.
- **İlişkiler (bağlantılar)** - varlıkların birbirleriyle nasıl etkileşime girdiğini gösterir. Bunlar şu türlerden biri olabilir: "bire bir", "çoktan bire", "çoktan çoğa".
- **ER diyagramları** (Varlık-İlişki diyagramları) varlıkları, nitelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri gösteren görsel diyagramlardır. ER diyagramları kavramsal, mantıksal ve fiziksel olabilir - her

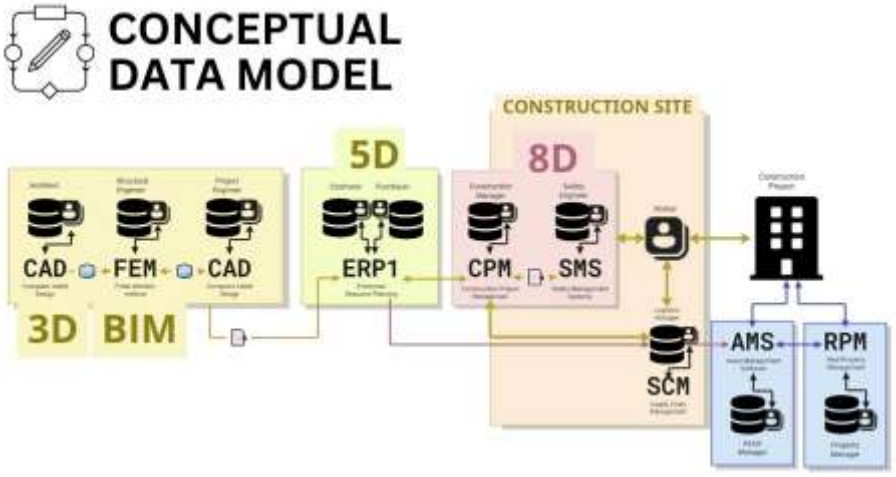
biri farklı bir ayrıntı düzeyini yansıtır.



Şekil 4.3-1 Varlıklar, nitelikler ve ilişkiler içeren kavramsal bir veritabanı yapısının ER diyagramı.

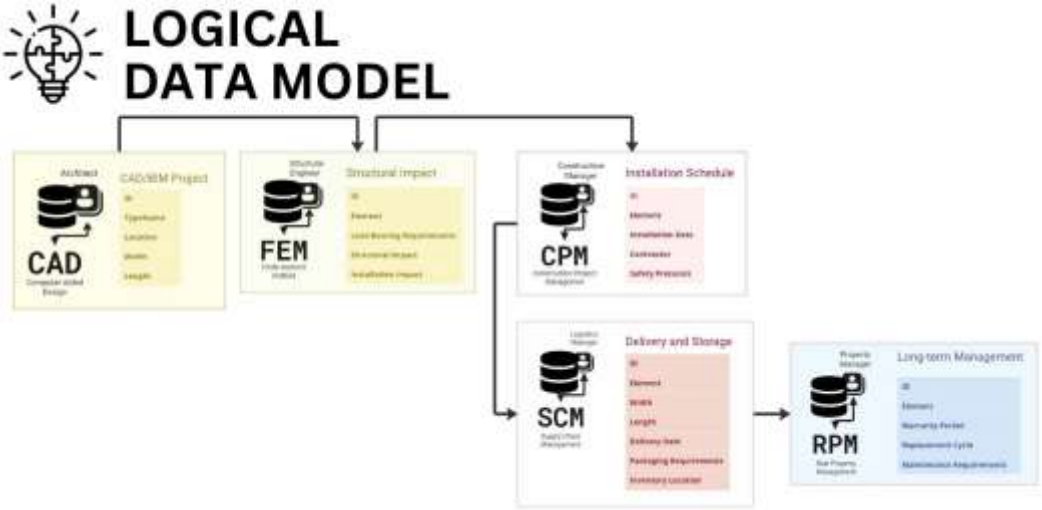
Verileri tasarlama ve aralarındaki ilişkileri tanımlama süreci geleneksel olarak üç ana modele ayrılır. Bunların her biri, veri yapısını temsil etmede ayrıntı düzeyi ve soyutlama derecesi bakımından farklılık gösteren belirli işlevleri yerine getirir:

- **Kavramsal veri modeli**: Bu model, öznitelik ayrıntılarına girmeden ana varlıkları ve aralarındaki ilişkileri tanımlar. Genellikle planlamanın ilk aşamalarında kullanılır. Bu aşamada, farklı departmanlar ve uzmanlar arasındaki ilişkiyi göstermek için veritabanlarından ve sistemlerden çizim yapabiliriz.



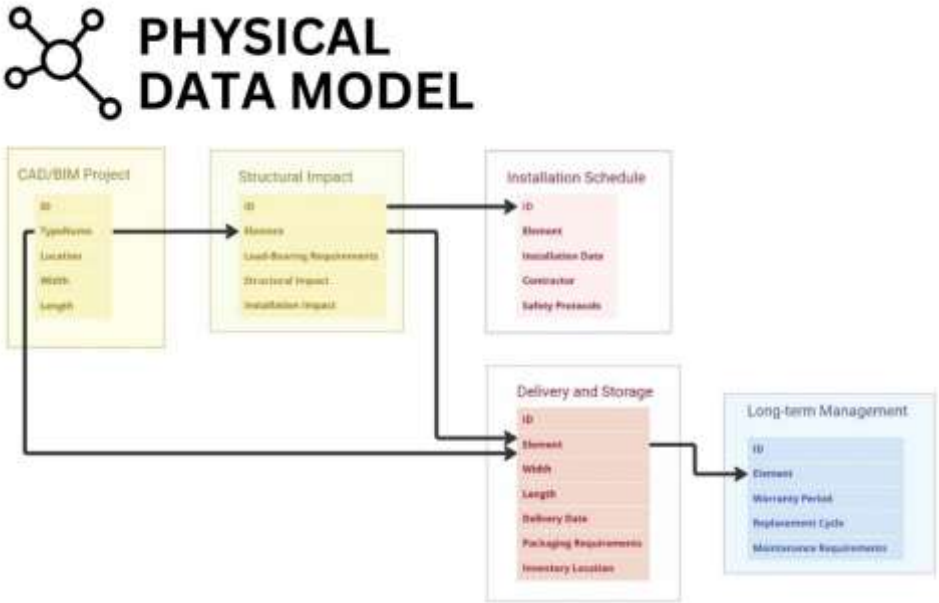
Şekil 4.3-2 Kavramsal diyagram sistemin içeriğini tanımlar: teknik ayrıntılar olmaksızın ilişkilerin üst düzey bir temsili.

- Mantıksal **Veri Modeli**: Kavramsal modele dayanan mantıksal veri modeli, iş bilgilerini ve kurallarını eşleyen varlıkların, niteliklerin, anahtarların ve ilişkilerin ayrıntılı açıklamalarını içerir.



Şekil 4.3-3 Mantıksal Veri Modeli veri türlerini, ilişkileri ve anahtarları ayrıntılı olarak, ancak sistem uygulaması olmadan açıklar.

- **Fiziksel Veri Modeli**: Bu model, tablolar, sütunlar ve ilişkiler dahil olmak üzere bir veritabanının uygulanması için gerekli yapıları açıklar. Veritabanlarının fiziksel dağıtımını optimize etmek için veritabanı performansına, indeksleme stratejilerine ve fiziksel depolamaya odaklanır.

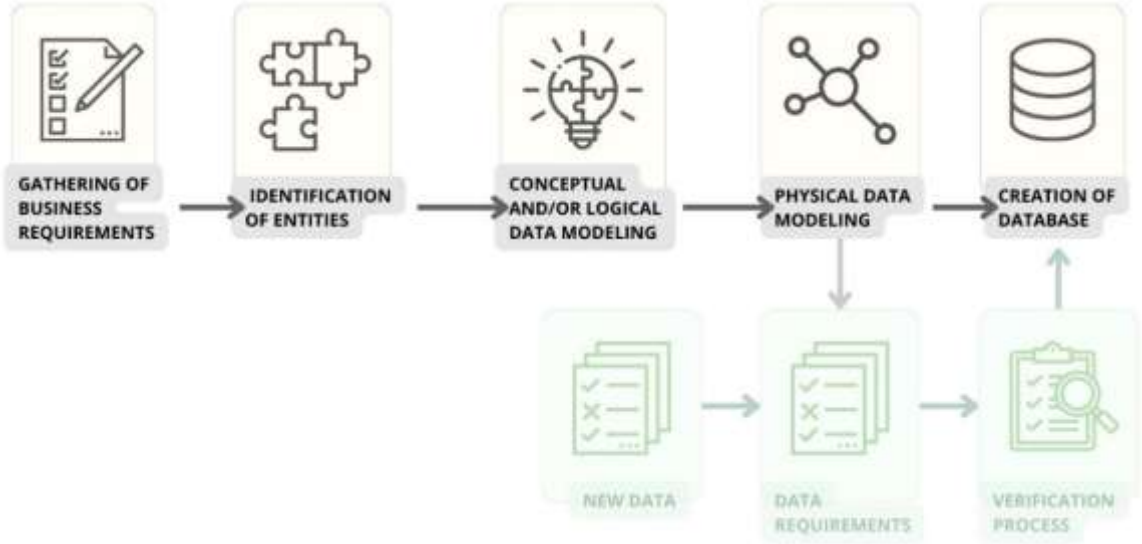


Şekil 4.3-4 Fiziksel veri modeli tablolar ve veritabanının belirli ayrıntıları dahil olmak üzere sistemin nasıl uygulanacağını tanımlar.

> Veritabanları tasarlarken ve tablo ilişkileri tasarlarken, soyutlama seviyelerini anlamak etkili bir sistem mimarisi oluşturmada önemli bir rol oynar.

Etkili bir veri modelleme metodolojisi, iş hedeflerini teknik uygulama ile birleştirmenize olanak tanıyarak tüm süreç zincirini daha şeffaf ve yönetilebilir hale getirir. Veri modelleme tek seferlik bir iş değil, ardışık adımlar içeren bir süreçtir (Şekil 4.3-5):

- **İş gereksinimlerinin toplanması:** temel görevler, hedefler ve bilgi akışları tanımlanır. Bu, uzmanlar ve kullanıcılarla aktif etkileşim aşamasıdır.
- **Varlık tanımlama:** Gelecekteki sistemde dikkate alınması önemli olan ana nesneler, kategoriler ve veri türleri vurgulanır.
- **Kavramsal ve mantıksal bir modelin geliştirilmesi:** önce temel varlıklar ve ilişkileri, ardından nitelikler, kurallar ve ayrıntılı yapı yakalanır.
- **Fiziksel** modelleme**:** modelin teknik uygulaması tasarlanır: tablolar, alanlar, ilişkiler, kısıtlamalar, indeksler.
- **Veritabanı oluşturma:** Son adım, fiziksel modeli seçilen DBMS'de uygulamak, test etmek ve çalışmaya hazırlamaktır.



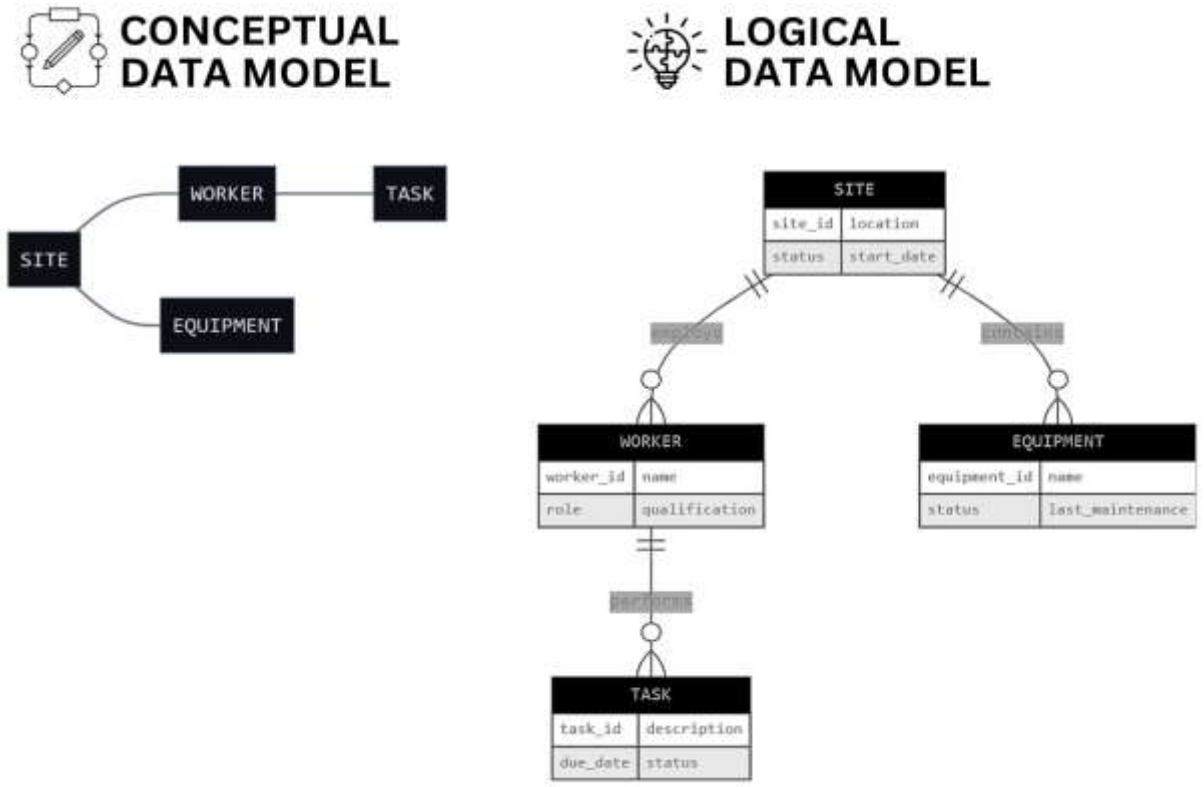
Şekil 4.3-5 İş süreçleri için veritabanları ve veri yönetim sistemleri oluşturmak, gereksinimlerin oluşturulması ve veri modellemesi ile başlar.

Doğru tasarlanmış veri modelleme süreçleri şeffaf bilgi akışlarına olanak tanır; bu da özellikle inşaat projesi veya saha yönetimi gibi karmaşık projelerde önemlidir. Kavramsal bir modelden mantıksal bir modele ve ardından fiziksel bir modele geçmenin süreçleri kolaylaştırmaya nasıl yardımcı olabileceğine bakalım.

İnşaat bağlamında pratik veri modelleme

Veri modellemesine örnek olarak bir şantiye yönetimi görevini ele alalım ve foreman'ın gereksinimlerini yapılandırılmış bir mantık modeline dönüştürelim. Şantiye yönetiminin temel ihtiyaçlarına dayanarak, şantiye (SITE), çalışanlar (WORKER), ekipman (EQUIPMENT), görevler (TASK) ve ekipman kullanımı (EQUIPMENT_USAGE) için anahtar varlıklar tanımlarız. Her varlık, önemli özellikleri yansıtan bir dizi öznitelik içerir. Örneğin, GÖREV için bu, görevin bir açıklaması, bitiş tarihi, durumu, önceliği olabilir; İŞÇİ için bu, isim, sahadaki rolü, mevcut istihdamı vb. olabilir.

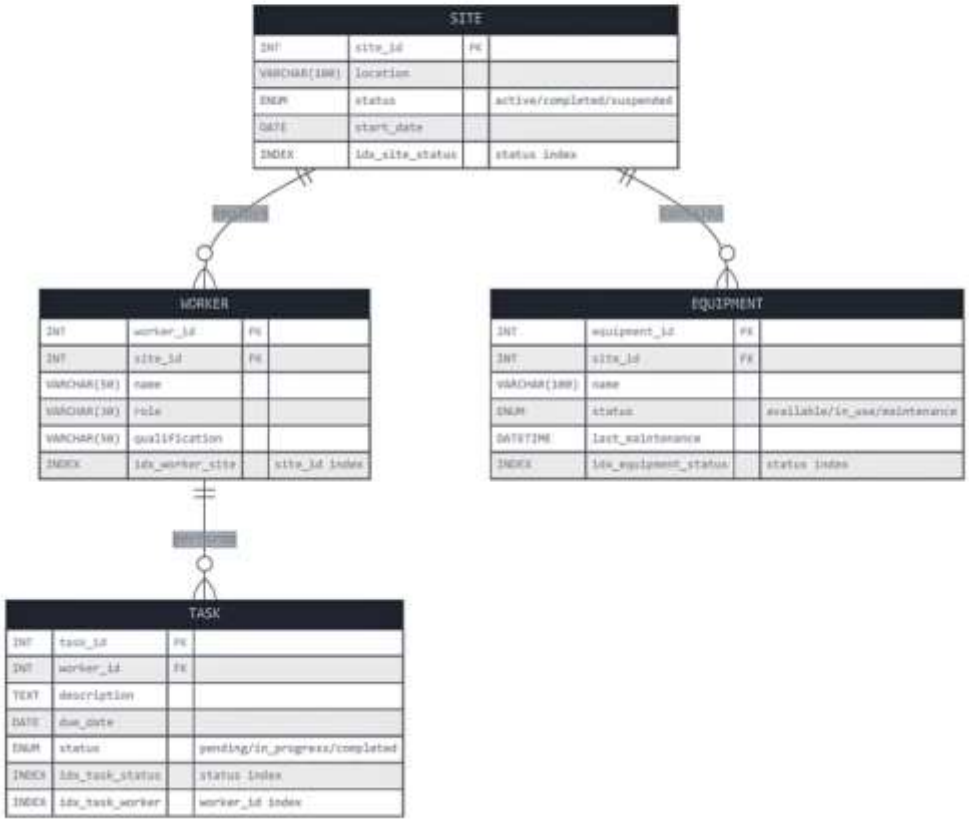
Mantık modeli bu varlıklar arasında ilişkiler kurarak gerçek iş süreçlerinde birbirleriyle nasıl etkileşime girdiklerini gösterir (Şekil 4.3-6). Örneğin, saha ve işçiler arasındaki ilişki, bir sahada birçok işçinin çalışabileceğini gösterirken, işçiler ve görevler arasındaki ilişki, bir işçinin birden fazla görevi yerine getirebileceğini yansıtmaktadır.



Şekil 4.3-6 Şantiye süreçlerini tanımlamak için ustabaşı gereksinimleri tarafından oluşturulan kavramsal ve mantıksal veri modeli.

Fiziksel modele geçerken, teknik uygulama ayrıntıları eklenir: belirli veri türleri (VARCHAR, INT, DATE), tablolar arasındaki ilişkiler için birincil ve yabancı anahtarlar ve veritabanı performansını optimize etmek için dizinler (Şekil 4.3-7).

Örneğin, durumlar için olası değerlere sahip belirli tipler tanımlanmalı ve arama performansını artırmak için durum ve worker_id gibi anahtar alanlara indeksler eklenmelidir. Bu, sistemin mantıksal bir tanımını, oluşturulmaya ve uygulanmaya hazır somut bir veritabanı uygulama planına dönüştürür.



Şekil 4.3-7 Fiziksel veri modeli bir şantiyenin varlıklarını gerekli minimum parametreler aracılığıyla tanımlar.

> Fiziksel model genellikle mantıksal modelden farklıdır. Ortalama olarak, modelleme süresinin dağılımı şu şekildedir: yaklaşık%50'si kavramsal modele (gereksinimlerin toplanması, süreçlerin tartışılması, varlıkların tanımlanması),%10'u mantıksal modele (niteliklerin ve ilişkilerin belirlenmesi) ve%40'ı fiziksel modele (uygulama, test etme, DBMS'ye uyarlama) harcanır.

Bu denge, kavramsal aşamanın veri yapısının temelini oluşturması, mantıksal modelin ise sadece ilişkileri ve nitelikleri belirtmesinden kaynaklanmaktadır. Fiziksel model en fazla kaynak gerektiren aşamadır, çünkü bu aşamada veriler belirli platformlara ve araçlara uygulanır

LLM kullanarak bir veritabanı oluşturma

Bir veri modeline ve parametreler aracılığıyla varlıkların tanımına sahip olarak, belirli süreçlerde yapılandırma aşamasından sonra gelen bilgileri depolayacağımız veritabanları - depolar oluşturmaya hazırız.

Python programlama dili örneğini kullanarak SQLite kullanarak minimum miktarda kodla basit ama işlevsel bir veritabanı örneği oluşturmaya çalışalım. İlişkisel veritabanları "Yapılandırılmış ilişkisel veritabanları ve SQL sorgu dili " bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

> SQLite hafif, açık kaynak kodlu, gömülebilir, platformlar arası bir veritabanıdır, temel SQL özelliklerini destekler. SQLite CAD (BIM), ERP, EPM alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır ve neredeyse her akıllı telefonda mevcuttur.

LLM modelinden, FEM (yapısal etki) ve CPM (montaj programı) sistemleri için yukarıda oluşturulan fiziksel modele (Şekil 4.3-4) dayanarak bizim için küçük bir SQLlite veritabanı oluşturmasını isteyelim.

- LLM sohbetine bir metin isteği gönderin (ChatGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN veya başka herhangi biri):

> Ekteki şekilden "Yapıcı Etki" ve "Kurulum Programı" sistemleri için SQLlite veritabanları oluşturun (şemayı sohbete görüntü olarak yapıştırın (Şekil 4.3-4)⏎

LLM'nin yanıtı:

Create in LLM Chat

Database SQLite

```python
import sqlite3

# Connect to SQLite database (or create if it doesn't exist)
conn = sqlite3.connect('construction.db')

# Create a cursor object using the cursor() method
cursor = conn.cursor()

# Create table - Structural Impact
cursor.execute('''CREATE TABLE IF NOT EXISTS StructuralImpact (
                    ID INTEGER PRIMARY KEY,
                    Element TEXT,
                    LoadBearingRequirements TEXT,
                    StructuralImpact TEXT,
                    InstallationImpact TEXT
                )''')

# Create table - Installation Schedule
cursor.execute('''CREATE TABLE IF NOT EXISTS InstallationSchedule (
                    ID INTEGER PRIMARY KEY,
                    Element TEXT,
                    InstallationDate DATE,
                    Contractor TEXT,
                    SafetyProtocols TEXT
                )''')

# Commit the changes
conn.commit()

# Close the connection
conn.close()

print("Database and tables created successfully.")
```

Run in IDE

Şekil 4.3-8 Oluşturulan kod, yüklenen görüntüden artık veri yükleyebileceğimiz veritabanları ve tablolar oluşturur.

Bu veritabanı kodu, genellikle standart Python ortamına dahil olan SQLite desteği ile Python ortamında çalıştırılabilir. Komut dosyalarını çalıştırabilen ve dosya oluşturabilen herhangi bir yerel Python makinesinde çalıştırılabilir. Bu kod çalıştırılıp sonra sabit diskinizde bir dosya oluşturacaktır - "Yapısal Etki" ve "Kurulum Programı" tablolarını içeren construction.db adlı bir SQLite veritabanı (çalışma sayfaları içeren bir Excel dosyasına benzer).

Bu tablolarda yeni bir **construction.db** veritabanı oluşturulduktan sonra, veriler SQL _queries veya içe aktarma yoluyla bu tablolara eklenebilir, bu da daha sonra otomatik veri işleme oluşturmaya başlamanıza olanak tanır. Veriler SQLite veritabanına CSV dosyalarından, Excel elektronik tablolarından aktarılabilir veya API aracılığıyla diğer veritabanlarından ve depolardan dışa aktarılabilir.

Sürdürülebilir veri modellemesi ve etkili veritabanı yönetimi süreçleri oluşturmak için bir şirketin açıkça tanımlanmış bir stratejinin yanı sıra teknik ve iş ekipleri arasında koordinasyona ihtiyacı vardır. Birbirinden farklı projeler ve birden fazla veri kaynağı söz konusu olduğunda, her düzeyde tutarlılık, standardizasyon ve kalite kontrolü sağlamak genellikle zordur. Önemli bir çözüm, şirket içinde özel bir Veri Modelleme Mükemmeliyet Merkezi (COE) oluşturmak olabilir.

Veri Modelleme Mükemmeliyet Merkezi (CoE)

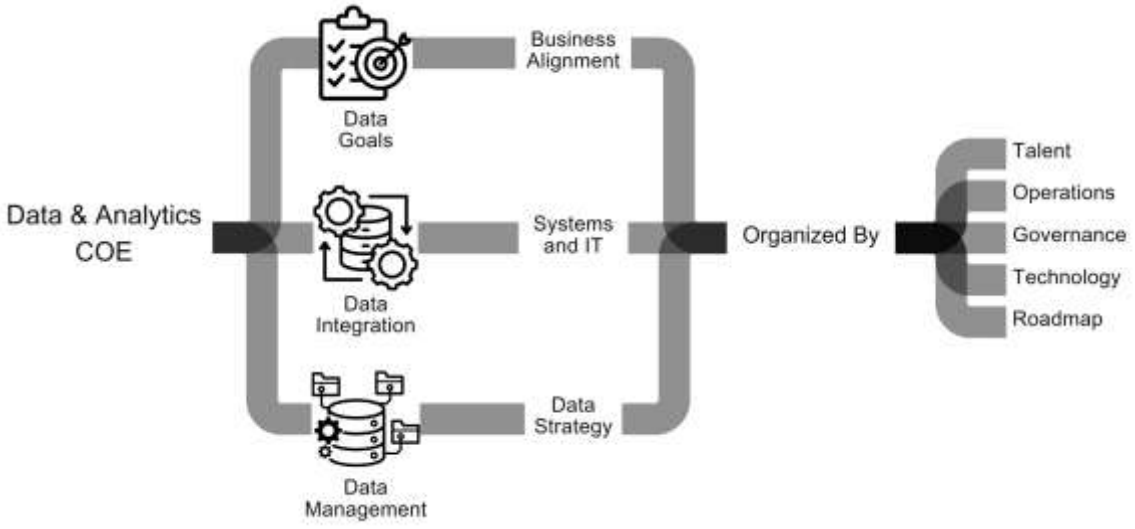
Verilerin en önemli stratejik varlıklardan biri haline gelmesiyle birlikte, şirketlerin bilgileri doğru bir şekilde toplamak ve saklamaktan daha fazlasını yapması gerekmektedir - verilerin sistematik bir şekilde nasıl yönetileceğini öğrenmek önemlidir. Sınıflandırma Mükemmeliyet Merkezi ve Veri Modelleme (CoE), kuruluştaki tüm veri işlemlerinin tutarlılığını, kalitesini ve verimliliğini sağlayan yapısal bir birimdir.

> Mükemmeliyet Merkezi (CoE), bir şirketteki dijital dönüşüm için uzman desteğinin çekirdeği ve metodolojik temelidir. Veri odaklı bir kültür oluşturur ve kuruluşların sezgi veya yerel bilgiler yerine yapılandırılmış, doğrulanmış ve temsili verilere dayalı kararlar alan süreçler oluşturmasını sağlar.

Bir mükemmeliyet veri merkezi genellikle "iki pizza" prensibine göre çalışan çapraz fonksiyonlu ekiplerden oluşur. Jeff Bezos tarafından önerilen bu ilke, ekibin büyüklüğünün iki pizzayla beslenebilecek şekilde olması, yani 6-10 kişiden fazla olmaması gerektiği anlamına gelir. Bu yaklaşım aşırı bürokrasinin önlenmesine yardımcı olur ve çalışma esnekliğini artırır. CoE ekibi, veri analitiğinden makine öğrenimine belirli iş alanlarındaki uzmanlığa kadar çeşitli teknik becerilere sahip çalışanları içermelidir. Veri mühendisleri, derin teknik bilgileriyle sadece süreçleri optimize etmek ve verileri modellemekle kalmamalı, aynı zamanda rutin görevlerdeki zamanı azaltarak meslektaşlarını desteklemelidir (Şekil 4.3-9).

> Doğada ekosistem direncinin biyoçeşitlilikle sağlanması gibi, dijital dünyada da esneklik ve uyarlanabilirlik, verilerin işlenmesine yönelik yaklaşımların çeşitliliğiyle sağlanır. Ancak bu çeşitlilik ortak kurallar ve kavramlarla desteklenmelidir.

Bir Mükemmeliyet Merkezi (CoE), hangi tür verilerin gelişeceğini ve hangilerinin otomatik olarak atılacağını belirleyen bir orman ekosisteminin "iklim koşulları" ile karşılaştırılabilir. Kaliteli veri için elverişli bir "iklim" yaratarak, CoE en iyi uygulamaların ve metodolojilerin doğal seçimini kolaylaştırır ve bunlar daha sonra kuruluş için standartlar haline gelir.



Şekil 4.3-9 Veri ve Analitik Mükemmeliyet Merkezi (CoE), veri yönetimi, entegrasyonu ve stratejisinin temel yönlerine ilişkin uzmanlığı bir araya getirmektedir.

Entegrasyon döngülerini hızlandırmak ve daha iyi sonuçlar elde etmek için CoE üyelerine karar verme konusunda yeterli derecede özerklik sağlamalıdır. Bu özellikle deneme yanılma, sürekli geri bildirim ve sık sürümlerin önemli faydalar sağlayabileceği dinamik bir ortamda önemlidir. Bununla birlikte, bu özerklik ancak üst yönetimden açık bir iletişim ve destek varsa etkili olur. Stratejik vizyon ve üst düzey koordinasyon olmadan, en yetkin ekip bile girişimlerini uygulamada engellerle karşılaşabilir.

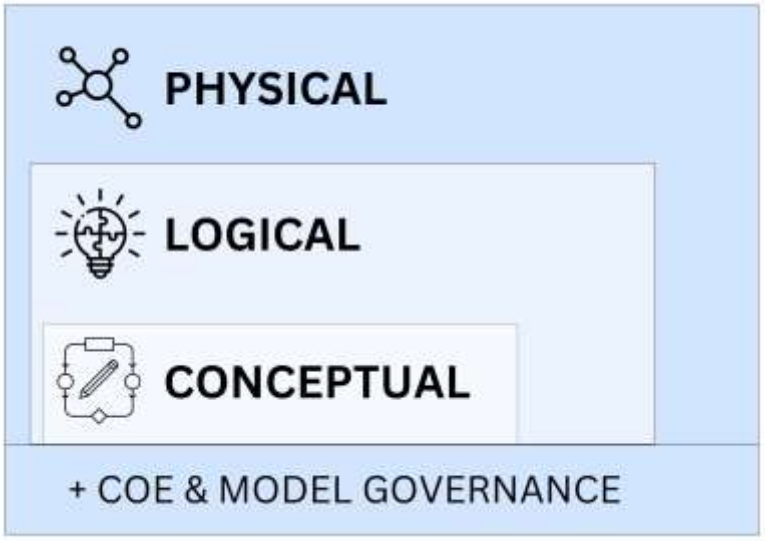
> Veri modelleme yaklaşımının bir veya iki projeyle sınırlı kalmayıp genel bilgi yönetimi ve iş süreci yönetimi sistemine dahil edilmesini sağlamaktan sorumlu olan COE veya şirketin üst yönetimidir.

Uzmanlık Merkezi (CoE), veri modelleme ve Veri Yönetişimi ile ilgili görevlere ek olarak, veri altyapısının konuşlandırılması ve işletilmesine yönelik ortak standartların ve yaklaşımların geliştirilmesinden sorumludur. Buna ek olarak, kurumda sürekli iyileştirme, süreç optimizasyonu ve verilerin etkin kullanımı kültürünü teşvik eder (Şekil 4.3-10).

CoE bünyesinde veri ve model yönetimine yönelik sistematik yaklaşım kabaca birkaç temel bloğa

ayrılabilir:

- **Süreçlerin ve model yaşam döngüsü yönetiminin standartlaştırılması:** CoE veri modellerinin oluşturulması ve yönetimini birleştirmek için metodolojiler geliştirir ve uygular. Bu, işin tüm aşamalarında veri sürekliliğini sağlamak için yapısal şablonların, kalite kontrol yöntemlerinin ve sürüm kontrol sistemlerinin oluşturulmasını içerir.
- **Rol yönetimi ve sorumluluk ataması:** COE, veri modelleme sürecindeki kilit rolleri tanımlar. Her proje katılımcısına açıkça tanımlanmış roller ve sorumluluk alanları atanarak ekip çalışması kolaylaştırılır ve veri tutarsızlığı riski azaltılır.
- **Kalite kontrol ve denetim:** inşaat verilerinin etkin yönetimi, kalitesinin sürekli izlenmesini gerektirir. Verilerin kontrol edilmesi, hataların ve eksik özelliklerin belirlenmesi için otomatik mekanizmalar uygulanmaktadır.
- **Metadata ve Bilgi Mimarisi Yönetimi:** CoE, sistemler arasında entegrasyon için kritik olan birleşik bir sınıflandırma sistemi ve tanımlayıcılar, adlandırma ve varlık tanımlama standartları oluşturmaktan sorumludur.



Şekil 4.3-10 Veri modelleme ve veri kalitesi yönetimi, CoE'nin temel zorluklarından biridir

Veriler için Mükemmeliyet Merkezi (CoE) sadece bir uzman grubu değil, veri odaklı yeni bir kültürü yaratan ve şirket genelinde verilerle çalışmaya yönelik birleşik bir yaklaşım sağlayan sistemik bir mekanizmadır. Modelleme süreçlerinin genel bilgi yönetim sistemine yetkin bir şekilde entegre edilmesi, standardizasyon, sınıflandırma ve veri kalitesi kontrolü yoluyla CoE, işletmelerin ürünlerini ve iş süreçlerini sürekli olarak iyileştirmelerine, pazardaki değişikliklere daha hızlı tepki vermelerine ve güvenilir analitiklere dayalı bilinçli kararlar almalarına yardımcı olur.

Bu tür merkezler özellikle modern DataOps ilkeleriyle birleştirildiğinde etkilidir - altında verilerin sürekli teslimini, otomasyonunu ve kalite kontrolünü sağlayan bir hareket. DataOps hakkında daha fazla bilgiyi Bölüm 8'de "İnşaat Sektöründe Modern Veri Teknolojileri" başlığı altında bulabileceksiniz.

İlerleyen bölümlerde stratejiden uygulamaya geçeceğiz - bir veri merkezine koşullu olarak "dönüşelim":

görev parametrelendirmesinin, gereksinimlerin toplanmasının ve otomatik doğrulama sürecinin nasıl gerçekleştiğine dair çeşitli örneklere bakacağız.

BÖLÜM 4.4.
GEREKSINIMLERIN SISTEMATIK HALE GETIRILMESI VE BILGILERIN DOĞRULANMASI

Gereksinimlerin toplanması ve analiz edilmesi: iletişimlerin yapılandırılmış verilere dönüştürülmesi

Gereksinimlerin toplanması ve yönetilmesi, veri kalitesini sağlamanın ilk adımıdır. Dijital araçların geliştirilmesine rağmen, çoğu gereksinim hala yapılandırılmamış biçimde formüle edilmektedir: mektuplar, toplantı tutanakları, telefon görüşmeleri ve sözlü tartışmalar yoluyla. Bu iletişim biçimi bilginin otomatikleştirilmesini, doğrulanmasını ve yeniden kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bu bölümde, iş gereksinimlerinin şeffaf ve sistematik olmasını sağlamak için metinsel gereksinimlerin resmi yapılara nasıl dönüştürüleceğine bakıyoruz.

> Gartner'ın "Veri Kalitesi: Doğru İçgörüler için En İyi Uygulamalar" başlıklı araştırması, başarılı veri ve analitik girişimleri için veri kalitesinin kritik önemini vurgulamaktadır [100]. Kötü veri kalitesinin kuruluşlara yılda ortalama en az 12,9 milyon dolara mal olduğunu ve güvenilir, yüksek kaliteli verilerin veri odaklı bir şirket yaratmak için gerekli olduğunu belirtiyorlar.

Yapılandırılmış gereksinimlerin eksikliği, aynı unsurun (varlık) ve parametrelerinin farklı sistemlerde farklı varyasyonlarda saklanabilmesine yol açmaktadır. Bu sadece süreçlerin verimliliğini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda zaman kaybına, bilgilerin tekrarlanmasına ve verilerin kullanılmadan önce yeniden doğrulanması ihtiyacına neden olur. Sonuç olarak, tek bir eksiklik bile - kayıp bir parametre veya yanlış tanımlanmış tek bir unsur - karar alma sürecini yavaşlatabilir ve kaynakların verimsiz kullanımına neden olabilir.

> *Bir çivi olmadığı için at nalı kayboldu.*
> *Nal olmadığı için at kayboldu.*
> *At olmayınca, binici de kayboldu.*
> *Binici olmadığı için mesaj kayboldu.*
> *Mesaj olmadığı için savaş kaybedildi.*
> *Savaş olmadığı için krallık kaybedildi.*
> *Hepsi at nalında bir çivi eksik olduğu için.*
>
> - Atasözü [101]

Verilerin doldurulması ve depolanması sürecine yönelik gereksinimlerin analiz edilmesi ve toplanması, tüm paydaşların belirlenmesiyle başlar. Tek bir çivinin kaybolması nasıl kritik sonuçlar zincirine yol açarsa, iş dünyasında da tek bir paydaşın kaybı, gözden kaçan bir gereksinim veya tek bir parametrenin kaybı bile sadece tek bir iş sürecini değil, bir projenin tüm ekosistemini ve bir bütün olarak kuruluşu

önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, ilk bakışta önemsiz görünen unsurları, parametreleri ve rolleri bile belirlemek çok önemlidir ancak daha sonra iş sürdürülebilirliği için kritik olduğu ortaya çıkabilir.

Bir şirketin, müşterinin yeni bir talepte bulunduğu bir projesi olduğunu düşünelim - "*binanın kuzey tarafına ek bir pencere eklemek*". "*Müşterinin mevcut projeye yeni bir pencere ekleme talebi*" şeklindeki küçük süreç mimar, müşteri, CAD uzmanı (BIM), inşaat müdürü, lojistik müdürü, ERP -analist, kalite kontrol mühendisi, güvenlik mühendisi, kontrol müdürü ve mülk müdürünü içerir.

> Küçük bir süreç bile düzinelerce farklı uzmanı içerebilir. Her süreç katılımcısı veri düzeyinde bağlı olduğu uzmanların gereksinimlerini anlamalıdır.

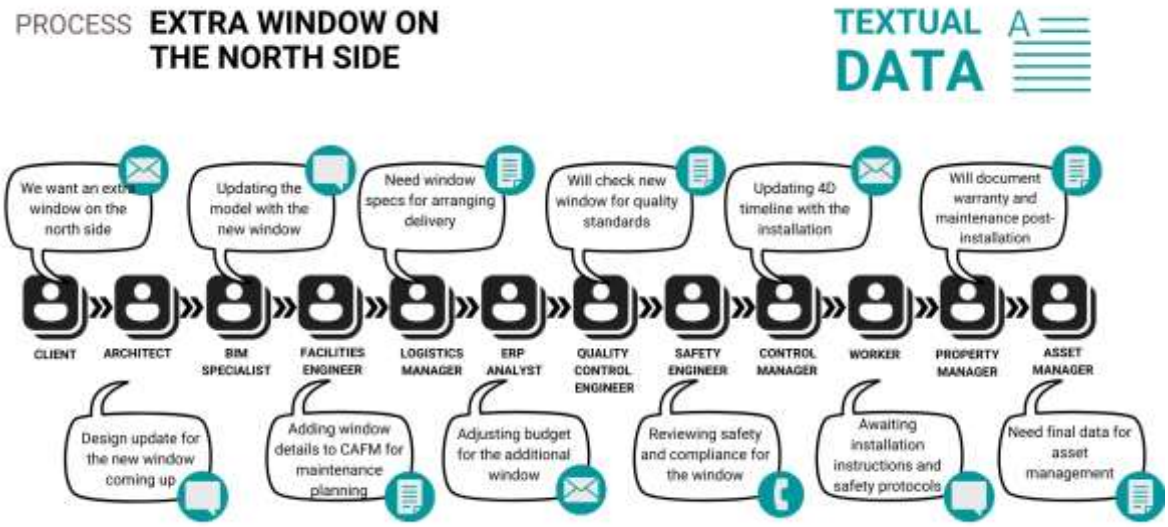
Metin düzeyinde (Şekil 4.4-1), müşteri ile süreç zincirindeki uzmanlar arasındaki iletişim aşağıdaki şekilde gerçekleşir:

- **Müşteri:** "*Daha iyi aydınlatma için kuzey tarafına ek bir pencere eklemeye karar verdik. Bu gerçekleştirilebilir* mi?"
- **Mimar**: "*Elbette, projeyi yeni pencereyi içerecek şekilde revize edeceğim ve güncellenmiş CAD planlarını (BIM) göndereceğim*".
- **CAD Uzmanı (BIM):** "*Yeni bir proje aldım. CAD (BIM) modelini ek pencere ile güncelliyorum ve FEM mühendisi ile koordinasyondan sonra yeni pencerenin tam konumunu ve boyutlarını sağlıyorum*".
- **İnşaat Müdürü:** "Y*eni bir proje alındı. 4D kurulum tarihlerini ayarlıyoruz ve ilgili tüm alt yüklenicileri bilgilendiriyoruz*".
- **Tesis Mühendisi (CAFM**): "*Gelecekteki tesis yönetimi ve bakım planlaması için yeni penceredeki 6D verilerini CAFM sistemine gireceğim*."
- **Lojistik Müdürü**: "*Pencerenin sahaya teslimatını organize etmek için yeni pencerenin boyutlarına ve ağırlığına ihtiyacım* var".
- **ERP** -analist: "*Yeni pencerenin maliyetini genel proje tahminine yansıtmak için ERP sistemimizdeki 5D bütçe güncellemesi için kapsam tablolarına ve tam pencere türüne ihtiyacım var*."
- **Kalite Kontrol Mühendisi**: "*Pencere spesifikasyonları hazır olduğunda, kalite ve malzeme standartlarımızı karşıladıklarından emin olacağım.*"
- **Güvenlik Mühendisi**: '*Yeni pencerenin güvenlik yönlerini değerlendireceğim, özellikle de 8D programı kapsamında uyumluluk ve tahliye konularına odaklanacağım ".*
- **Kontroller Müdürü**: "*ERP'den gelen kesin iş kapsamına bağlı olarak, 4D zaman çizelgemizi yeni pencerenin kurulumunu yansıtacak şekilde güncelleyeceğiz ve yeni verileri projenin içerik yönetim sisteminde saklayacağız*."
- **İşçi (montajcı):** "*Kurulum, montaj ve çalışma zamanlaması ile ilgili talimatlara ihtiyacınız var. Ayrıca, uymam gereken özel güvenlik kuralları var mı?*"
- **Mülk Yöneticisi**: '*Kurulduktan sonra, uzun vadeli yönetim için garanti ve bakım bilgilerini belgeleyeceğim*'.
- **Varlık Yöneticisi**: "*Ekipman Mühendisi, lütfen varlık takibi ve yaşam döngüsü yönetimi için son verileri gönderin.*"
- **Müşteri**: "*Bekle, belki acelem var ve pencereye ihtiyacım olmayacak. Belki de bir balkon yapmalıyım*".

Sıklıkla meydana gelen bu tür senaryolarda, küçük bir değişiklik bile birden fazla sistem ve rol arasında

zincirleme bir reaksiyona neden olur. Bu durumda, ilk aşamasındaki neredeyse tüm iletişim metin biçimindedir: e-postalar, sohbetler, toplantı tutanakları (Şekil 4.4-1).

Bir inşaat projesi için böyle bir metin tabanlı iletişim sisteminde, tüm veri alışverişi işlemlerinin ve alınan tüm kararların yasal olarak onaylanması ve kaydedilmesi sistemi çok önemlidir. Bu, alınan her kararın, talimatın veya yapılan her değişikliğin yasal olarak geçerli ve izlenebilir olmasını sağlayarak gelecekteki "yanlış anlaşılma" riskini azaltır

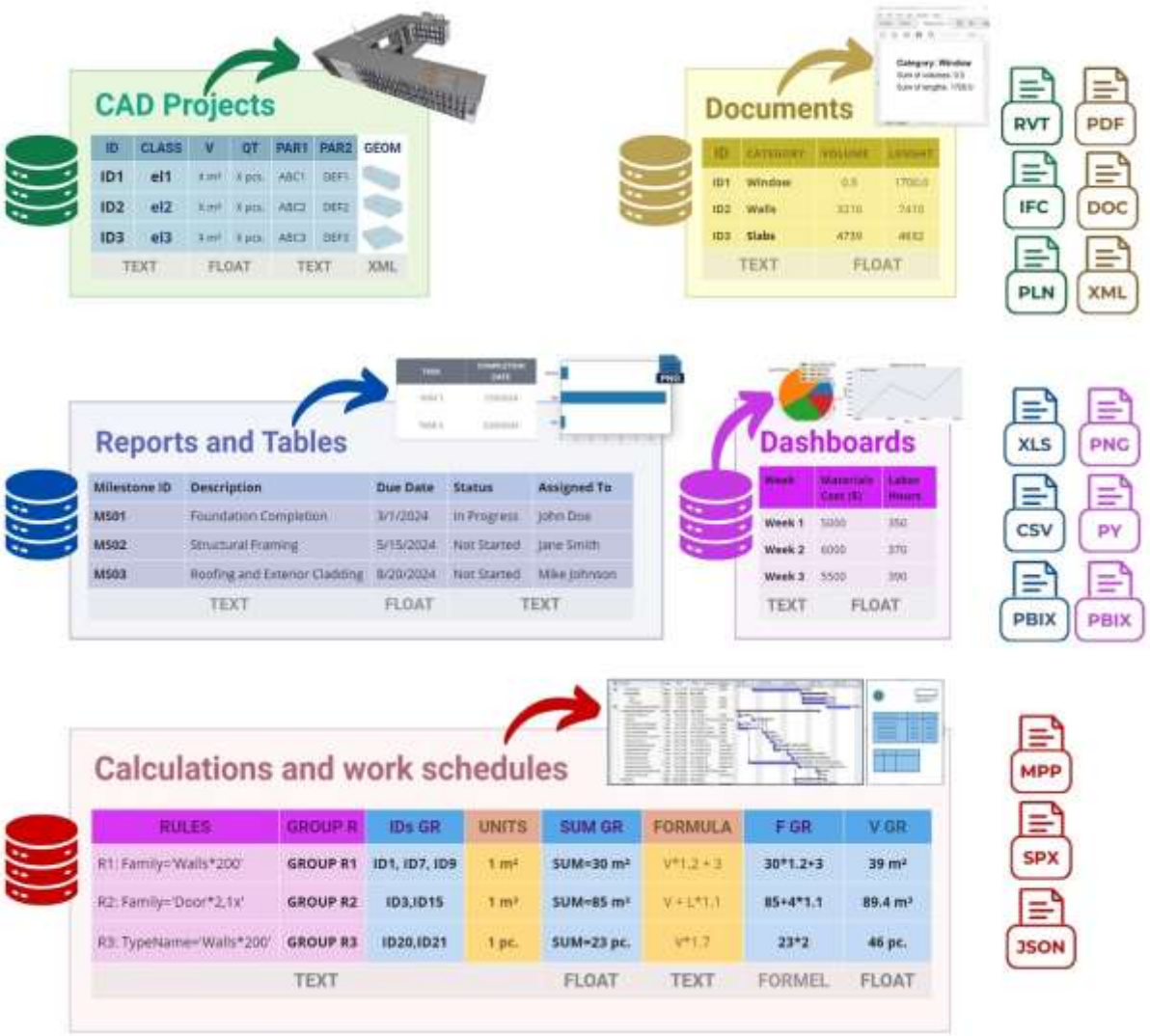


Şekil 4.4-1 Bir projenin ilk aşamalarında müşteri ve yüklenici arasındaki iletişim genellikle çok formatlı metinsel veriler içerir.

> Bir inşaat projesinin ilgili sistemlerinde kararların yasal kontrolünün ve onayının olmaması, ilgili herkes için ciddi sorunlara yol açabilir. Uygun dokümantasyon ve doğrulama olmadan alınan her karar, emir veya değişiklik anlaşmazlıklara (ve davalara) yol açabilir.

Metinsel iletişimdeki tüm kararların yasal olarak birleştirilmesi ancak çok sayıda imzalı belge ile sağlanabilir ve bu da tüm işlemleri kaydetmekle yükümlü olan yönetimin omuzlarına düşecektir. Sonuç olarak, her katılımcının her işlem için belge imzalaması gerekiyorsa, sistem esnekliğini kaybeder ve bürokratik bir labirent haline gelir. İşlem onaylarının eksikliği sadece proje uygulamasını geciktirmekle kalmayacak, aynı zamanda mali kayıplara ve katılımcılar arasındaki ilişkilerin bozulmasına, hatta yasal sorunlara yol açabilecektir.

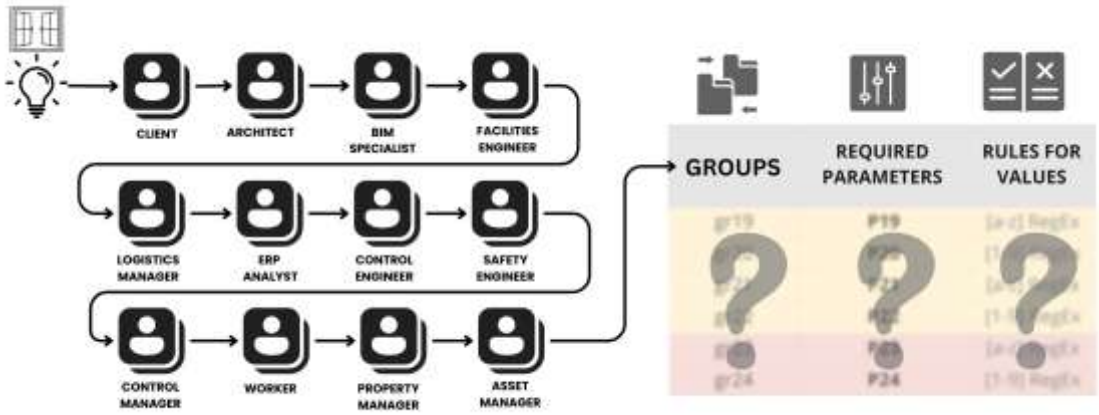
Genellikle metin tabanlı tartışmalarla başlayan böyle bir işlem onay süreci, ilerleyen aşamalarda kademeli olarak çok formatlı bir belge alışverişine dönüşür (Şekil 4.4-2) ve eskiden sadece metin üzerinden gerçekleşen iletişimi önemli ölçüde karmaşıklaştırır. Açıkça tanımlanmış gereksinimler olmadan, çok formatlı veriler ve çok sayıda metinsel gereksinimlerle dolu bu tür süreçleri otomatikleştirmek neredeyse imkansız hale gelir.



Şekil 4.4-2 İnşaat şirketi ortamındaki her sistem, çeşitli formatlarda yasal olarak ilgili belgelerin kaynağı olarak hizmet vermektedir.

Metin iletişimleri, her bir profesyonelin ya yazışmaların tamamına aşina olmasını ya da projenin mevcut durumunu anlamak için tüm toplantılara düzenli olarak katılmasını gerektirir.

Bu sınırlamanın üstesinden gelmek için, metinsel iletişimden yapılandırılmış bir gereksinim modeline geçiş gereklidir. Bu da ancak sistematik analiz, süreç görselleştirme ve etkileşimlerin akış şemaları ve veri modelleri şeklinde tanımlanmasıyla mümkündür (Şekil 4.4-3). Veri modellemesinde olduğu gibi (Şekil 4.3-7), katılımcılar tarafından kullanılan sistemleri ve araçları ve bunlar arasındaki bağlantıları ekleyerek bağlamsal-fikir düzeyinden kavramsal düzeye geçtik.



Şekil 4.4-3 Doğrulama sürecinin nasıl yönetileceğini ve otomatikleştirileceğini öğrenmek için süreçleri görselleştirmek ve gereksinimleri yapılandırmak gerekir.

Gereksinimleri ve ilişkileri sistematik hale getirmenin ilk adımı, kavramsal akış şemaları kullanarak tüm bağlantıları ve ilişkileri görselleştirmektir. Kavramsal düzey sadece tüm süreç katılımcılarının tüm süreç zincirini anlamasını kolaylaştırmakla kalmayacak, aynı zamanda her bir süreç adımında verilere (ve gereksinimlere) neden ve kimin için ihtiyaç duyulduğunu da açıkça gösterecektir.

Süreç akış şemaları ve kavramsal çerçevelerin etkinliği

Veri yönetimine yönelik geleneksel ve modern yaklaşımlar arasındaki uçurumu kapatmak için şirketlerin parçalı metinsel açıklamalardan yapılandırılmış süreç temsillerine bilinçli bir geçiş yapması gerekiyor. Verilerin kil tabletlerden dijital ekosistemlere doğru evrimi, yeni düşünme araçları gerektirmektedir. Bu araçlardan biri de akış şemaları kullanarak kavramsal modellemedir. Görsel diyagramlar - akış şemaları, süreç diyagramları, etkileşim diyagramları - oluşturmak, proje katılımcılarının eylemlerinin ve kararlarının tüm karar verme sistemini nasıl etkilediğini fark etmelerini sağlar.

> Süreçler yalnızca verilerin depolanmasını değil, aynı zamanda analiz edilmesini veya otomatikleştirilmesini de gerektiriyorsa, kavramsal ve görsel bir gereksinim katmanı oluşturma konusunu ele almaya başlamanız gerekir.

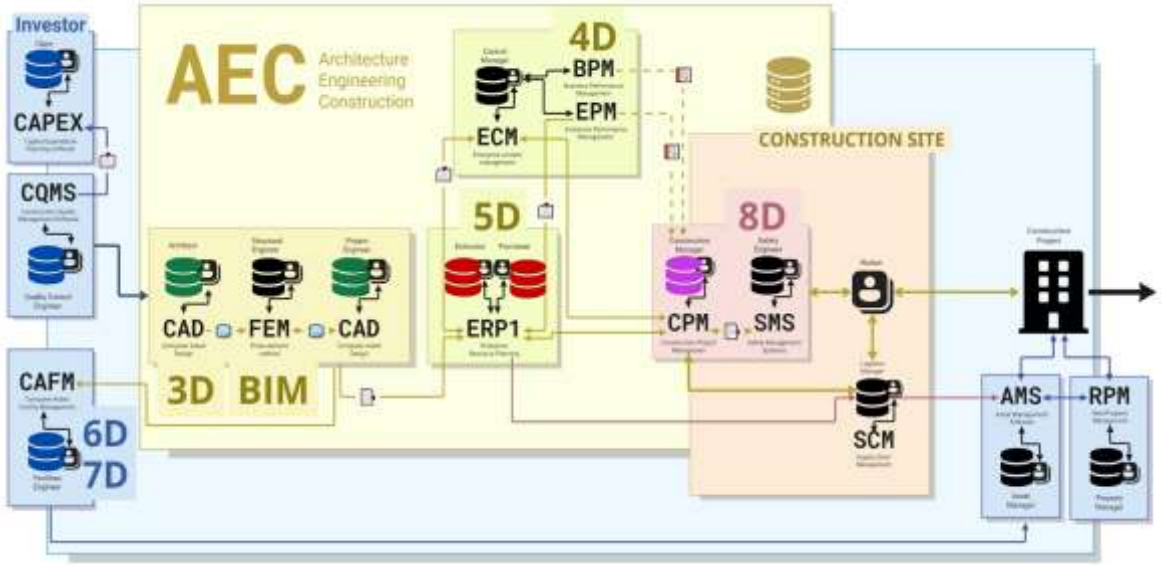
Örneğimizde (Şekil 4.4-1), her uzman küçük bir ekibin parçası olabileceği gibi, bir genel müdürün kontrolü altında bir düzineye kadar uzmanın bulunduğu daha büyük bir departmanın da parçası olabilir. Her departman, belge oluşturmak, kararların yasal durumunu kaydetmek ve süreçleri yönetmek için gerekli olan gelen bilgilerle düzenli olarak güncellenen özel bir uygulama veritabanı kullanır (Şekil 1.2-4, örneğin ERP, CAD, MEP, CDE, ECM, CPM vb.

> İşlem süreci, kararları yasal olarak onaylamak için kil tabletlerin ve papirüslerin kullanıldığı 4.000 yıl önceki eski yöneticilerin çalışmalarına benzer. Modern sistemler ile kil ve kağıttan yapılan öncülleri arasındaki fark, modern yöntemlerin ek olarak metinsel bilgileri diğer sistem ve araçlarda otomatik olarak işlenmek üzere dijital forma dönüştürme sürecini de içermesidir.

Sürecin kavramsal akış şemaları şeklinde görselleştirilmesi, her bir adımın ve farklı roller arasındaki etkileşimlerin tanımlanmasına yardımcı olarak karmaşık bir iş akışını açık ve basit hale getirecektir.

> süreçlerinin görselleştirilmesi, süreç mantığının tüm ekip üyeleri için şeffaf ve erişilebilir olmasını sağlar.

Metin, mesajlar (Şekil 4.4-1) ve blok diyagram şeklinde açıklanan bir projeye pencere eklemeye yönelik aynı iletişimsel süreç, veri modelleme bölümünde ele aldığımız kavramsal modele benzer (Şekil 4.4-4).



Şekil 4.4-4 Kavramsal diyagram, proje katılımcılarını, sorgularının farklı sistemleri birbirine bağladığı bir veritabanının kullanıcıları olarak göstermektedir.

Kavramsal diyagramlar önemli bir adım olmasına rağmen, birçok şirket süreçleri anlamak için görsel bir diyagramın yeterli olduğuna inanarak kendilerini bu seviyeyle sınırlamaktadır. Bu, yönetilebilirlik yanılsaması yaratır: yöneticiler böyle bir akış şemasında büyük resmi daha kolay algılayabilir ve katılımcılar ile aşamalar arasındaki bağlantıları görebilir. Ancak bu tür şemalar, her katılımcı için hangi verilerin gerekli olduğu, hangi formatta iletilmesi gerektiği ve otomasyonun gerçekleştirilmesi için hangi parametrelerin ve özelliklerin zorunlu olduğu konusunda net bir fikir vermez. Kavramsal bir akış şeması daha çok bir yol haritası gibidir: kimin kiminle etkileşim halinde olduğunu gösterir, ancak bu etkileşimlerde neyin aktarıldığını ortaya koymaz.

> Bir süreç, akış şemaları kullanılarak kavramsal düzeyde ayrıntılı olarak tanımlansa bile, bu onun etkinliğini garanti etmez. Görselleştirme genellikle yöneticilerin işini basitleştirerek adım adım raporlama ile süreci daha kolay takip etmelerini sağlar. Ancak veritabanı mühendisleri için kavramsal gösterim yeterince açık olmayabilir ve sürecin parametre ve gereksinimler düzeyinde nasıl uygulanacağına dair net bir anlayış sağlamayabilir.

Daha karmaşık veri ekosistemlerine doğru ilerledikçe, veri süreçlerinin sadece verimli olmasını değil, aynı zamanda kurumun stratejik hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamak için kavramsal ve görsel araçların ilk uygulaması kritik hale gelmektedir. Bu pencere ekleme sürecini (Şekil 4.4-1) veri gereksinimleri seviyesine tam olarak çevirmek için, bir seviye daha derine inmemiz ve sürecin kavramsal görselleştirmesini mantıksal ve fiziksel veri seviyesine, gerekli niteliklere ve bunların sınır değerlerine çevirmemiz gerekir.

Yapılandırılmış gereksinimler ve RegEx düzenli ifadeleri

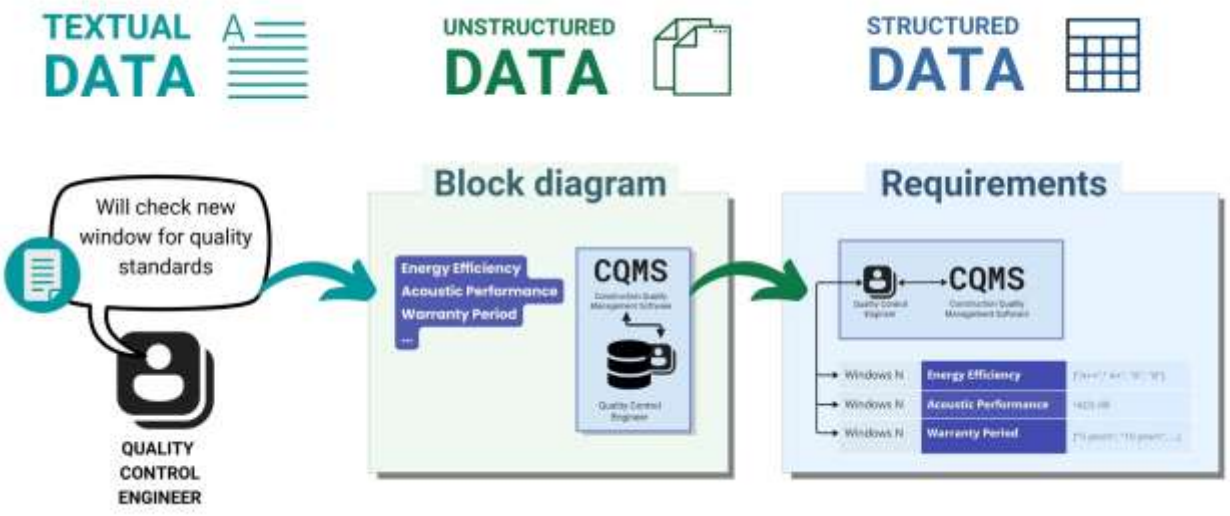
Şirketlerde oluşturulan verilerin%80'i yapılandırılmamış veya yarı yapılandırılmış formatlardadır [52] metin, belgeler, mektuplar, PDF -dosyalar, konuşmalar. Bu tür verilerin (Şekil 4.4-1) analiz edilmesi, doğrulanması, sistemler arasında aktarılması ve otomasyonda kullanılması zordur.

Yönetilebilirliği, şeffaflığı ve otomatik doğrulamayı sağlamak için, metinsel ve yarı yapılandırılmış gereksinimleri iyi tanımlanmış, yapılandırılmış formatlara dönüştürmek gerekir. Yapılandırma süreci sadece verilerle değil (kitabın bu bölümünün ilk bölümlerinde ayrıntılı olarak tartıştık), aynı zamanda proje katılımcılarının genellikle bu süreçlerin otomatikleştirilebileceğini düşünmeden proje yaşam döngüsü boyunca serbest metin biçiminde formüle ettikleri gereksinimlerin kendileriyle de ilgilidir.

> Verileri yapılandırılmamış metinsel bir formdan yapılandırılmış bir forma dönüştürdüğümüz gibi, gereksinim iş akışında da metinsel gereksinimleri yapılandırılmış bir "mantıksal ve fiziksel katman" formatına dönüştüreceğiz.

Pencere ekleme örneğinin bir parçası olarak (Şekil 4.4-1), bir sonraki adım veri gereksinimlerini tablo biçiminde tanımlamaktır. Proje katılımcıları tarafından kullanılan her bir sistem için bilgileri, anahtar nitelikleri ve bunların sınır değerlerini belirterek yapılandıracağız

Örneğin, böyle bir sistemi düşünün (Şekil 4.4-5) - müşteri tarafındaki kalite kontrol mühendisi tarafından kullanılan İnşaat Kalite Yönetim Sistemi (CQMS). Bu sistemin yardımıyla, projenin yeni bir unsurunun - bu durumda "yeni pencere" - belirlenen standartlara ve gerekliliklere uygun olup olmadığını kontrol eder.



Şekil 4.4-5 Metinsel gereksinimlerin varlık niteliklerinin açıklamalarıyla birlikte bir tablo formatına dönüştürülmesi diğer uzmanlar için anlamayı kolaylaştırır.

Örnek olarak, CQMS -sistemindeki (Şekil 4.4-6) "pencere sistemleri" tipi varlıkların nitelikleri için bazı önemli gereklilikleri göz önünde bulundurun: enerji verimliliği, akustik performans ve garanti süresi. Her kategori, pencere sistemleri tasarlanırken ve kurulurken dikkate alınması gereken belirli standartları ve özellikleri içerir.

Şek. 4.4-6 Kalite Kontrol Mühendisi yeni Pencere Tipi elemanlarını enerji verimliliği, ses yalıtımı ve garanti standartları açısından incelemelidir.

Bir kalite kontrol mühendisinin tablo şeklinde belirttiği veri gereksinimleri, örneğin aşağıdaki sınır değerlere sahiptir:

- **Pencerelerin enerji verimliliği sınıfı**, en yüksek verimliliği ifade eden "A++" ile kabul edilebilir minimum seviye olarak kabul edilen "B" arasında değişmektedir ve bu sınıflar kabul edilebilir değerlerin bir listesi ile temsil edilmektedir **["A++", "A+", "A", "A", "B"].**

- **Pencerelerin** desibel cinsinden ölçülen ve sokak gürültüsünü azaltma kabiliyetlerini gösteren **akustik yalıtımı \d{2}dB** düzenli ifadesi ile tanımlanır**.**
- "Pencere Tipi" öğesi için **"Garanti Süresi" özelliği** beş yıldan başlar ve bu süreyi bir ürün seçerken izin verilen minimum süre olarak belirler; **["5 yıl", "10 yıl", vb.]** gibi garanti süresi değerleri veya **">5 (yıl)"** mantıksal koşulu da belirtilir**.**

Toplanan gereksinimlere göre, belirlenen nitelikler dahilinde, "C" veya "D" gibi "B" nin altında derecelere sahip yeni pencere kategorisi veya sınıfı elemanları enerji verimliliği testini geçemeyecektir. QA Mühendisine verilen veri veya belgelerdeki pencere akustik yalıtımı, "35 dB" veya "40 dB" gibi "dB" son ekini takip eden iki basamaklı bir sayı ile etiketlenmelidir ve "9 D B" veya "100 desibel" gibi bu formatın dışındaki değerler kabul edilmeyecektir (RegEx dizeleri için modeli geçemeyeceklerinden). Garanti süresi en az "5 yıl" ile başlamalıdır ve "3 yıl" veya "4 yıl" gibi daha kısa garanti sürelerine sahip pencereler Kalite Mühendisinin tablo formatında tanımladığı gereklilikleri karşılamayacaktır.

Bu tür öznitelik-parametre değerlerini doğrulama sürecindeki gereksinimlerden gelen sınır değerlere karşı kontrol etmek için izin verilen değerlerin bir listesini (["A", "B", "C"]), sözlükleri (["A": "H1", "H2"; "B": W1", "W2"]), mantıksal işlemler (örneğin, sayısal değerler için ">", "<", "<=", ">=" "==") ve düzenli ifadeler ("Akustik Performans" özniteliğinde olduğu gibi dize ve metin değerleri için). Düzenli ifadeler dize değerleriyle çalışırken son derece önemli bir araçtır.

> **Düzenli ifadeler** (RegEx), Python (Re kütüphanesi) dahil olmak üzere programlama dillerinde dizeleri bulmak ve değiştirmek için kullanılır. Regex, dizgi dünyasındaki bir dedektif gibidir ve metin içindeki metin kalıplarını hassas bir şekilde tanımlayabilir.

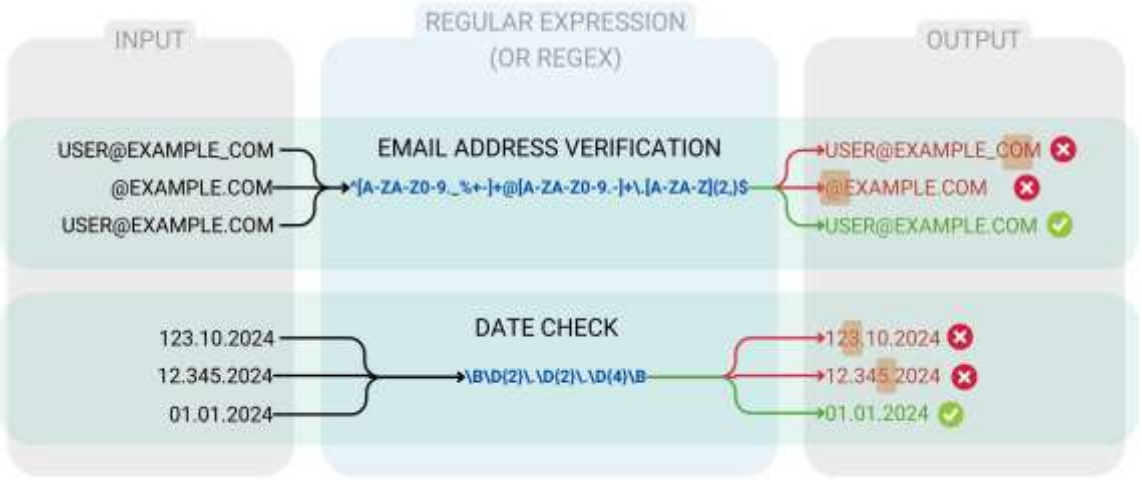
Düzenli ifadelerde, harfler doğrudan ilgili alfabe karakterleri kullanılarak tanımlanırken, sayılar 0'dan 9'a kadar herhangi bir rakama karşılık gelen \d özel karakteri kullanılarak gösterilebilir. Köşeli parantezler bir harf veya rakam aralığını belirtmek için kullanılır, örneğin Latin alfabesinin herhangi bir küçük harfi için [a-z] veya \d'ye eşdeğer olan [0-9]. Sayısal olmayan ve harf olmayan karakterler için sırasıyla \D ve \W kullanılır.

Popüler RegEx kullanım durumları (Şekil 4.4-7):

- **e-posta adresini doğrulama**: bir dizenin geçerli bir e-posta adresi olup olmadığını kontrol etmek için "^ **[a-zA-Z0-9._%+-]+@[a-zA-Z0-9.-]+\.[a-zA-Z]{2,}$"** şablonunu kullanabilirsiniz.
- **Tarih Çıkarma**: "\b\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}\d{2}**.\d{4}\b"** şablonu metinden DD.MM.YYYY formatında tarih çıkarmak için kullanılabilir.
- telefon numaralarını doğrulama: +49(000)000-0000 biçimindeki telefon numaralarını doğrulamak için desen **"\+\d{2}\(\d{3}\)\d{3}-\d{4}"** gibi görünecektir**.**

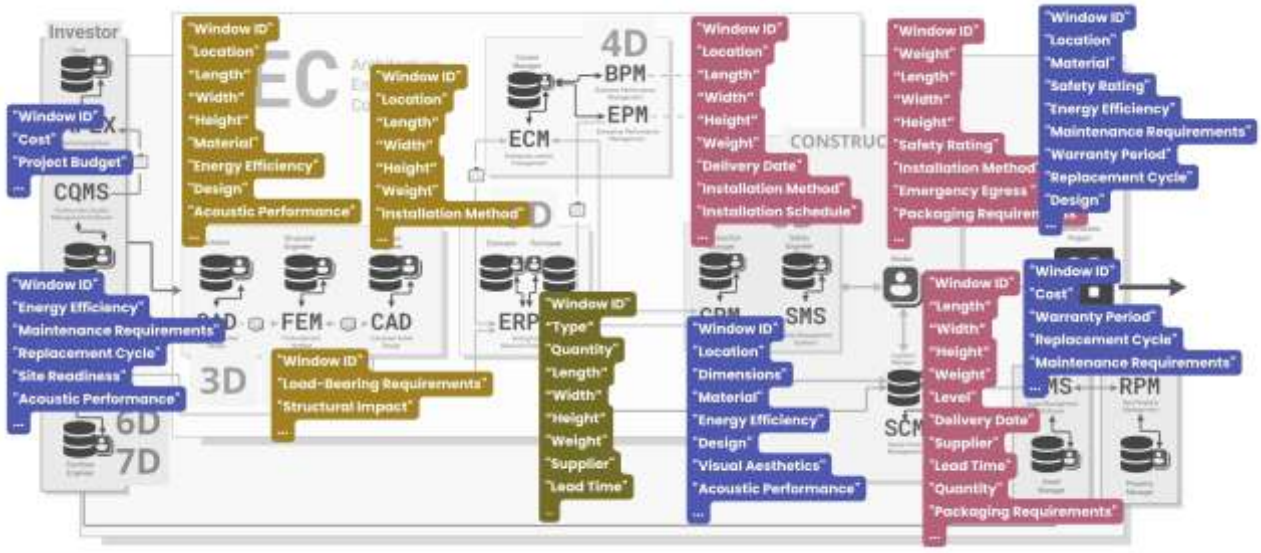
Bir KG mühendisinin gereksinimlerini nitelikler ve bunların sınır değerleri formatına çevirerek (Şekil 4.4-6), bunları orijinal metin formatından (konuşmalar, mektuplar ve düzenleyici belgeler) organize ve yapılandırılmış bir tabloya dönüştürdük, böylece gelen verilerin otomatik olarak kontrol edilmesini ve analiz edilmesini mümkün kıldık (örneğin Pencere kategorisinin yeni öğeleri). Gereksinimlerin varlığı, kontrol edilmeyen verilerin otomatik olarak atılmasına ve kontrol edilen verilerin daha ileri işlemler

için sistemlere otomatik olarak aktarılmasına olanak tanır.



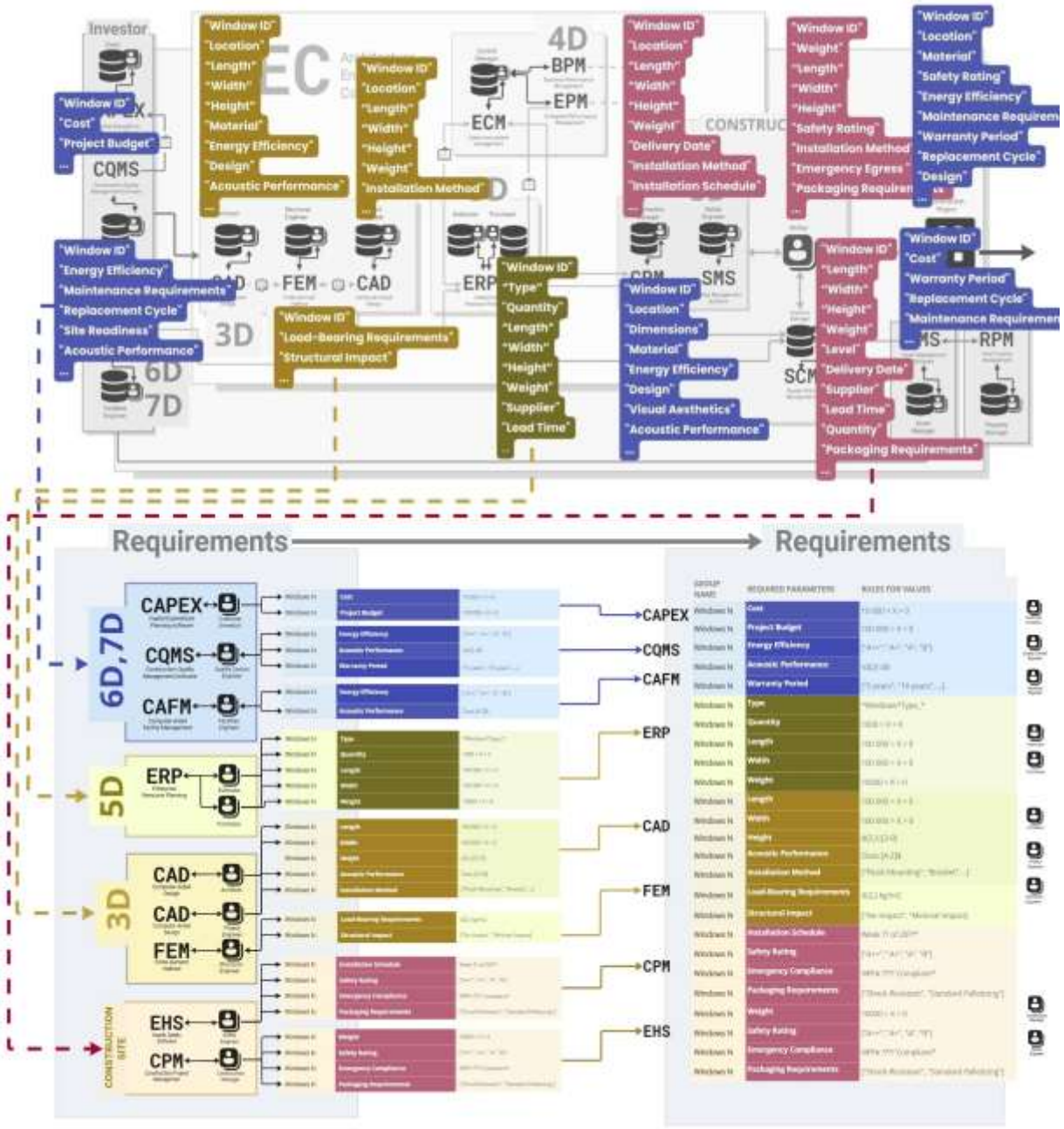
Şekil 4.4-7 Düzenli ifadelerin kullanımı metin veri doğrulama sürecinde son derece önemli bir araçtır.

Şimdi, gereksinimlerle çalışmanın kavramsal düzeyinden mantıksal düzeyine geçerek, yeni bir pencere kurma sürecimizdeki tüm uzmanların tüm gereksinimlerini (Şekil 4.4-4) öznitelik biçiminde sıralı bir listeye dönüştüreceğiz ve bu listeleri gerekli özniteliklerle birlikte her uzman için akış şemamıza ekleyeceğiz (Şekil 4.4-8).



Şekil 4.4-8 Mantıksal süreç düzeyinde, her bir uzman tarafından ele alınan nitelikler kendi sistemlerine eklenir.

Tüm nitelikleri ortak bir süreç tablosuna ekleyerek, daha önce kavramsal düzeyde metin ve diyalog olarak sunulan bilgileri (Şekil 4.4-1) fiziksel düzeydeki tabloların yapılandırılmış ve sistematik biçimine dönüştürüyoruz (Şekil 4.4-9).



Şekil 4.4-9 Yapılandırılmamış uzman diyaloğunun yapılandırılmış tablolara dönüştürülmesi, gereksinimlerinin fiziksel düzeyde anlaşılmasına yardımcı olur.

Artık veri gereksinimlerinin belirli sistemler için bilgi oluşturan uzmanlara iletilmesi gerekmektedir. Örneğin, bir CAD veritabanında çalışıyorsanız, öğeleri modellemeye başlamadan önce, verilerin son kullanım senaryolarına göre gerekli tüm parametreleri toplamalısınız. Bu genellikle operasyonel aşama ile başlar, ardından şantiye, lojistik departmanı, tahmin departmanı, yapısal hesaplamalar departmanı vb. gelir. Ancak tüm bu alanların gereksinimlerini dikkate aldıktan sonra toplanan parametrelere dayalı olarak veri oluşturmaya başlayabilirsiniz. Bu, gelecekte verilerin zincir boyunca doğrulanmasını ve aktarılmasını otomatikleştirmenize olanak tanıyacaktır.

Yeni veriler gereksinimleri karşıladığında, şirketin veri ekosistemine otomatik olarak entegre edilir ve doğrudan amaçlandığı kullanıcılara ve sistemlere gider. Verilerin özniteliklere ve değerlerine göre doğrulanması, bilgilerin gerekli kalite standartlarını karşılamasını ve şirket senaryolarında kullanıma hazır olmasını sağlar.

Veri gereksinimleri tanımlanmıştır ve şimdi, doğrulama başlamadan önce, doğrulanacak veriler oluşturulmalı, elde edilmeli veya toplanmalı ya da veritabanlarındaki bilgilerin mevcut durumu doğrulama sürecinde kullanılmak üzere kaydedilmelidir.

Doğrulama süreci için veri toplama

Doğrulama başlamadan önce, verilerin doğrulama sürecine uygun bir biçimde mevcut olduğundan emin olmak önemlidir. Bu sadece bilginin mevcut olması değil, hazırlanması anlamına gelir: veriler toplanmalı ve yapılandırılmamış, gevşek yapılandırılmış, metinsel ve geometrik formatlardan yapılandırılmış bir forma dönüştürülmelidir. Bu süreç, farklı veri türlerini dönüştürme yöntemlerinin tartışıldığı önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Tüm dönüşümlerin sonucunda, gelen veriler açık yapılandırılmış tablolar şeklini alır (Şekil 4.1-2, Şekil 4.1-9, Şekil 4.1-13).

Gerekli parametreleri ve sınır değerleri içeren gereksinimler ve yapılandırılmış tablolarla (Şekil 4.4-9), verileri doğrulamaya başlayabiliriz - ya tek bir otomatik işlem olarak (Pipeline) ya da gelen her belgenin adım adım doğrulanması şeklinde.

Kontrolü başlatmak için ya girdi olarak yeni bir dosya almak ya da verilerin mevcut durumunu sabitlemek - bir anlık görüntü oluşturmak veya mevcut ve gelen verileri dışa aktarmak ya da harici veya dahili bir veritabanına bağlantı kurmak gerekir. Söz konusu örnekte, böyle bir anlık görüntü, CAD verilerinin adresinden otomatik olarak, örneğin tüm tasarımcılar evlerine gittikten sonra 29 Mart 2024 Cuma günü saat 23:00:00'da kaydedilen yapılandırılmış bir formata dönüştürülmesiyle oluşturulmaktadır.

Şekil 4.4-10 CAD veritabanı anlık görüntüsü (BIM) proje modelinin mevcut sürümünde "Pencere" sınıfındaki yeni bir varlık için mevcut öznitelik bilgilerini göstermektedir.

"CAD verilerinin (BIM) yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesi" bölümünde ele alınan tersine

mühendislik araçları sayesinde, farklı CAD (BIM) araçları ve editörlerinden gelen bu bilgiler ayrı tablolar halinde düzenlenebilir (Şekil 4.4-11) veya projenin farklı bölümlerini birleştiren ortak bir tabloda birleştirilebilir (Şekil 9.1-10).

Böyle bir tablo - veritabanı, pencere ve kapıların benzersiz tanımlayıcılarını (ID niteliği), tip adlarını (TypeName), boyutlarını (Genişlik, Uzunluk), malzemelerini (Malzeme), ayrıca enerji ve akustik performans göstergelerini ve diğer özelliklerini görüntüler. CAD programında doldurulan böyle bir tablo (BIM) bir tasarım mühendisi tarafından çeşitli departmanlardan ve belgelerden toplanarak projenin bir bilgi modelini oluşturur.

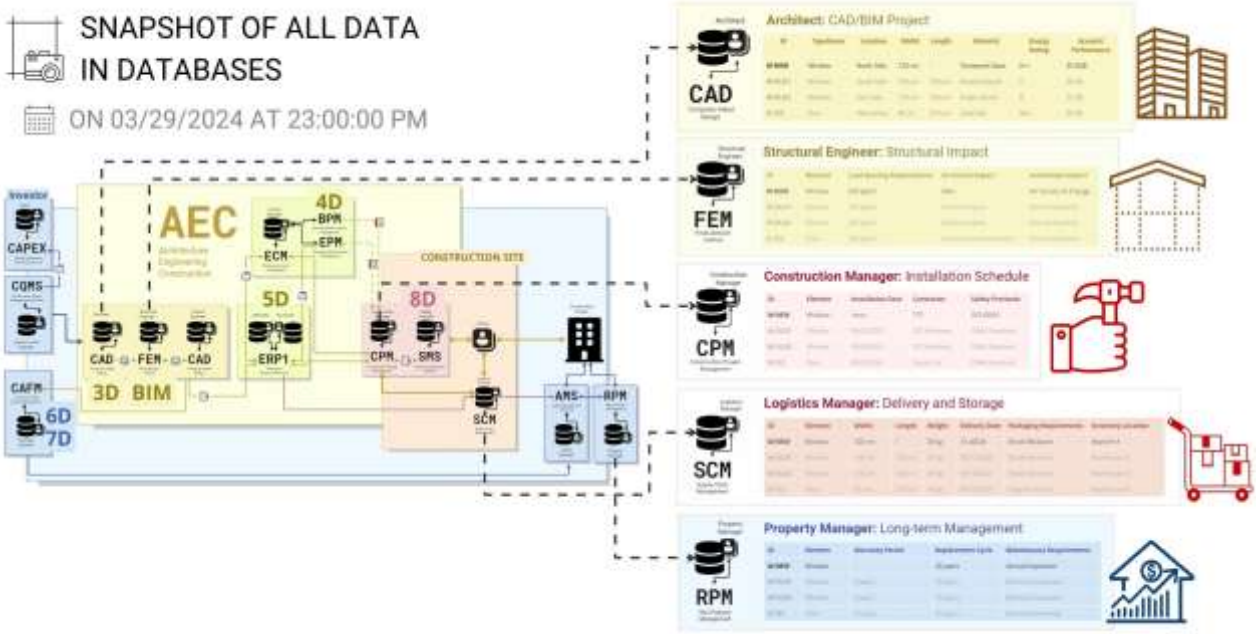
Şekil 4.4-11 CAD sistemlerinden gelen yapılandırılmış veriler öğelerin niteliklerini gösteren sütunlara sahip iki boyutlu bir tablo olabilir.

Gerçek CAD (BIM) projeleri onlarca veya yüz binlerce unsur içerir (Şekil 9.1-10). CAD formatları içindeki elemanlar, pencere ve kapılardan döşeme, plaka ve duvarlara kadar tür ve kategorilere göre otomatik olarak sınıflandırılır. Benzersiz tanımlayıcılar (örneğin CAD çözümü tarafından otomatik olarak ayarlanan yerel kimlik) veya tip özellikleri (Tip Adı, Tip, Aile) aynı nesnenin farklı sistemlerde izlenmesini sağlar. Örneğin, bir binanın kuzey duvarındaki yeni bir pencere, kuruluşun ilgili tüm sistemlerinde tek bir "W-NEW" tanımlayıcısı ile benzersiz bir şekilde tanımlanabilir.

> Varlık adları ve tanımlayıcılarının tüm sistemlerde tutarlı olması gerekirken, bu varlıklarla ilişkili nitelikler ve değerler seti kullanım bağlamına bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Mimarlar, yapı mühendisleri, inşaat, lojistik ve mülk bakım uzmanlarının hepsi aynı unsurları farklı şekillerde algılar. Her biri kendi sınıflandırıcılarına, standartlarına ve hedeflerine dayanır: bazıları bir pencereye sadece estetik bir bakış açısıyla bakar, şeklini ve oranlarını değerlendirirken, diğerleri mühendislik veya operasyonel bir bakış açısıyla bakar, termal iletkenliği, kurulum yöntemini, ağırlığı veya bakım gereksinimlerini analiz eder. Bu nedenle, verileri modellerken ve unsurları tanımlarken, kullanımlarının çok yönlülüğünü dikkate almak ve sektör özelliklerini dikkate alırken verilerin tutarlılığını sağlamak önemlidir.

Şirket süreçlerindeki her rol için, tasarım ve hesaplamalardan lojistik, kurulum ve bina işletmesine

kadar kendi kullanıcı arayüzüne sahip özel veritabanları vardır (Şekil 4.4-12). Bu tür sistemlerin her biri, özel bir kullanıcı arayüzü veya veritabanı sorguları aracılığıyla uzmanlardan oluşan profesyonel bir ekip tarafından yönetilir; zincirin sonunda girilen değerler üzerinde alınan tüm kararların toplamının arkasında, diğer sistemlere hizmet veren karşı taraflarına girilen verilerin yasal geçerliliğinden ve kalitesinden sorumlu olan sistem yöneticisi veya departman yöneticisi bulunur.



Şekil 4.4-12 Aynı varlık farklı sistemlerde aynı tanımlayıcıya, ancak yalnızca o sistemde önemli olan farklı niteliklere sahiptir.

Yapılandırılmış gereksinimlerin ve verilerin toplanmasını mantıksal ve fiziksel düzeyde organize ettikten sonra, farklı gelen belgelerden ve farklı sistemlerden gelen verileri daha önce toplanan gereksinimlerle otomatik olarak kontrol etmek için bir süreç oluşturmamız gerekir.

verilerinin doğrulanması ve doğrulama sonuçları

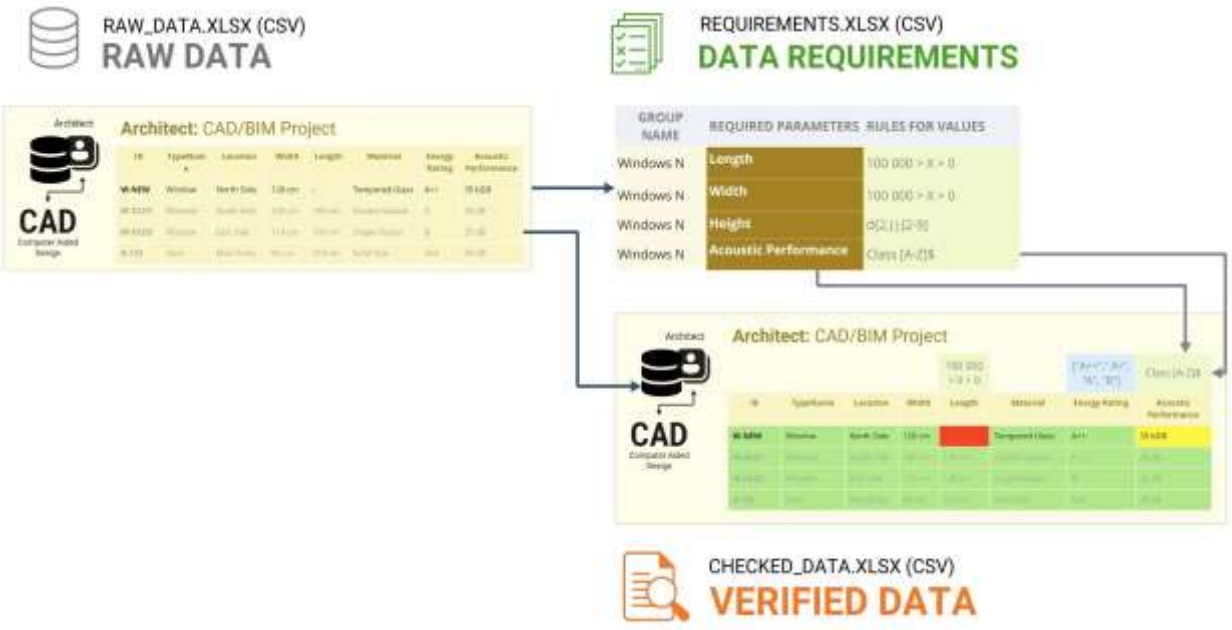
Sisteme giren tüm yeni veriler - ister müşteri, mimar, mühendis, ustabaşı, lojistikçi veya mülk yöneticisinden gelen belgeler, tablolar veya veritabanı girişleri olsun - daha önce formüle edilen gerekliliklere göre doğrulanmalıdır (Şekil 4.4-9). Doğrulama süreci kritiktir: verilerdeki herhangi bir hata yanlış hesaplamalara, program gecikmelerine ve hatta mali kayıplara yol açabilir. Bu tür riskleri en aza indirmek için sistematik ve tekrarlanabilir, yinelemeli bir veri doğrulama prosedürü düzenlenmelidir.

> Sisteme giren yeni verileri (yapılandırılmamış, metinsel veya geometrik) doğrulamak için bu verilerin gevşek yapılandırılmış veya yapılandırılmış bir formata dönüştürülmesi gerekir. Doğrulama süreci daha sonra verileri gerekli niteliklerin ve izin verilen değerlerin tam listesine göre kontrol etmelidir.

Farklı veri türlerinin dönüştürülmesi: metin, resimler, PDF belgeleri ve karışık CAD (BIM) verilerinin yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesi "Verilerin yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesi" bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Örnek olarak bir CAD (BIM) projesinden elde edilen bir tablo verilebilir (Şekil 4.4-11). Yarı yapılandırılmış geometrik verileri ve proje varlıklarına ilişkin yapılandırılmış öznitelik bilgilerini içerir (Şekil 3.1-14) - örneğin "Windows" sınıfından bir öğe.

Doğrulamayı gerçekleştirmek için, öznitelik değerlerini (Şekil 4.4-11) uzmanlar tarafından bir gereksinim şeklinde tanımlanan referans sınır değerleriyle (Şekil 4.4-9) karşılaştırırız. Nihai karşılaştırma tablosu (Şekil 4.4-13), verilerin CAD uygulamaları dışında kullanılabilmesi için hangi değerlerin kabul edilebilir olduğunu ve hangilerinin düzeltilmesi gerektiğini açıkça ortaya koyacaktır (BIM).



Şekil 4.4-13 Son doğrulama tablosu, "Windows" sınıfının yeni varlığı için dikkat etmeniz gereken öznitelik değerlerini vurgular.

Daha önce "Pandas: Veri analizi için vazgeçilmez bir araç" bölümünde açıkladığımız Pandas kütüphanesini kullanarak benzer bir çözüm uygulayarak, bir CAD dosyasından (BIM) (RVT, IFC, DWG, NWS, DGN) (Şekil 4.4-11) çıkarılan bir tablo dosyasındaki verileri, başka bir tablo gereksinim dosyasındaki gereksinimleri kullanarak doğrulayacağız (Şekil 4.4-9).

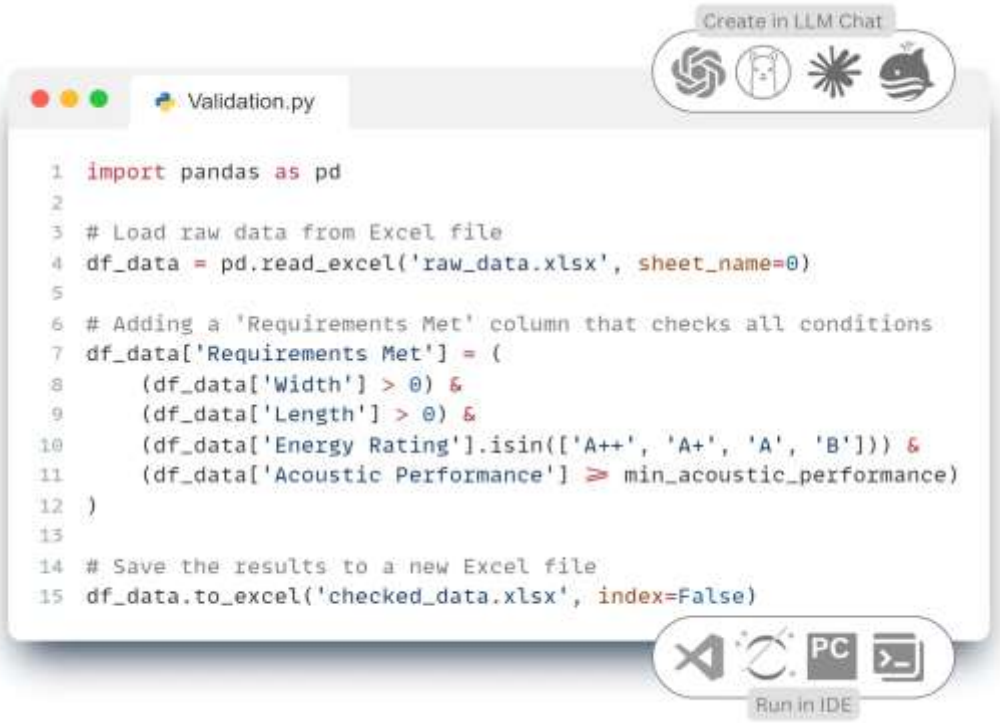
Kodu almak için, LLM komut isteminde verilerini **raw_data.xlsx** dosyasından (CAD veritabanından

(BIM) eksiksiz bir veri seti) yüklememiz, **kontrol etmemiz** ve sonucu yeni bir **checked_data.xlsx** dosyasına kaydetmemiz gerektiğini açıklamamız gerekir (Şekil 4.4-13).

- Pandas kütüphanesinden bahsetmeden LLM kullanarak kodu elde edelim:

> Tabloyu raw_data.xlsx dosyasından kontrol etmek ve aşağıdaki doğrulama kurallarını kullanarak doğrulamak için kod yazın: 'Genişlik' ve 'Uzunluk' sütunlarının değerlerinin sıfırdan büyük olması, 'Enerji Derecesi'nin ['A++', 'A+', 'A', 'B'] listesine dahil edilmesi ve 'Akustik Performans'ın daha sonra belirleyeceğimiz bir değişken olması - son doğrulama sütunu eklenerek ve son tabloyu yeni bir Excel dosyasına kaydederek checked_data.xlsx ⏎

- LLM'nin yanıtı, adresindeki sonraki istemlerle geliştirilebilecek ve artırılabilecek kısa bir Python kodu örneğini tanımlayacaktır:



Şekil 4.4-14 LLM- modeli tarafından oluşturulan kod, dönüştürülen CAD (BIM) tasarımını sınır değerleri biçimindeki öznitelik gereksinimlerine göre kontrol eder.

LLM dil modeli tarafından üretilen kod, herhangi bir popüler IDE veya çevrimiçi araçta kullanılabilir: PyCharm, Visual Studio Code (VS Code), Jupyter Notebook, Spyder, Atom, Sublime Text, PyDev eklentili Eclipse, Thonny, Wing IDE, Python eklentili IntelliJ IDEA, JupyterLab veya popüler çevrimiçi araçlar Kaggle.com, Google Collab, Microsoft Azure Notebooks, Amazon SageMaker.

Kodun yürütülmesi (Şekil 4.4-14), CAD veritabanı (BIM) 'varlık elemanları' W-OLD1, W-OLD2, D-122'nin (ve diğer elemanlarının) öznitelik gereksinimlerini karşıladığını gösterecektir: genişlik ve uzunluk sıfırdan büyüktür ve enerji verimliliği sınıfı 'A++', 'A', 'B', 'C' liste değerlerinden biridir (Şekil 4.4-15).

Kuzey tarafındaki yeni 'Pencere' eleman sınıfından sorumlu olan ve yakın zamanda eklediğimiz W-NEW elemanı, uzunluğu sıfır olduğu ('0.0' değeri 'Genişlik'>0 kuralımız tarafından kabul edilemez olarak kabul edilir) ve bir enerji verimliliği sınıfı belirtmediği için uyumlu değildir ('Requrments Met' niteliği).

CHECKED_DATA.XLSX (CSV)

VERIFIED DATA

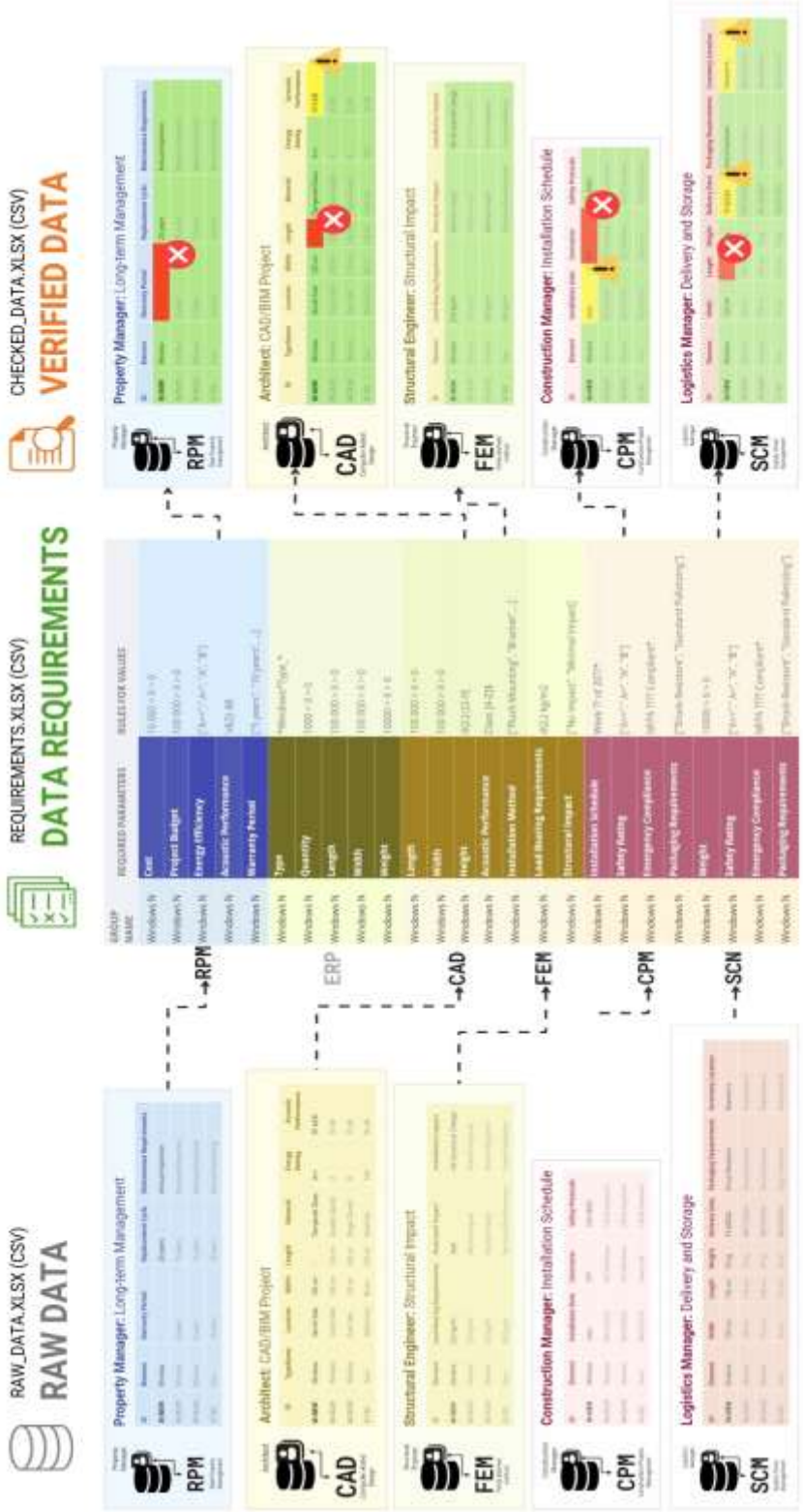
	ID	TypeName	Location	Width	Length	Material	Energy Rating	Acoustic Performance	Requirements Met
0	W-NEW	Window	North Side	120	0.0	Tempered Glass		35	False
1	W-OLD1	Window	South Side	100	140.0	Double Glazed	A++	30	True
2	W-OLD2	Window	East Side	110	160.0	Single Glazed	B	25	True
3	D-122	Door	Main Entry	90	210.0	Solid Oak	B	30	True

Şekil 4.4-15 Checking doğrulama sürecinden geçmemiş varlıkları tanımlar ve sonuçlara 'False' veya 'True' değerlerine sahip yeni bir öznitelik ekler.

Benzer şekilde, projeye bir pencere ekleme sürecinde farklı uzmanlardan aldığımız tüm verilerde (Şekil 4.4-1) tüm proje unsurlarının (varlıkların) ve sistemlerin, tabloların veya veritabanlarının her biri için gerekli niteliklerin tutarlılığını kontrol ediyoruz.

Son tabloda, görselleştirme için kontrol sonuçlarını renkli olarak vurgulamak uygundur: yeşil, kontrolü başarıyla geçen nitelikleri, sarı - kritik olmayan sapmalara sahip değerleri ve kırmızı - kritik tutarsızlıkları işaretlemek için kullanılır (Şekil 4.4-16).

Doğrulama sonucunda (Şekil 4.4-16), öznitelik gereksinimlerini karşıladığı doğrulanan tanımlayıcılarıyla birlikte güvenilir ve doğrulanmış öğelerin bir listesini elde ederiz. Doğrulanmış öğeler, bu öğelerin Pencere sınıfının veya başka bir sınıfın öğelerini ekleme sürecine dahil olan tüm sistemler için belirtilen standartları ve spesifikasyonları karşıladığına dair güvence sağlar (veri doğrulamayı otomatikleştirme ve otomatik bir ETL süreci oluşturma hakkında daha fazla konuşacağız "ETL ve Veri Doğrulamayı Otomatikleştirme" bölümünde).



Şek. 4.4-16 Tüm sistemler için yapılan kontrolün sonucu, hangi verilerin şirketin gereksinimlerini karşılamadığının belirlenmesini sağlar.

Başarılı bir şekilde doğrulanan varlıklar genellikle fazla dikkat gerektirmez. Bir sonraki işleme ve diğer sistemlere entegrasyon aşamalarına herhangi bir engelle karşılaşmadan geçerler. "Kaliteli" öğelerin aksine, en çok ilgi çeken doğrulamada başarısız olan öğelerdir. Bu tür sapmalarla ilgili bilgiler kritik öneme sahiptir: sadece tablo raporlarında değil, aynı zamanda çeşitli görselleştirme araçları kullanılarak da iletilmelidir. Doğrulama sonuçlarının grafiksel gösterimi, veri kalitesinin genel durumunun hızlı bir şekilde değerlendirilmesine, sorunlu alanların belirlenmesine ve derhal düzeltici veya düzeltici önlemlerin alınmasına yardımcı olur.

doğrulama sonuçlarının görselleştirilmesi

Görselleştirme denetim sonuçlarını yorumlamak için önemli bir araçtır. Olağan özet tablolara ek olarak, proje öğelerini denetim durumlarına göre gruplandıran bilgi panelleri, diyagramlar ve otomatik olarak oluşturulan PDF belgelerini içerebilir. Renk kodlaması burada destekleyici bir rol oynayabilir: yeşil renk başarıyla doğrulanan öğeleri, sarı renk ek dikkat gerektiren öğeleri ve kırmızı renk kritik hataları olan veya önemli verileri eksik olan öğeleri gösterebilir.

Örneğimizde (Şekil 4.4-1), her sistemden gelen verileri adım adım analiz ediyoruz: CAD (BIM) ve mülk yönetiminden lojistik ve kurulum programlarına kadar (Şekil 4.4-16). Denetimin ardından, her uzman için otomatik olarak bireysel uyarılar veya rapor belgeleri oluşturulur, örneğin PDF formatında (Şekil 4.4-17). Veriler doğruysa uzman kısa bir mesaj alır: "Birlikte çalıştığınız için teşekkür ederiz". Tutarsızlıklar tespit edilirse, "Bu belge, uygunluğu kontrol edilmemiş unsurları, bunların tanımlayıcılarını, niteliklerini ve değerlerini listeler" ifadesini içeren ayrıntılı bir rapor gönderilir.

Şekil 4.4-17 Doğrulama ve otomatik rapor oluşturma, verileri oluşturan profesyoneller için veri eksikliklerini bulma ve anlama sürecini hızlandırır.

Otomatik doğrulama süreci sayesinde - bir hata veya veri boşluğu tespit edilir edilmez, ilgili varlıkları ve bunların özniteliklerini oluşturmaktan veya işlemekten sorumlu kişiye bir sohbet mesajı, e-posta veya PDF belgesi şeklinde anında bir bildirim gönderilir (Şekil 4.4-18) ve doğrulanmamış unsurların ve öznitelik açıklamalarının bir listesi verilir.

Şek. 4.4-18 Otomatik denetim raporları hataların anlaşılmasını kolaylaştırır ve proje verilerini tamamlama işini hızlandırır.

Örneğin, bir belge mülk yönetim sistemine (yapılandırmadan sonra) "Garanti Süresi" özniteliği yanlış doldurulmuş olarak gelirse, mülk yöneticisi kontrol edilmesi ve düzeltilmesi gereken özniteliklerin listesini içeren bir uyarı alır.

Benzer şekilde, kurulum programındaki veya lojistik verilerindeki herhangi bir eksiklik, otomatik bir raporun oluşturulmasına ve örneğin ilgili uzmana denetim sonuçlarını içeren bir sohbet bildirimi veya e-posta gönderilmesine neden olacaktır.

PDF belgelerine ve sonuçları içeren grafiklere ek olarak, eksik niteliklere sahip unsurları vurgulayan gösterge tabloları ve etkileşimli 3D modelleri (Şekil 7.1-6, Şekil 7.2-12) oluşturmak mümkündür ve kullanıcıların projedeki bu unsurların kalitesini ve eksiksizliğini filtrelemek ve değerlendirmek için unsurların 3D geometrilerini görsel olarak kullanmalarına olanak tanır.

> denetim sonuçlarının otomatik olarak oluşturulan belgeler, grafikler veya gösterge tabloları şeklinde görselleştirilmesi, verilerin yorumlanmasını büyük ölçüde basitleştirir ve proje katılımcıları arasında etkili iletişimi kolaylaştırır.

Çeşitli sistemlerden ve bilgi kaynaklarından gelen verileri otomatik olarak kontrol etme süreci, günlük yaşamdaki bilinçli karar verme süreciyle karşılaştırılabilir. İnşaat sektöründeki şirketlerin girdi verilerinin güvenilirliğinden bunların projenin zamanlaması, maliyeti ve kalitesi üzerindeki etkilerine kadar pek çok değişkeni dikkate alması gibi, bir kişi de önemli kararlar verirken, örneğin yaşayacağı yeri seçerken bir dizi faktörü değerlendirir: ulaşım erişilebilirliği, altyapı, maliyet, güvenlik, yaşam kalitesi. Tüm bu hususlar, hayatımızı oluşturan nihai kararların temelini oluşturan bir kriterler sistemi

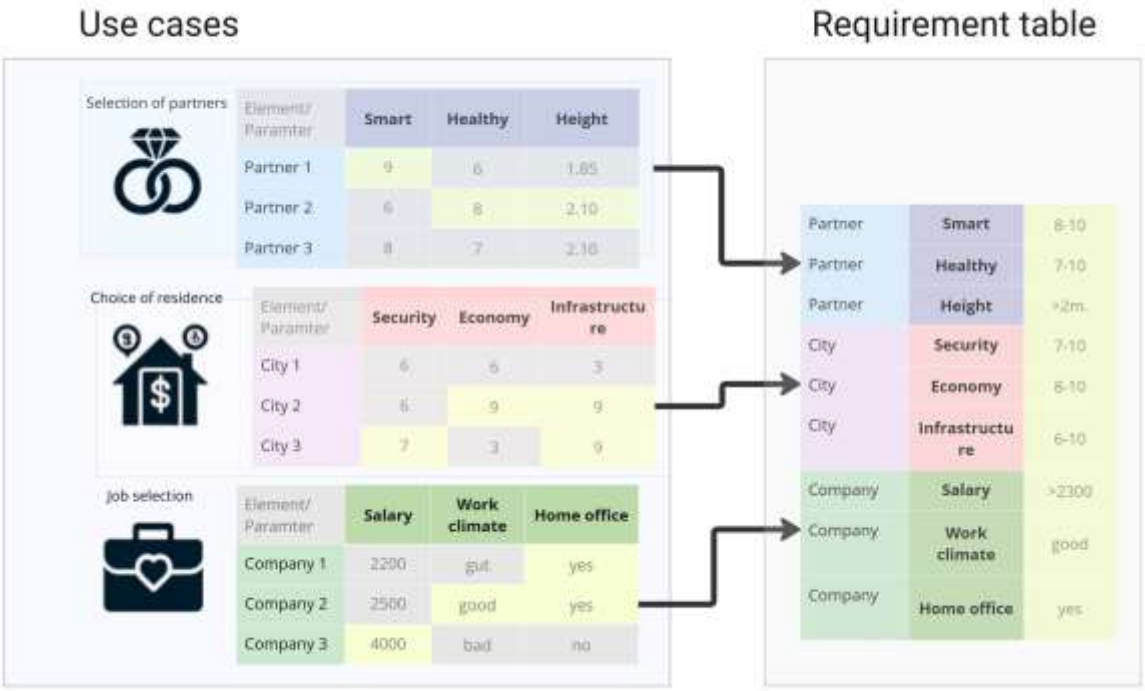
oluşturur.

Veri kalitesi kontrollerinin insan yaşamı ihtiyaçları ile karşılaştırılması

Veri kalitesi kontrol yöntemleri ve araçlarının sürekli gelişmesine rağmen, bilgi uyumluluğunun temel ilkesi değişmeden kalır. Bu ilke, ister iş dünyasında ister günlük yaşamda olsun, olgun bir yönetim sisteminin temeline yerleştirilmiştir.

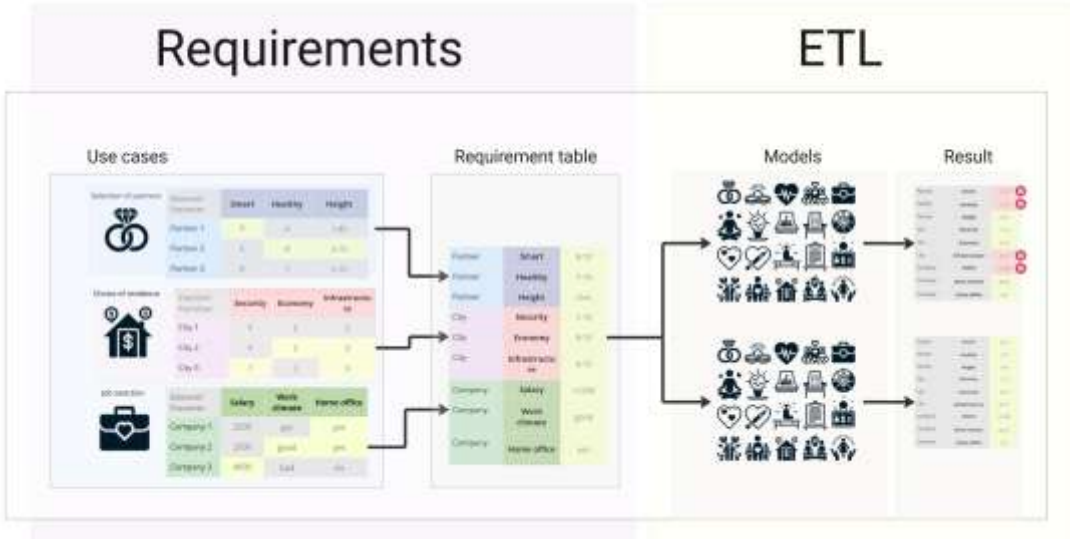
> Yinelemeli veri doğrulama süreci, herkesin günlük olarak karşılaştığı karar verme sürecine çok benzer. Her iki durumda da deneyime, verilere ve yeni bilgiler ortaya çıktıkça bunlara güveniriz. Aslında, stratejik kararlardan gündelik kararlara kadar yaşamla ilgili ve profesyonel kararlar giderek daha fazla veriye dayalı olarak alınıyor.

Örneğin, yaşayacak bir yer veya bir hayat arkadaşı seçerken, sezgisel olarak zihnimizde alternatifleri karşılaştırdığımız bir kriterler ve özellikler tablosu oluştururuz (Şekil 4.4-19). Bu özellikler - ister bir kişinin kişisel nitelikleri ister bir mülkün parametreleri olsun - nihai kararı etkileyen nitelikleri temsil eder.



Şek. 4.4-19 İkamet, iş veya ortaklık seçimi bireysel özellik gereksinimlerine dayanmaktadır.

Yapılandırılmış verilerin kullanımı ve gereksinimlerin tanımlanmasına yönelik resmi bir yaklaşım (Şekil 4.4-20), hem profesyonel hem de kişisel yaşamda daha bilinçli ve bilgili seçimlere katkıda bulunur.

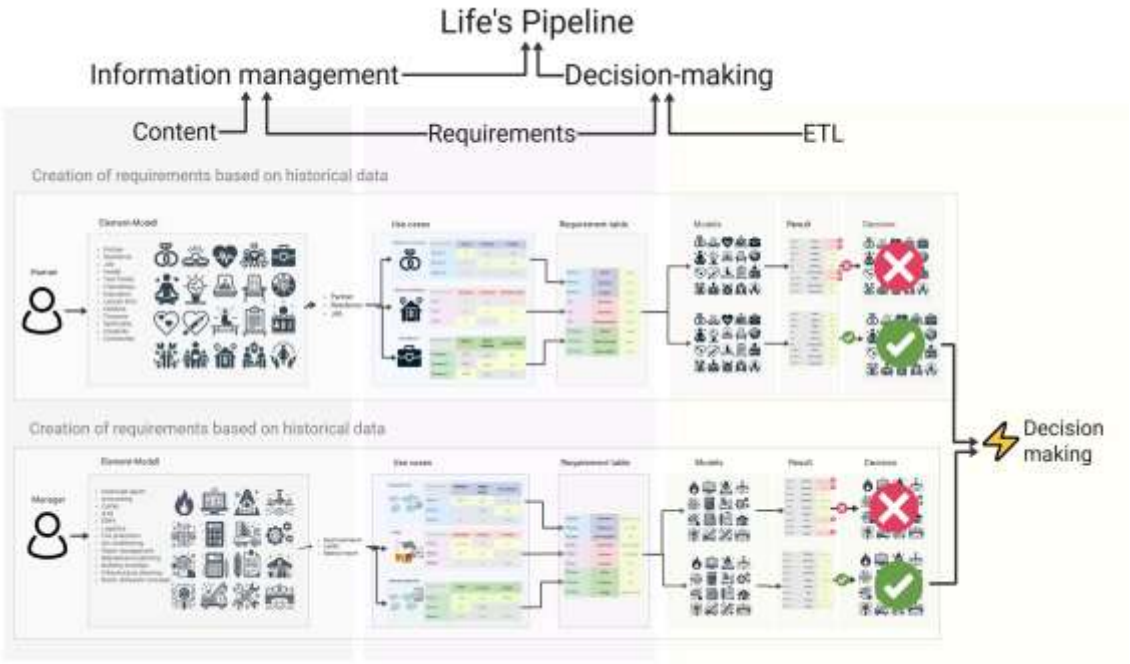


Şekil 4.4-20 Gereksinimlerin resmileştirilmesi, yaşam algısının ve iş kararlarının sistematik hale getirilmesini sağlar.

Veri odaklı karar verme yaklaşımı yalnızca bir iş aracı değildir. Verileri yapılandırırken bu bölümün başında ele aldığımız ve kitabın yedinci bölümünde görev otomasyonu bağlamında ayrıntılı olarak inceleyeceğimiz ETL sürecine (Extract, Transform, Load) benzer ortak veri işleme adımlarını (Şekil 4.4-21) izleyerek günlük yaşama da sorunsuz bir şekilde entegre edilir:

- **Temel olarak veri (Alıntı**): Her alanda - ister iş ister kişisel yaşam olsun - bilgi toplarız. İş hayatında bunlar raporlar, rakamlar, piyasa verileri olabilir; özel hayatta ise kişisel deneyimler, sevdiklerimizden gelen tavsiyeler, geri bildirimler, gözlemler olabilir.
- **Değerlendirme kriterleri (Transform):** toplanan bilgiler önceden tanımlanmış kriterler temelinde yorumlanır. İş yerinde bunlar performans göstergeleri (KPI'lar), bütçe kısıtlamaları ve normlardır; kişisel yaşamda ise fiyat, kolaylık, güvenilirlik, karizma vb. parametrelerdir.
- **Tahmin ve risk analizi (Load):** son aşama, dönüştürülmüş verilerin analizine ve olası sonuçların karşılaştırılmasına dayalı karar vermeyi içerir. Bu, verilerin bir iş mantığı ve risk filtresinden geçtiği iş süreçlerine benzer.

> Kahvaltıda ne yiyeceğimiz gibi önemsiz tercihlerden kariyer veya hayat arkadaşı seçimi gibi önemli yaşam olaylarına kadar aldığımız kararlar, doğası gereği verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesinin bir sonucudur.



Şekil 4.4-21 İş hayatı ve genel olarak yaşam, karar vermek için kullanılan verilerin kalitesinin kilit bir faktör olduğu bir dizi veri odaklı karardır.

Hayatımızdaki her şey birbiriyle bağlantılıdır ve tıpkı insanlar da dahil olmak üzere canlı organizmaların doğa kanunlarını takip ederek evrimleşmesi ve değişen koşullara uyum sağlaması gibi, veri toplama ve analiz etme şeklimiz de dahil olmak üzere insan süreçleri de bu doğal ilkeleri yansıtır. Doğa ve insan faaliyetleri arasındaki yakın ilişki, yalnızca doğaya olan bağımlılığımızı değil, aynı zamanda milyonlarca yıllık evrimin geliştirdiği yasaları, karar vermeye yönelik veri mimarileri, süreçleri ve sistemleri oluşturmak için uygulama arzumuzu da doğrulamaktadır.

Özellikle inşaat alanındaki yeni teknolojiler, insanlığın daha iyi, daha sürdürülebilir ve daha verimli çözümler yaratmak için doğadan nasıl ilham aldığının en iyi örneğidir.

Sonraki adımlar: verileri doğru hesaplamalara ve planlara dönüştürmek

Bu bölümde, yapılandırılmamış verilerin yapılandırılmış bir formata nasıl dönüştürüleceğini, veri modellerinin nasıl geliştirileceğini ve inşaat projelerinde bilgi kalitesinin kontrolü için süreçlerin nasıl düzenleneceğini inceledik. Veri yönetimi, standardizasyon ve sınıflandırma, sistematik bir yaklaşım ve iş gereksinimlerinin net bir şekilde anlaşılmasını gerektiren temel bir süreçtir. Bu bölümde tartışılan teknikler ve araçlar, bir nesnenin tüm yaşam döngüsü boyunca farklı sistemler arasında güvenilir entegrasyon sağlar.

Bu bölümü özetlemek için, tartışılan yaklaşımları günlük işlerinizde uygulamanıza yardımcı olacak ana pratik adımları vurgulayalım:

- Gereksinimleri sistematik hale getirerek başlayın

- ☐ Projelerinizin temel unsurları ve süreçleri için bir nitelikler ve parametreler kaydı oluşturun
- ☐ Her bir nitelik için sınır değerleri belgeleyin
- ☐ Akış şemalarını kullanarak sınıflar, sistemler ve nitelikler arasındaki süreçleri ve ilişkileri görselleştirme (örneğin Miro, Canva, Visio'da)

- Veri dönüştürmeyi otomatikleştirin
  - ☐ Süreçlerde sıklıkla kullanılan belgelerinizden hangilerinin OCR kütüphaneleri kullanılarak dijitalleştirilebileceğini ve tablo formuna dönüştürülebileceğini kontrol edin
  - ☐ CAD'den veri çıkarmak için tersine mühendislik araçlarına göz atın (BIM)
  - ☐ Çalışmalarınızda sıklıkla kullandığınız belge veya formatlardan bir tablo formuna otomatik veri alımını ayarlamayı deneyin
  - ☐ Farklı veri formatları arasında otomatik dönüşümleri ayarlama
- Kategorizasyon için bir bilgi tabanı oluşturun
  - ☐ Endüstri standartlarıyla uyumlu dahili bir sınıflandırıcı geliştirin veya mevcut bir öğe sınıflandırıcısını kullanın
  - ☐ Farklı sınıflandırma sistemleri arasındaki karşılıklı ilişkilerin belgelenmesi
  - ☐ Unsurların tanımlanması ve açık bir şekilde sınıflandırılması için birleşik bir sistem kullanılması konusunu ekibinizle tartışın
  - ☐ Hem ekip içinde birlikte çalıştığınız hem de harici sistemlere aktarılan verileri otomatik olarak doğrulamak için bir süreç oluşturmaya başlayın

Bu yaklaşımları kullanarak verilerinizin kalitesini önemli ölçüde artırabilir ve sonraki işlemlerini ve dönüşümlerini basitleştirebilirsiniz. Kitabın ilerleyen bölümlerinde, otomatik hesaplamalar, maliyet tahmini, çizelgeleme ve inşaat proje yönetimi için önceden yapılandırılmış ve hazırlanmış verilerin nasıl uygulanacağına bakacağız.

V KISIM

MALİYET VE ZAMAN HESAPLAMALARI: VERİLERİN İNŞAAT SÜREÇLERİNE DAHİL EDİLMESİ

Beşinci bölüm, inşaat projelerinin maliyetlendirilmesi ve planlanmasını optimize etmek için veri kullanımının pratik yönlerine ayrılmıştır. Maliyet tahmininde kaynak tabanlı yöntem ve tahmin süreçlerinin otomasyonu ayrıntılı olarak analiz edilmektedir. CAD (BIM)-modellerinden otomatik metraj)çıkarma yöntemleri ve bunların hesaplama sistemleri ile entegrasyonu ele alınmaktadır. Zaman çizelgeleme ve inşaat maliyet yönetimi için 4D ve 5D modelleme teknolojileri, belirli uygulama örnekleriyle birlikte incelenmektedir. Gayrimenkul nesnelerinin sürdürülebilirliğini, işletimini ve güvenliğini değerlendirmek için entegre bir yaklaşım sağlayan 6D -8D genişletilmiş bilgi katmanlarının bir analizi sunulmuştur. Modern çevresel gereklilikler ve standartlar bağlamında inşaat projelerinin karbon ayak izi ve ESG göstergelerini hesaplama yöntemleri ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Geleneksel ERP ve PMIS sistemlerinin inşaat süreci yönetimindeki olanakları ve sınırlamaları, fiyatlandırma şeffaflığı üzerindeki etkilerinin analiziyle birlikte eleştirel bir şekilde değerlendirilmektedir. Kapalı çözümlerden açık standartlara ve inşaat süreçlerinin daha verimli olmasını sağlayabilecek esnek veri analiz araçlarına geçiş için beklentiler öngörülmektedir.

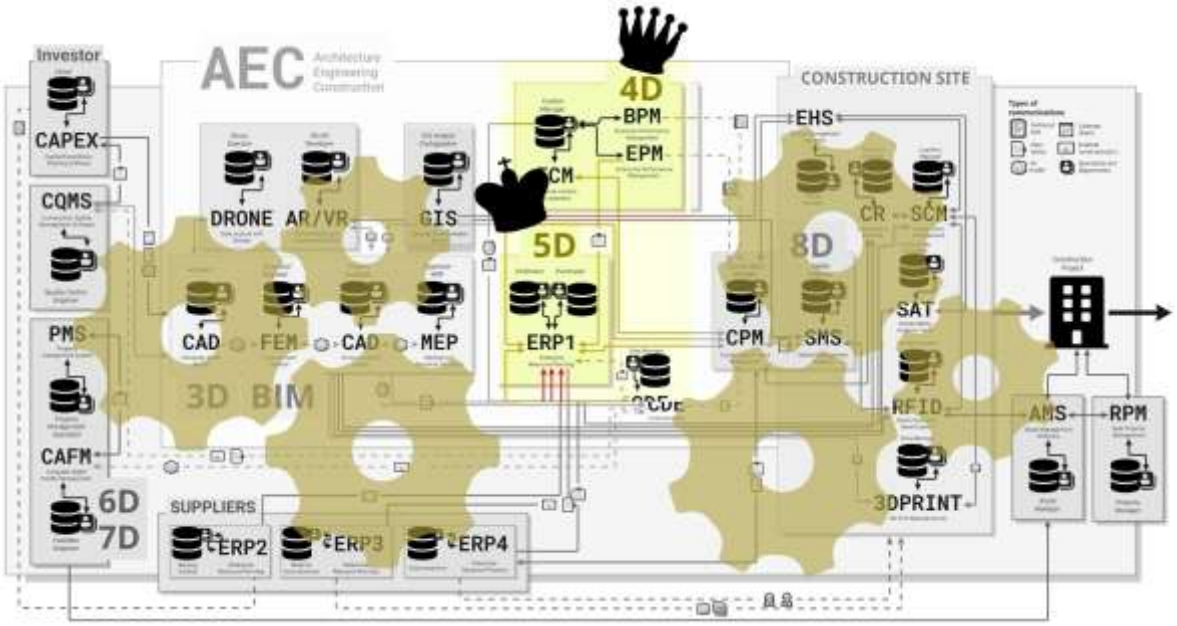
BÖLÜM 5.1.
INŞAAT PROJELERI IÇIN MALIYET HESAPLAMALARI VE TAHMINLERI

İnşaat temelleri: miktar, maliyet ve zaman tahmini

İnşaat sektöründe bir şirketin sürdürülebilirliğini belirleyen çok sayıda iş süreci arasında, binlerce yıl önce olduğu gibi, eleman sayısının, proje maliyetinin ve teslim süresinin doğru tahmin edilmesine yönelik süreçler özel bir öneme sahiptir (Şekil 5.1-1).

Yazının gelişimi, erken toplumlarda ekonomik işlemleri, ticareti ve kaynak yönetimini kaydetme ihtiyacı da dahil olmak üzere bir dizi faktörün sonucudur. Yasal açıdan önemli ilk belgeler, malzeme maliyetleri ve işçilik ücretlerinin hesaplandığı kil tabletler, ticaret ve inşaat bağlamında kullanılmıştır. Bu tabletler yapıların inşasında tarafların yükümlülüklerini kaydetmiş ve anlaşmalar ile para ve ticaret ilişkilerinin kanıtı olarak saklanmıştır.

> Binlerce yıldır, tahmin yaklaşımı büyük ölçüde değişmeden kalmıştır: hesaplamalar, tahmin mühendisinin deneyimine ve sezgilerine dayanarak manuel olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak modüler ERP sistemlerinin ve CAD araçlarının ortaya çıkmasıyla birlikte miktar, maliyet ve zaman tahminine yönelik geleneksel yaklaşım hızla dönüşmeye başladı. Günümüzün dijital teknolojileri, zaman ve maliyet gibi temel hesaplamaların tamamen otomatikleştirilmesine olanak tanıyarak inşaat projelerinin kaynak planlamasında daha fazla doğruluk, hız ve şeffaflık sağlamaktadır.



Şekil 5.1-1 Birçok farklı sistem arasında hacim, maliyet ve zaman ölçümlerinden sorumlu araçlar iş dünyasında en önemlileridir.

İnşaat şirketlerinin odak noktası doğru zaman ve maliyet verileridir. Bunlar da kullanılan malzeme ve işçilik miktarına bağlıdır ve şeffaflıkları karlılığı etkiler. Ancak, hesaplama süreçlerinin karmaşıklığı ve şeffaflıktan yoksun olmaları çoğu zaman daha yüksek proje maliyetlerine, kaçırılan teslim tarihlerine ve hatta iflasa yol açmaktadır.

> KPMG'nin "Tanıdık Sorunlar - Yeni Yaklaşımlar" (2023) raporuna göre, inşaat projelerinin yalnızca%50'si zamanında tamamlanmakta ve şirketlerin%87'si sermaye projelerinin ekonomisi üzerindeki kontrolün arttığını bildirmektedir. Başlıca sorunlar kalifiye personel eksikliği ve risk tahmininin zorluğu ile ilgilidir [2].

Geçmiş maliyetlendirme ve süreç zamanı verileri, inşaat şirketinin ömrü boyunca geçmiş projelerin yapımı sırasında toplanır ve çeşitli sistemlerin veritabanlarına girilir (ERP, PMIS BPM, EPM, vb.)

> Kaliteli geçmiş maliyetlendirme verilerine sahip olmak, bir inşaat kuruluşu için önemli bir rekabet avantajıdır ve kuruluşun hayatta kalmasını doğrudan etkiler.

İnşaat ve mühendislik şirketlerindeki tahmin ve maliyetlendirme departmanları, proje hesaplamalarına ilişkin geçmiş verileri toplamak, depolamak ve güncellemek için oluşturulur. Ana işlevleri, şirketin deneyimini biriktirmek ve sistematik hale getirmektir; bu da yeni projelerin kapsam, zamanlama ve maliyet tahminlerinin doğruluğunun zaman içinde gelişmesini sağlar. Bu yaklaşım, halihazırda uygulanmış projelerin uygulama ve sonuçlarına dayalı olarak gelecekteki hesaplamalarda hataların en aza indirilmesine yardımcı olur.

Projelerin tahmini maliyetini hesaplama yöntemleri

Maliyetlendirme uzmanları tarafından, her biri belirli bir veri türüne, bilgi mevcudiyetine ve projenin ayrıntı düzeyine odaklanan çeşitli tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. En yaygın olanları şunlardır:

- **Kaynak bazlı yöntem**: malzeme, ekipman ve işgücü gibi gerekli tüm kaynakların ayrıntılı bir analizine dayalı olarak bir projenin tahmini maliyetinin tahmin edilmesi. Bu yöntem, her bir görevi yerine getirmek için gereken tüm görevlerin ve kaynakların ayrıntılı bir listesini ve ardından bunların maliyetinin hesaplanmasını gerektirir. Bu yöntem son derece doğrudur ve maliyet tahmininde yaygın olarak kullanılır.
- **Parametrik yöntem**: Proje parametrelerine dayalı olarak maliyetleri tahmin etmek için istatistiksel modeller kullanır. Bu, bina alanı veya işin kapsamı gibi ölçü birimi başına maliyetin analiz edilmesini ve bu değerlerin belirli proje koşullarına uyarlanmasını içerebilir. Bu yöntem özellikle detaylı bilgilerin henüz mevcut olmadığı erken aşamalarda etkilidir.
- Birim Yöntemi (birim maliyet yöntemi): bir projenin tahmini maliyetini ölçü birimi başına maliyete (örneğin metrekare veya metreküp başına) dayalı olarak hesaplar. Bu, farklı projelerin veya proje parçalarının maliyetini karşılaştırmak ve analiz etmek için hızlı ve kolay bir yol sağlar.
- **Uzman** kararı (Delphi yöntemi): Bir projenin değerini tahmin etmek için deneyim ve bilgilerini kullanan uzmanların görüşlerine dayanır. Bu yaklaşım, doğru temel veriler mevcut olmadığında veya proje benzersiz olduğunda kullanışlıdır.

Parametrik yöntemin ve uzman yargılarının makine öğrenimi modellerine uyarlanabileceğini belirtmek gerekir. Bu, eğitim örneklerine dayalı olarak proje maliyeti ve program tahminlerinin otomatik olarak oluşturulmasına olanak tanır. Bu tür modellerin uygulanmasına ilişkin örnekler "Proje maliyetlerini ve zaman çizelgelerini bulmak için makine öğrenimi kullanımına bir örnek" bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır (Şekil 9.3-5).

Bununla birlikte, kaynak bazlı yöntem dünya uygulamalarında en popüler ve yaygın olarak kullanılan yöntem olmaya devam etmektedir. Yalnızca tahmini maliyetin doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda şantiyedeki münferit süreçlerin ve bir bütün olarak tüm projenin süresinin hesaplanmasına da olanak tanır ("İnşaat programları ve 4D -proje verileri" bölümünde daha fazla ayrıntı).

Kaynak tabanlı yöntem maliyetlendirme ve tahmin inşaatta

Kaynak bazlı maliyetlendirme, bir projenin maliyetinin ilgili tüm kaynakların doğrudan muhasebesine dayandığı bir yönetim muhasebesi yöntemidir. İnşaatta bu yaklaşım, işi gerçekleştirmek için gereken tüm malzeme, işçilik ve teknik kaynakların ayrıntılı bir analizini ve değerlendirmesini içerir.

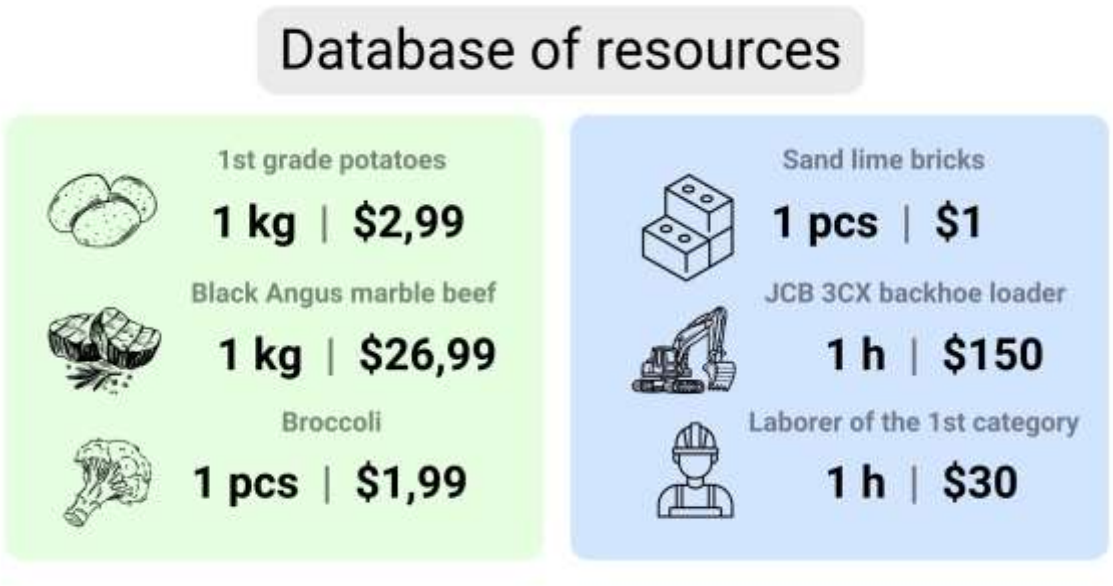
> Kaynak bazlı yöntem, tahmin sırasında kaynakların gerçek fiyatlarına odaklandığı için bütçe planlamasında yüksek derecede şeffaflık ve doğruluk sağlar. Bu, fiyat dalgalanmalarının bir projenin toplam maliyetini önemli ölçüde etkileyebileceği istikrarsız bir ekonomik ortamda özellikle önemlidir.

İlerleyen bölümlerde kaynak tabanlı maliyetlendirme sürecini ayrıntılı olarak inceleyeceğiz. Yapıdaki ilkelerini daha iyi anlamak için, bir restoranda akşam yemeğinin maliyetlendirilmesi ile bir analoji kuracağız. Akşamı planlayan restoran müdürü, gerekli ürünlerin bir listesini yapar, her yemeğin pişirme süresini dikkate alır ve ardından maliyetleri konuk sayısıyla çarpar. İnşaatta da süreç benzerdir: proje unsurlarının (nesnelerin) her bir kategorisi için kalemlere ayrılmış tahminler oluşturulur Tarifler ve projenin toplam maliyeti, tüm maliyetlerin toplam bir faturada toplanmasıyla belirlenir - kategoriye göre nihai tahmin.

Kaynak bazlı yaklaşımın kilit ve ilk aşaması, şirketin başlangıç veri tabanının oluşturulmasıdır. Maliyetlendirmenin ilk aşamasında, depodaki bir çividen, nitelikleri ve saat ücretleriyle insanların tanımına kadar, şirketin inşaat projelerinde elinin altında bulunan tüm kalemlerin, malzemelerin, iş türlerinin ve kaynakların yapılandırılmış bir listesi derlenir. Bu bilgiler tek bir "İnşaat Kaynakları ve Malzemeleri Veritabanı" olarak sistematize edilir - isimler, özellikler, ölçü birimleri ve güncel fiyatlar hakkında veriler içeren tablo şeklinde bir kayıt. Bu veri tabanı, sonraki tüm kaynak hesaplamaları için ana ve birincil bilgi kaynağı haline gelir - işlerin hem maliyeti hem de zamanlaması.

İnşaat kaynakları veri tabanı: inşaat malzemeleri ve işleri kataloğu

Bir inşaat kaynakları ve malzemeleri veritabanı veya tablosu - bir inşaat projesinde kullanılabilecek her bir unsur hakkında ayrıntılı bilgi içerir - adı, açıklaması, ölçü birimi ve birim maliyeti dahil olmak üzere yapılandırılmış bir biçimde kaydedilmiş bir ürün, öğe, malzeme veya hizmet. Bu tabloda, projelerde kullanılan farklı yakıt ve malzeme türlerinden, saat ücretlerinin açıklamalarıyla birlikte farklı kategoriler şeklinde uzmanların ayrıntılı listelerine kadar her şeyi bulabilirsiniz (Şekil 5.1-2).

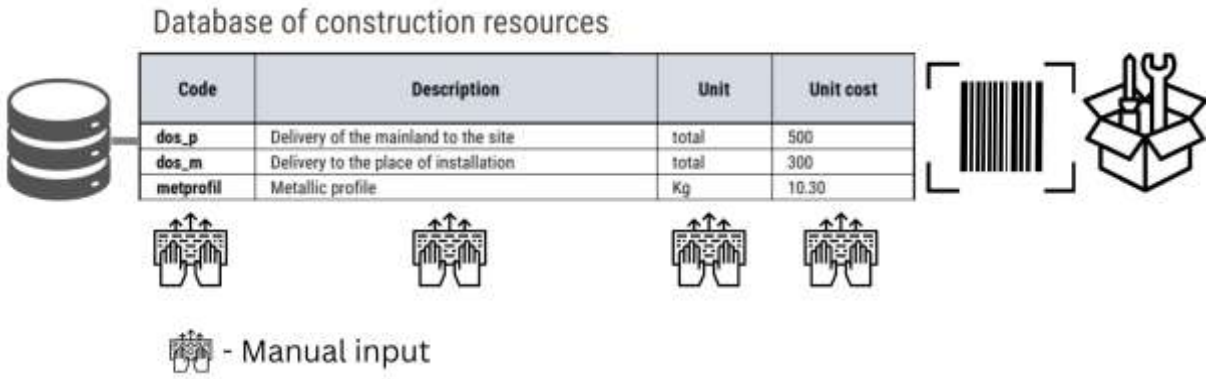


Şekil 5.1-2 Kaynak tablosu, bir malzeme ve hizmeti birim maliyetle tanımlayan bir içerik listesidir.

"Kaynak veritabanı", her bir öğenin özelliklerinin ayrıntılı bir açıklamasına sahip olduğu bir çevrimiçi mağazanın ürün kataloğuna benzer. Bu, maliyet tahmincilerinin belirli inşaat süreçlerini hesaplamalar şeklinde hesaplamak için gereken doğru kaynakları (alışveriş sepetine eklerken ürün seçmek gibi) seçmesini kolaylaştırır (çevrimiçi mağazadaki son sipariş).

Bir kaynak veritabanı, bir restoran yemek kitabındaki tüm malzemelerin bir listesi olarak da düşünülebilir. Her bir yapı malzemesi, ekipman ve hizmet, yemek tariflerinde kullanılan malzemelere benzer. "Kaynak veritabanı", birim başına maliyetleri de dahil olmak üzere tüm bileşenlerin - yapı malzemeleri ve hizmetlerin ayrıntılı bir listesidir: parça, metre, saat, litre vb.

Yeni varlık unsurları "İnşaat Kaynak Veritabanları" tablosuna iki şekilde eklenebilir - manuel olarak (Şekil 5.1-3) veya şirketin envanter yönetim sistemleri veya tedarikçi veritabanlarıyla entegre edilerek otomatik olarak.



Şekil 5.1-3 Kaynak veritabanı manuel olarak doldurulur veya otomatik olarak diğer veritabanlarından veri alır.

Tipik bir orta ölçekli inşaat şirketi, inşaat projelerinde kullanılabilecek ayrıntılı açıklamalara sahip binlerce ve bazen on binlerce öğe içeren bir veritabanı kullanır. Bu veriler daha sonra iş ve süreçlerin yapısını doğru bir şekilde tanımlamak için sözleşmelerde ve proje belgelerinde otomatik olarak kullanılır

> Enflasyon gibi değişen piyasa koşullarına ayak uydurmak için, kaynak veritabanındaki (Şekil 5.1-3) her ürün (mal veya hizmet) için "birim maliyet" özelliği düzenli olarak manuel olarak veya diğer sistemlerden veya çevrimiçi platformlardan güncel fiyatlar otomatik olarak indirilerek güncellenir.

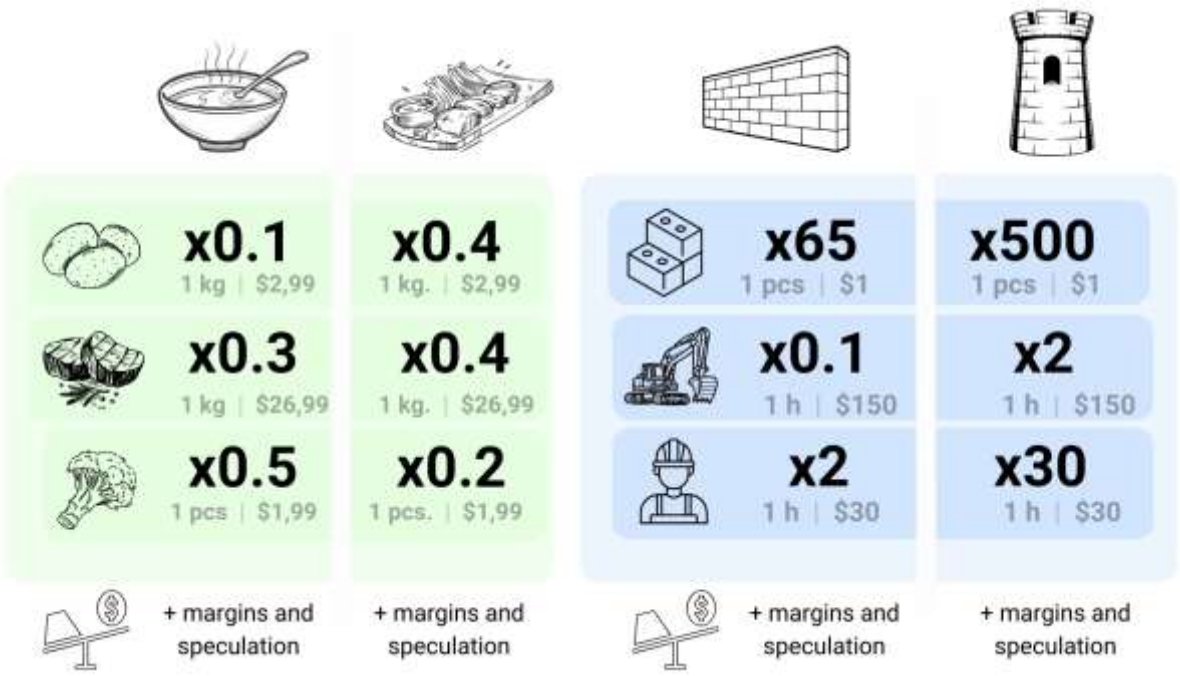
Bir kaynağın birim maliyetinin güncellenmesi, kaynağın niteliğine, enflasyona ve dış ekonomik iklime bağlı olarak aylık, üç aylık veya yıllık olarak yapılabilir. Bu tür güncellemeler, hesaplamaların ve tahminlerin doğruluğunu korumak için gereklidir, çünkü bu temel unsurlar maliyet tahmincilerinin çalışmalarının başlangıç noktasıdır. Güncel veriler, gerçek piyasa koşullarını yansıtan ve sonraki proje hesaplamalarında hata riskini azaltan tahminler, bütçeler ve programlar üretmek için kullanılır.

Hesaplamaların derlenmesi ve kaynak tabanına dayalı işlerin maliyetlendirilmesi

"İnşaat Kaynak Veritabanı "nı (Şekil 5.1-3) minimum birim varlıklarla doldurduktan sonra, şantiyedeki her bir işlem veya iş için belirli ölçü birimleri için hesaplanan hesaplamaları oluşturmaya başlayabilirsiniz: örneğin, bir metreküp beton, bir metrekare alçıpan duvar, metre bordür veya pencere montajı başına.

Örneğin, 1 m²'lik bir tuğla duvar inşa etmek için (Şekil 5.1-4), önceki projelerden elde edilen deneyimlere dayanarak, parça başına 1 $ maliyetle ("Parça başına maliyet" niteliği) yaklaşık 65 tuğla (varlık "Silikat Tuğla") gereklidir, toplam 65 $. Ayrıca, deneyimlerime göre, tuğlaları çalışma alanının yakınına yerleştirecek inşaat ekipmanının ("JCB 3CX Loader" varlığı) 10 dakika süreyle kullanılması gerekmektedir. Ekipmanı kiralamanın saati başına 150 dolar olduğundan, 6 dakikalık kullanım yaklaşık 15 dolara mal olacaktır. Buna ek olarak, saatlik ücreti 30$ ve toplam 60$ olmak üzere 2 saat için bir

tuğla döşeme yüklenicisine ihtiyaç duyulacaktır.

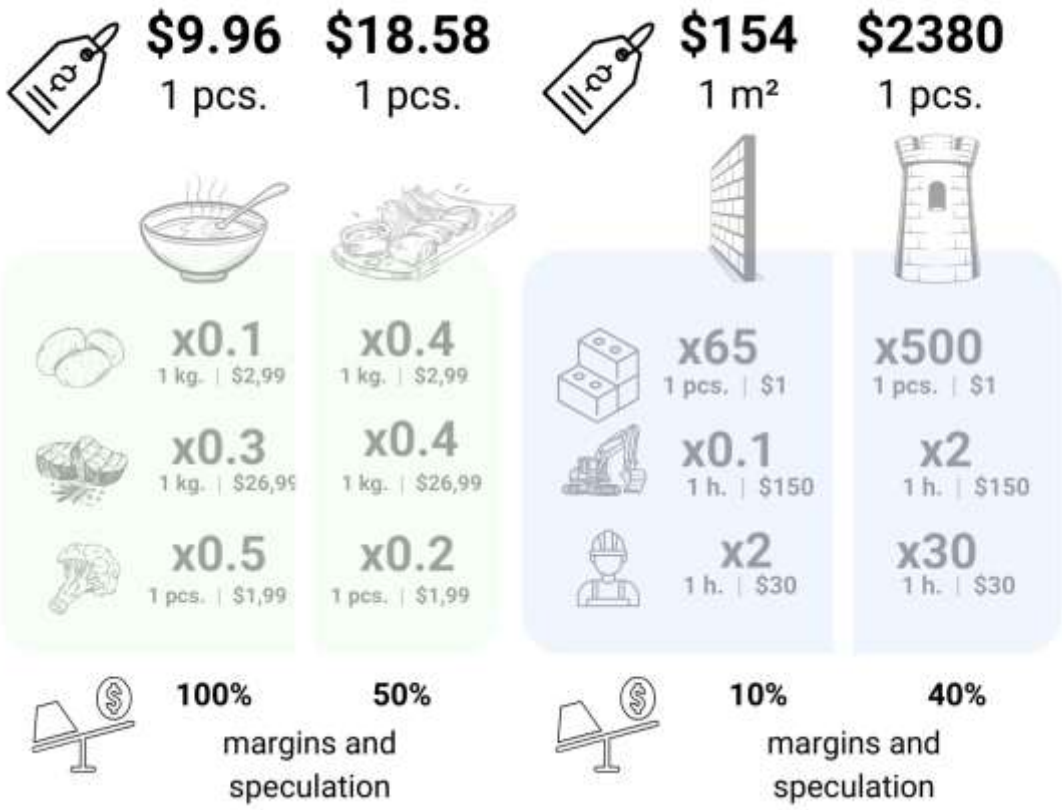


Şekil 5.1-4 Maliyet hesaplamaları, iş ve işlemlerin gerçekleştirilmesi için gereken inşaat malzemeleri ve hizmetlerin ayrıntılı bir listesini sağlar.

Hesaplamaların bileşimi ("tarifler" olarak adlandırılır), büyük hacimli benzer işlerin gerçekleştirilmesi sürecinde şirket tarafından biriktirilen tarihsel deneyim temelinde oluşturulur. Bu pratik deneyim genellikle şantiyeden gelen geri bildirimler yoluyla biriktirilir. Özellikle, ustabaşı doğrudan şantiyede bilgi toplayarak gerçek işçilik maliyetlerini, malzeme tüketimini ve teknolojik operasyonların nüanslarını kaydeder. Tahmin departmanıyla işbirliği içinde, bu bilgiler daha sonra yinelemeli olarak iyileştirilir: süreç tanımları iyileştirilir, kaynak karışımı ayarlanır ve maliyetler son projelerden elde edilen gerçek verileri yansıtacak şekilde güncellenir.

> Tıpkı bir yemek tarifinin bir yemeği hazırlamak için gereken malzemeleri ve miktarları tanımlaması gibi, bir tahmin sayfası da belirli bir işi veya süreci tamamlamak için gereken tüm inşaat malzemelerinin, kaynakların ve hizmetlerin ayrıntılı bir listesini sağlar.

Düzenli olarak yapılan işler işçilerin, ustabaşıların ve tahmincilerin kendilerini gerekli kaynak miktarına göre yönlendirmelerini sağlar: malzeme, yakıt, işçilik süresi ve bir iş birimini gerçekleştirmek için gereken diğer parametreler (Şekil 5.1-5). Bu veriler, her bir görev ve operasyonun kaynak tabanının asgari unsurları (sürekli güncellenen fiyatlarla) aracılığıyla tanımlandığı ve hesaplamaların doğruluğunu sağlayan tablolar şeklinde tahmin sistemlerine girilir.



Şekil 5.1-5 Birim fiyatlar her bir iş için toplanır, burada varlığın hacim özelliği miktarı ile çarpılır ve bir kar yüzdesi eklenir.

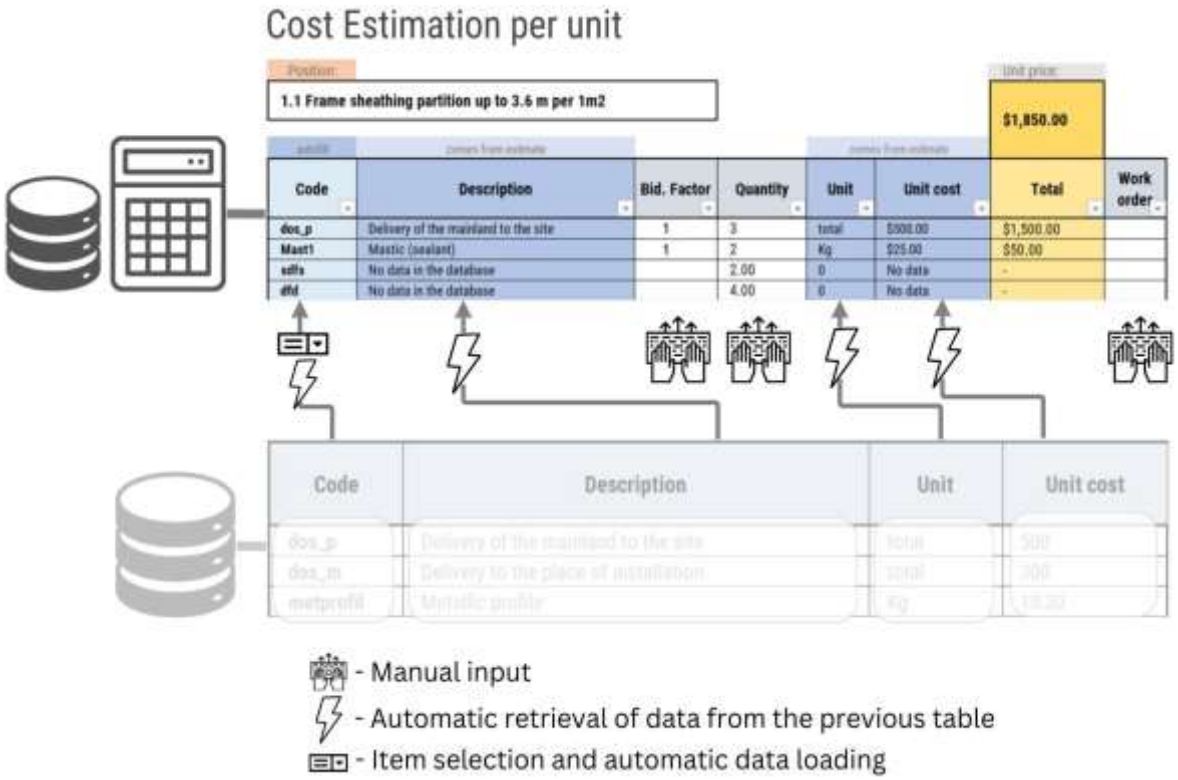
Her bir sürecin veya faaliyetin (maliyetlendirme nesnesi) toplam maliyetini elde etmek için maliyet niteliği, sayısı ve faktörleriyle çarpılır. Katsayılar, işin karmaşıklığı, bölgesel özellikler, enflasyon oranı, potansiyel riskler (beklenen genel gider yüzdesi) veya spekülasyon (ek kar faktörü) gibi çeşitli faktörleri dikkate alabilir.

> Bir analist olarak tahminci, ustabaşının deneyim ve tavsiyelerini standart tahminlere dönüştürür, inşaat süreçlerini tablo biçimindeki kaynak varlıkları aracılığıyla tanımlar. Temelde, tahmincinin görevi, parametreler ve katsayılar aracılığıyla şantiyeden gelen bilgileri toplamak ve yapılandırmaktır.

Bu nedenle, iş birimi başına nihai maliyet (örneğin metrekare veya metreküp veya tek bir birimin bir kurulumu) sadece doğrudan malzeme ve işçilik maliyetlerini değil, aynı zamanda şirket mark-up'larını, genel giderleri, sigortayı ve diğer faktörleri de içerir (Şekil 5.1-6)

Aynı zamanda, gerçek fiyatlar her zaman "kaynak tabanına" (içerik tablosu) yansıtıldığından, artık (tarif) hesaplamalarında gerçek fiyatlar konusunda endişelenmemize gerek yoktur. Hesaplamalar düzeyinde kaynak tabanındaki veriler otomatik olarak tabloya yüklenir (örneğin ürün koduna veya benzersiz tanımlayıcısına göre), bu da açıklamayı ve birim başına gerçek fiyatı yükler, bu da çevrimiçi

platformlardan veya çevrimiçi yapı malzemeleri mağazasından otomatik olarak yüklenebilir. Hesaplama düzeyindeki tahminci sadece "kaynak miktarı" niteliği ve ek faktörler aracılığıyla işi veya süreci tanımlamak zorundadır.



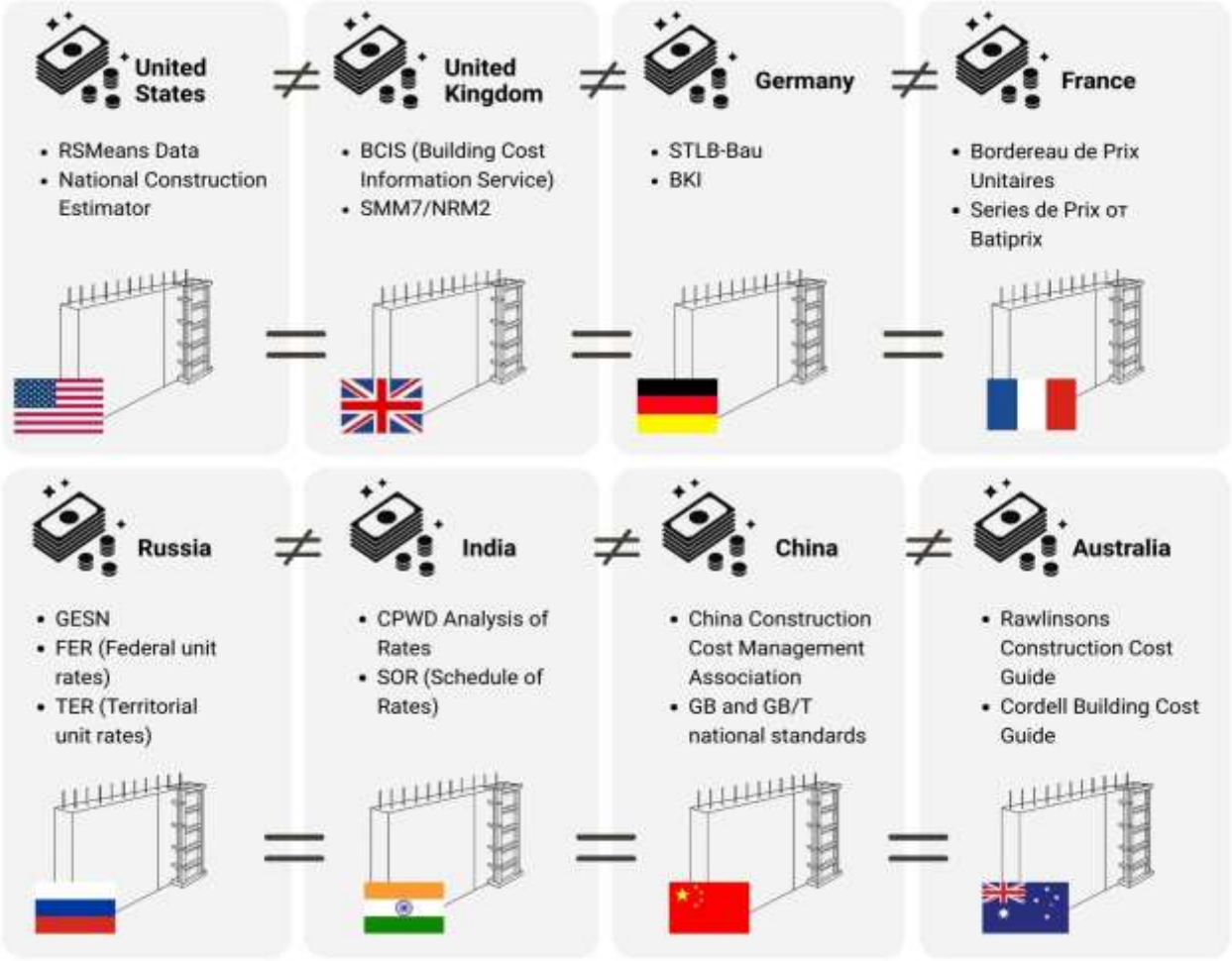
Şekil 5.1-6 Birim iş maliyetinin hesaplanması aşamasında, yalnızca gerekli kaynak miktarının özellikleri doldurulur, diğer her şey kaynak veritabanından otomatik olarak yüklenir.

Oluşturulan iş maliyetleri, inşaat kaynakları ve malzemeleri veri tabanına doğrudan bağlı olan tipik projelerin şablon tabloları şeklinde saklanır. Bu şablonlar, gelecekteki projeler için tekrarlanan iş türleri için standartlaştırılmış tarifleri temsil eder ve şirket genelinde hesaplamalarda tekdüzelik sağlar.

Veri tabanında herhangi bir kaynağın maliyeti değiştiğinde (Şekil 5.1-3) - ister manuel olarak ister güncel piyasa fiyatlarının indirilmesi yoluyla otomatik olarak (örneğin enflasyonist koşullarda) - güncellemeler derhal tüm bağlantılı maliyetlendirmelere yansıtılır (Şekil 5.1-6). Bu, maliyetlendirme şablonları ve tahminleri zaman içinde değişmeden kalırken yalnızca kaynak tabanının değiştirilmesi gerektiği anlamına gelir. Bu yaklaşım, sadece nispeten basit bir kaynak tablosunda hesaba katılan her türlü fiyat dalgalanması için hesaplamaların istikrarını ve tekrarlanabilirliğini sağlar (Şekil 5.1-3).

Her yeni proje için standart maliyetlendirme şablonunun bir kopyası oluşturulur, bu da şirket tarafından benimsenen orijinal şablonu değiştirmeden belirli gereksinimleri karşılamak için değişiklikler yapmanıza ve faaliyetleri ayarlamanıza olanak tanır. Bu yaklaşım, hesaplamaların uyarlanmasında esneklik sağlar: şantiyenin özelliklerini, müşterinin isteklerini dikkate alabilir, risk veya karlılık (spekülasyon) katsayıları ekleyebilirsiniz - bunların hepsini şirketin standartlarını ihlal etmeden yapabilirsiniz. Bu, şirketin kâr maksimizasyonu, müşteri memnuniyeti ve rekabet gücünü koruma arasında bir denge bulmasına yardımcı olur.

Bazı ülkelerde, on yıllar boyunca biriken bu tür maliyetlendirme şablonları ulusal düzeyde standartlaştırılmış ve ulusal inşaat maliyetlendirme sistemi standartlarının bir parçası haline gelmiştir (Şekil 5.1-7).



Şekil 5.1-7 Dünyadaki farklı ülkelerin, aynı unsurun maliyetlendirilmesi için inşaat işlerine yönelik kendi (kuralcı) derlemeleri ve standartları ile kendi maliyetlendirme kuralları vardır.

Bu tür standartlaştırılmış kaynak tahmin tabanları (Şekil 5.1-7), özellikle kamu finanse edilen projeler için tüm piyasa katılımcıları kullanılması zorunludur. Bu tür bir standardizasyon, fiyatların ve müşteri için sözleşme yükümlülüklerinin oluşturulmasında şeffaflık, karşılaştırılabilirlik ve adalet sağlar

Nihai proje maliyetlendirmesi: tahminlerden bütçelere

Devlete ve sektöre özgü keşif standartları, farklı ülkelerdeki inşaat uygulamalarında farklı roller oynamaktadır. Bazı ülkeler tek bir standarda sıkı sıkıya bağlılık gerektirirken, çoğu gelişmiş ekonomi daha esnek bir yaklaşım benimsemektedir. Pazar ekonomilerinde, devlet inşaat standartları genellikle sadece bir temel olarak hizmet eder. İnşaat şirketleri bu standartları kendi işletme modellerine uyarlar veya tamamen revize ederek kendi özel faktörleriyle tamamlar. Bu ayarlamalar kurumsal deneyimi, kaynak yönetimi verimliliğini ve genellikle örneğin bir şirketin spekülatif karlarının hesaba katılabileceği faktörleri yansıtır.

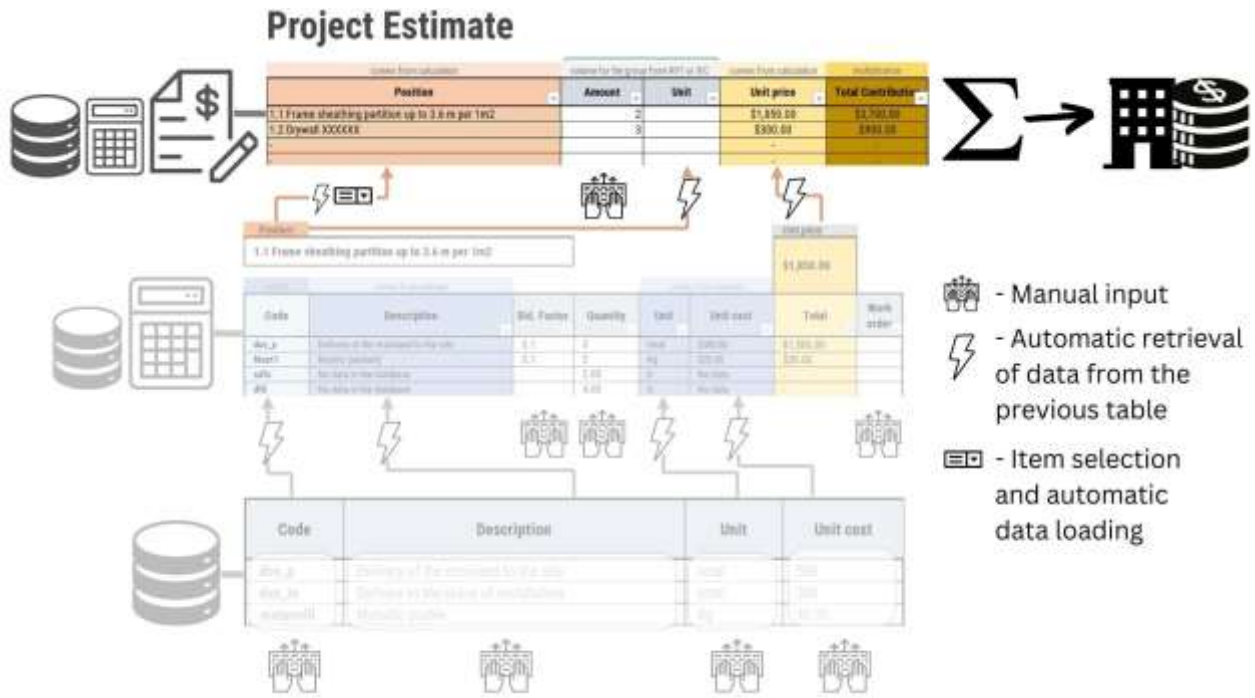
> Sonuç olarak, rekabet düzeyi, piyasa talebi, hedef marjlar ve hatta belirli müşterilerle olan ilişkiler standart normlardan önemli sapmalara yol açabilir. Bu uygulama piyasada esneklik sağlamakla birlikte, farklı yüklenicilerden gelen tekliflerin şeffaf bir şekilde karşılaştırılmasını zorlaştırmakta ve hesaplama sürecinin bu aşamasında inşaat sektörüne spekülatif bir fiyatlandırma unsuru getirmektedir.

Münferit faaliyetler ve süreçler için hesaplama şablonları hazırlandıktan sonra - veya daha sık olarak, belirli bir şirketin "özelliklerini" yansıtmak için eklenen katsayılarla birlikte standart devlet tahminlerinden kopyalandıktan sonra (Şekil 5.1-7) - son adım, her bir kalemin maliyetini yeni projedeki iş kapsamının veya süreçlerin ilgili niteliğiyle çarpmaktır.

> Yeni bir inşaat projesinin toplam maliyetini hesaplarken, temel adım tüm maliyet kalemlerinin maliyetlerini, projedeki bu iş kalemlerinin hacmiyle çarparak özetlemektir.

Projenin toplam maliyetini oluşturmak için, basitleştirilmiş örneğimizde, bir metrekare duvar inşa etmenin maliyetini hesaplayarak başlıyoruz ve hesaplama maliyetini (örneğin, "1m² duvar elemanlarının standart kurulumu" işi) projedeki toplam duvar metrekaresi sayısıyla çarpıyoruz (örneğin, projenin CAD adresindeki "Duvar elemanları" türündeki bir varlığın "Alan" veya "Miktar" niteliği (Şekil 5.1-8) veya ustabaşının hesaplamaları).

Benzer şekilde, projenin tüm unsurları için maliyeti hesaplarız (Şekil 5.1-8): birim iş başına maliyeti alır ve projedeki belirli bir unsurun veya unsur grubunun hacmiyle çarparız. Tahmincinin projedeki bu unsurların, faaliyetlerin veya süreçlerin sayısını adresine hacim veya miktar olarak girmesi yeterlidir. Bu, otomatik olarak eksiksiz bir inşaat tahmini oluşturulmasını sağlar.



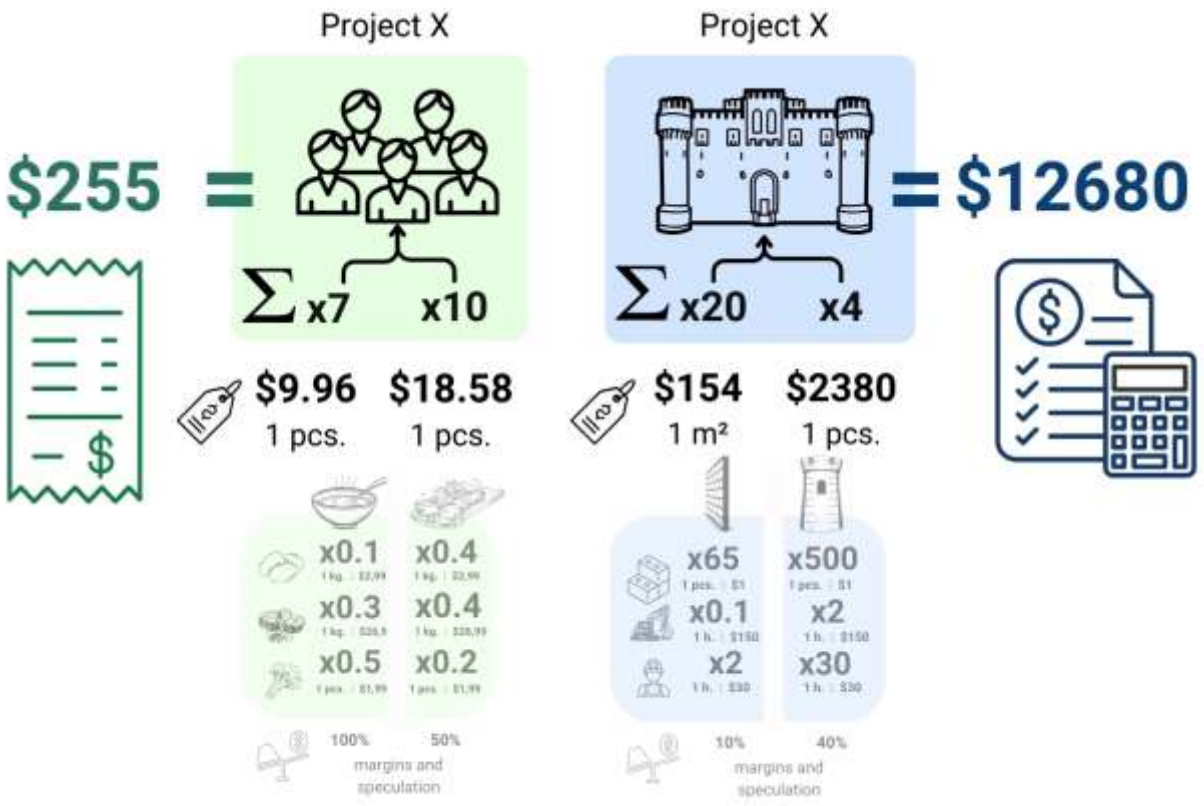
Şekil 5.1-8 Bir tahmin oluşturma aşamasında, sadece işin kapsamını gireriz.

Hesaplamalarda olduğu gibi, bu seviyede otomatik olarak hazır hesaplanmış kalemleri (hesaplama şablonundan veya şablondan kopyalanan ve düzenlenen yenileri) yükleriz, bunlar otomatik olarak iş birimi başına mevcut maliyeti de beraberinde getirir (kaynak veritabanından otomatik olarak güncellenir (Şekil 5.1-8 alt tablo)). Buna göre, kaynak veritabanında veya maliyetlendirme tablolarında herhangi bir veri değişikliği olması durumunda, maliyetlendirmeyi veya tahminin kendisini değiştirmeye gerek kalmadan, tahmindeki veriler geçerli gün için otomatik olarak güncellenecektir.

Bir restoran bağlamında, bir etkinliğin nihai maliyeti benzer şekilde hesaplanır ve her bir yemeğin maliyetinin konuk sayısıyla çarpılarak toplam hesap maliyetine ulaştığı tüm akşam yemeğinin nihai maliyetine eşittir (Şekil 5.1-9). Tıpkı inşaatta olduğu gibi, bir restoranda yemek pişirmek için kullanılan tarifler de on yıllar boyunca değişmeyebilir. Malzemelerin maliyetinin her saat değişebildiği fiyatların aksine.

> Tıpkı bir restoran sahibinin etkinliğin toplam maliyetini belirlemek için her bir yemeğin maliyetini porsiyon ve kişi sayısıyla çarpması gibi, maliyet tahmin yöneticisi de eksiksiz bir inşaat tahminine ulaşmak için tüm proje bileşenlerinin maliyetini toplar.

Böylece, projedeki her bir faaliyet için nihai maliyeti belirlenir (Şekil 5.1-9) ve bu faaliyete karşılık gelen varlığın öznitelik hacmi ile çarpılarak - tüm projenin nihai maliyetinin elde edildiği faaliyet gruplarının maliyetini verir.



Şekil 5.1-9 Nihai tahmin, her bir unsurun iş maliyeti niteliği ile kapsam niteliğinin toplanmasıyla hesaplanır.

Toplam proje maliyeti (Şekil 5.1-8) projenin finansal bir resmini sunarak müşterilerin, yatırımcıların veya finansman kuruluşlarının mevcut fiyatları dikkate alarak herhangi bir günde projeyi teslim etmek için gereken toplam bütçeyi ve finansal kaynakları anlamalarını sağlar.

Ve eğer kaynak tabanlarını, hesaplamaları ve tahminleri (süreç reçeteleri) derleme süreçleri on binlerce yıl boyunca zaten çalışılmış, yarı otomatikleştirilmiş ve bilenmiş ve devlet düzeyinde kaydedilmişse, o zaman nihai tahminin son aşaması için unsurların hacmi ve miktarı hakkında nitel bilgilerin otomatik olarak elde edilmesi - bugün projenin tüm maliyet ve zaman niteliklerinin ve genel olarak projenin genel bütçesinin hesaplanması süreçlerinde bir darboğaz olmaya devam etmektedir.

> Binlerce yıldır hacim hesaplamanın geleneksel yöntemi, düz çizimler kullanarak hacim ve miktarın manuel olarak ölçülmesi olmuştur. Dijital çağın gelişiyle birlikte şirketler, hacim ve miktar bilgilerinin artık CAD modellerinde bulunan geometrik verilerden otomatik olarak çıkarılabileceğini keşfetti ve niceliksel veri elde etmenin binlerce yıllık yöntemlerinde devrim yarattı.

Süreç tahmini ve kestirimine yönelik modern yaklaşımlar, CAD veritabanlarından hacimsel ve niceliksel özelliklerin otomatik olarak çıkarılmasını içerir; bunlar yüklenebilir ve tasarımdan işletmeye

kadar herhangi bir aşamada güncel proje grubu hacimlerini elde etmek için maliyetlendirme sürecine bağlanabilir.

BÖLÜM 5.2.
MIKTAR ÇIKARMA VE OTOMATIK TAHMIN VE ÇIZELGE OLUŞTURMA

3D'den 4D ve 5D'ye geçiş: hacimsel ve nicel parametrelerin kullanımı

Kaynaklar aracılığıyla açıklanan süreçleri içeren maliyetlendirme tabloları (Şekil 5.1-8) elinizdeyken, bir sonraki adım hesaplamalar ve nihai tahmin için gerekli olan bir grup unsur için hacim veya miktar parametrelerini otomatik olarak elde etmektir.

Proje elemanlarının hacimsel özellikleri - örneğin duvarlar veya döşemeler - CAD veritabanlarından otomatik olarak çıkarılabilir. CAD programlarında oluşturulan parametrik nesneler, geometri çekirdeği aracılığıyla uzunluk, genişlik, alan, hacim ve diğer parametrelerin sayısal değerlerine dönüştürülür. 3B geometriye dayalı hacim elde etme süreci, CAD ile çalışmaya adanmış bir sonraki altıncı bölümde (Şekil 6.3-3) daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır (BIM). Hacimlere ek olarak, benzer elemanların sayısı da CAD-model veritabanından nesneleri kategorilere ve özelliklere göre filtreleyerek ve gruplandırarak elde edilebilir. Gruplandırmaya izin veren bu parametreler, kaynak hesaplamaları yoluyla proje unsurlarını hesaplamalar, nihai tahminler ve tüm projenin bütçesi ile ilişkilendirmek için temel oluşturur.

Böylece, 3D (CAD) modelinden çıkarılan veri modeli, 4D ve 5D olarak adlandırılan yeni parametre katmanlarıyla zenginleştirilir. Yeni varlık öznitelik katmanları olan 4D (zaman) ve 5D'de (maliyet), varlık hacmi öznitelik değerlerinin kaynağı olarak 3D geometrik veriler kullanılmaktadır.

- **4D**elemanların 3D parametrelerine inşaat işlemlerinin süresi hakkında bilgi ekleyen bir parametre bilgi katmanıdır. Bu veriler, programların planlanması ve proje zaman çizelgelerinin yönetilmesi için gereklidir
- **5D**, unsurların maliyet özellikleriyle desteklendiği veri modelinin bir sonraki genişletme seviyesidir. Bu, geometrik bilgilere finansal bir boyut katar: inşaat sürecinde bütçe hesaplamalarına, karlılık analizlerine ve maliyet yönetimine olanak tanıyan malzeme, iş ve ekipman maliyeti.

Proje varlık gruplarının maliyet ve 3D, 4D ve 5D öznitelik verileri, modüler ERP, PIMS sistemlerindeki (veya Excel benzeri araçlardaki) hesaplamalara benzer şekilde tanımlanır ve hem bireysel grupların hem de tüm proje bütçesinin otomatik maliyetlendirilmesi ve bütçe planlaması için kullanılır.

5D öznitelikleri ve CAD'den öznitelik hacimlerini alma

Hazırlanmasını önceki bölümlerde tartıştığımız bir inşaat projesinin nihai tahmini hazırlanırken (Şekil 5.1-8), proje unsurlarının her kategorisi için hacim öznitelikleri ya manuel olarak toplanır ya da CAD yazılımı tarafından sağlanan hacim öznitelik özelliklerinden çıkarılır.

> Miktarların geleneksel manuel hesaplama yöntemi, ustabaşı ve tahmincinin binlerce yıldır kağıt üzerinde çizgiler halinde ve son 30 yıldır PDF (PLT) veya DWG gibi dijital formatlarda sunulan çizimleri analiz etmesini içerir. Mesleki deneyimlerinden yararlanarak, gerekli iş ve malzeme miktarlarını genellikle bir cetvel ve açıölçer kullanarak ölçerler. Bu yöntem, önemli ölçüde çaba ve zamanın yanı sıra detaylara özel dikkat gerektirir.

Kapsam özelliklerinin bu şekilde belirlenmesi, projenin kapsamına bağlı olarak birkaç günden birkaç aya kadar sürebilir. Buna ek olarak, tüm ölçümler ve hesaplamalar manuel olarak yapıldığından, yanlış verilere yol açabilecek insan hatası riski vardır ve bu da daha sonra tüm şirketin sorumlu tutulacağı proje süresi ve maliyet tahminindeki hataları etkiler.

CAD veritabanlarının kullanımına dayanan modern hacimlerin hesaplanmasını büyük ölçüde basitleştirmektedir. CAD modellerinde, elemanların geometrisi zaten otomatik olarak hesaplanabilen (geometri çekirdeği aracılığıyla (Şekil 6.3-3)) ve tablo biçiminde sunulabilen veya dışa aktarılabilen hacim niteliklerini içerir.

Böyle bir senaryoda, tahmin departmanı CAD tasarımcısından proje unsurlarının miktar ve hacim özelliklerine ilişkin verileri ister. Bu veriler elektronik tablolar olarak dışa aktarılır veya doğrudan maliyetlendirme veritabanlarına - Excel, ERP veya PMIS - sistemlerine entegre edilir. Bu süreç genellikle resmi bir taleple değil, müşteri (başlatıcı) ile inşaat veya tasarım şirketinden mimar tahminci arasında kısa bir diyalogla başlar. Aşağıda, otomatik hesaplamalar için yapılandırılmış bir tablonun (QTO) günlük iletişimden nasıl oluşturulduğunu gösteren basitleştirilmiş bir örnek yer almaktadır:

- Müşteri - "*Binaya birinci katla aynı konfigürasyonda bir kat daha eklemek istiyorum*"
- Mimar (CAD) - "*Üçüncü bir kat ekleniyor, konfigürasyon ikinci kattakiyle aynı*". Ve bu mesajdan sonra projenin yeni bir CAD versiyonunu tahminciye gönderir.
- *Tahmin edici* otomatik olarak gruplama ve hesaplama yapar (ERP, PMIS, Excel) - "*Projeyi QTO kuralları (ERP, PMIS) ile bir Excel elektronik tablosu üzerinden çalıştıracağım, yeni kat için kategoriye göre hacimleri alacağım ve bir tahmin oluşturacağım*"

  Sonuç olarak, metin diyaloğu gruplama kuralları ile bir tablo yapısına dönüştürülür:

Element	Kategori	Zemin
Örtüşme	OST_Floors	3
Sütun	OST_StructuralColumns	3
MERDİVEN	OST_Stairs	3

  Tasarımcıdan gelen CAD modelinin tahmin edicinin QTO kurallarına göre otomatik olarak gruplandırılması ve hacimlerin kaynak hesaplamalarıyla otomatik olarak çarpılması işleminden sonra (Şekil 5.1-8) müşteriye gönderilen aşağıdaki sonuçları elde ederiz:

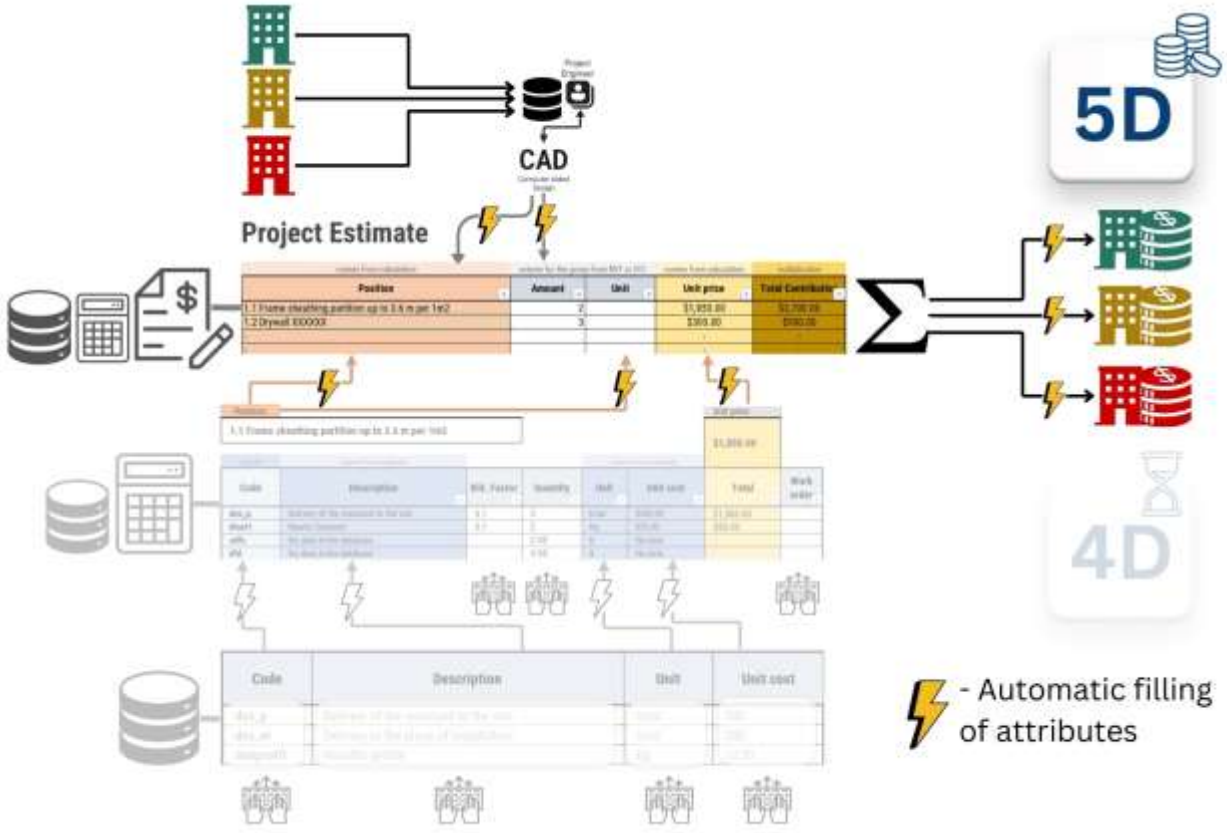
Element	Cilt	Zemin	Birim başına fiyat.	Toplam maliyet
Örtüşme	420 м²	3	150 €/м²	**63 000 €**
Sütun	4 adet.	3	2450 €/adet.	**9 800 €**
MERDİVEN	2 adet.	3	4,300 €/adet.	**8 600 €**
TOPLAM:	-	-	-	**81 400 €**

- Müşteri - "*Teşekkür ederim, bu oldukça fazla, birkaç odayı kesmemiz gerekiyor*". Ve bu döngü birçok kez tekrarlanır.

Bu senaryo, özellikle müşterinin anında geri bildirim beklediği onay aşamasında birçok kez tekrarlanabilir. Ancak pratikte bu tür süreçler günlerce hatta haftalarca sürebilir. Bugün, otomatik gruplama ve hesaplama kurallarının devreye girmesi sayesinde, eskiden oldukça zaman alan faaliyetler dakikalar içinde tamamlanabilmektedir. Gruplama kuralları aracılığıyla miktarların otomatik olarak elde edilmesi, sadece hesaplamaları ve tahminleri hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda insan faktörünü en aza indirerek hata olasılığını azaltır ve proje maliyetlerinin şeffaf ve doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlar.

> CAD sisteminde 3B model oluşturulurken tahmin departmanının gereksinimleri başlangıçta dikkate alınmışsa (ki bu uygulamada hala nadirdir) ve eleman gruplarının adları, tanımlayıcıları ve sınıflandırma nitelikleri, tahmin gruplarının ve sınıflarının yapılarıyla örtüşen parametreler biçiminde ayarlanmışsa, hacimsel nitelikler ek dönüşümler olmadan otomatik olarak tahmin sistemlerine aktarılabilir.

Hacimsel özelliklerin CAD'den spesifikasyon tabloları şeklinde otomatik olarak çıkarılması, münferit işlerin ve bir bütün olarak projenin maliyeti hakkında güncel verilerin hızlı bir şekilde elde edilmesini sağlar (Şekil 5.2-1). Şirket, hesaplama sürecinde veya hesaplama sisteminde yalnızca CAD dosyasını proje hacimleriyle güncelleyerek, en son değişiklikleri dikkate alarak tahmini hızlı bir şekilde yeniden hesaplayabilir ve sonraki tüm hesaplamaların yüksek doğruluğunu ve tutarlılığını sağlayabilir.



Şek. 5.2-1 CAD tablolarından veya veritabanlarından hacim özellikleri otomatik olarak tahmine girilir ve toplam proje maliyetini anında hesaplamanıza olanak tanır.

Sermaye projelerinin artan karmaşıklığıyla birlikte, tüm bütçenin hesaplanması ve böyle bir senaryo altında projelerin toplam maliyetinin analiz edilmesi (Şekil 5.2-1) - bilinçli karar verme için önemli bir araç haline gelmektedir.

> Accenture'ın Creating More Value through Capital Projects (2024) çalışmasına [20] göre, önde gelen şirketler, sonuçları tahmin etmek ve optimize etmek için geçmiş bilgileri kullanarak veri analitiğini dijital girişimlere aktif olarak entegre ediyor. Araştırmalar, daha fazla mal sahibi-işletmecinin pazar eğilimlerini tahmin etmek ve tasarım başlamadan önce ticari uygulanabilirliği değerlendirmek için büyük veri analitiği uyguladığını göstermektedir. Bu, mevcut proje portföyünden veri ambarlarının analiz edilmesiyle elde ediliyor. Buna ek olarak, mal sahibi-işletmecilerin yüzde 79'u proje performansını değerlendirmek ve gerçek zamanlı operasyonel karar alma sürecini desteklemek için 'güçlü' tahmin analitiği uygulamaktadır.

İnşaat projelerinin modern etkin yönetimi tasarımın tüm aşamalarında ve tasarımdan önceki süreçlerde büyük miktarda bilginin işlenmesi ve analiz edilmesiyle ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır. veri ambarlarının, kaynak hesaplamalarının, tahmine dayalı modellerin ve makine öğreniminin kullanılması sadece hesaplamalardaki risklerin en aza indirilmesine değil, aynı zamanda tasarımın erken aşamalarında proje finansmanı konusunda stratejik kararlar alınmasına da olanak

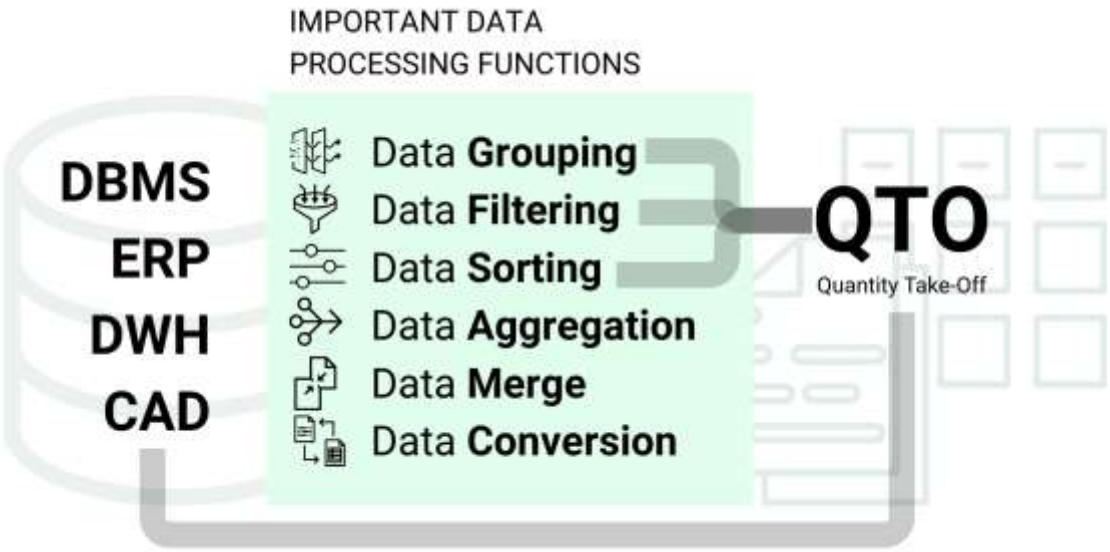
sağlamaktadır. Kitabın dokuzuncu bölümünde veri ve hesaplamaları tamamlayacak öngörücü modeller hakkında daha fazla konuşacağız.

Tahminlerin hazırlanması için gerekli olan CAD projelerinden elemanların hacimsel parametrelerinin otomatik olarak elde edilmesi, QTO (Quantity Take-Off) gruplama araçları yardımıyla gerçekleştirilir. QTO araçları, CAD veritabanında oluşturulan spesifikasyonları ve tabloları kullanarak tüm proje nesnelerini özel eleman tanımlayıcılarına veya eleman öznitelik parametrelerine göre gruplandırarak çalışır.

QTO Quantity Take-Off: proje verilerini niteliklere göre gruplama

İnşaatta QTO (Quantity Take-Off), bir projenin gerçekleştirilmesi için gereken unsurların miktarlarının çıkarılması sürecidir. Uygulamada, QTO genellikle çeşitli kaynaklardan veri toplanmasını içeren yarı manuel bir süreçtir: PDF belgeleri, DWG çizimleri ve dijital CAD modelleri.

CAD veritabanlarından çıkarılan verilerle çalışırken, QTO süreci bir dizi filtreleme, sıralama, gruplama ve toplama işlemi olarak gerçekleştirilir. Model elemanları sınıf, kategori ve tür parametrelerine göre seçilir, ardından hacim, alan, uzunluk veya miktar gibi nicel nitelikleri hesaplama mantığına göre özetlenir (Şekil 5.2-2).



Şekil 5.2-2 Veri gruplama ve filtreleme, veritabanlarına ve veri ambarlarına uygulanan en popüler işlevlerdir.

QTO (filtreleme ve gruplama) süreci verilerin sistematik hale getirilmesini, spesifikasyonların oluşturulmasını ve tahminlerin, satın almaların ve iş programlarının hesaplanması için girdi bilgilerinin hazırlanmasını sağlar. QTO'nun temeli, unsurların ölçülen niteliklerin türüne göre sınıflandırılmasıdır. Her bir eleman veya eleman grubu için ilgili nicel ölçüm parametresi seçilir. Örneğin:

- **Uzunluk özelliği** (kaldırım taşı - metre cinsinden)

- **Alan niteliği** (alçıpan işi - metrekare olarak)
- **Hacim niteliği** (beton işleri - metreküp cinsinden)
- **Miktar** özelliği (pencereler - parça başına)

Geometri temelinde matematiksel olarak oluşturulan hacimsel özelliklere ek olarak, QTO gruplamasından sonraki hesaplamalarda genellikle taşma faktörleri (Şekil 5.2-12, örneğin lojistik ve kurulum için yüzde 10'u hesaba katmak üzere 1,1) uygulanır - kayıpları, kurulumu, depolamayı veya nakliyeyi hesaba katan düzeltme değerleri. Bu, malzemelerin gerçek tüketiminin daha doğru bir şekilde tahmin edilmesini ve şantiyede hem eksikliklerin hem de aşırı stoklamanın önlenmesini mümkün kılar.

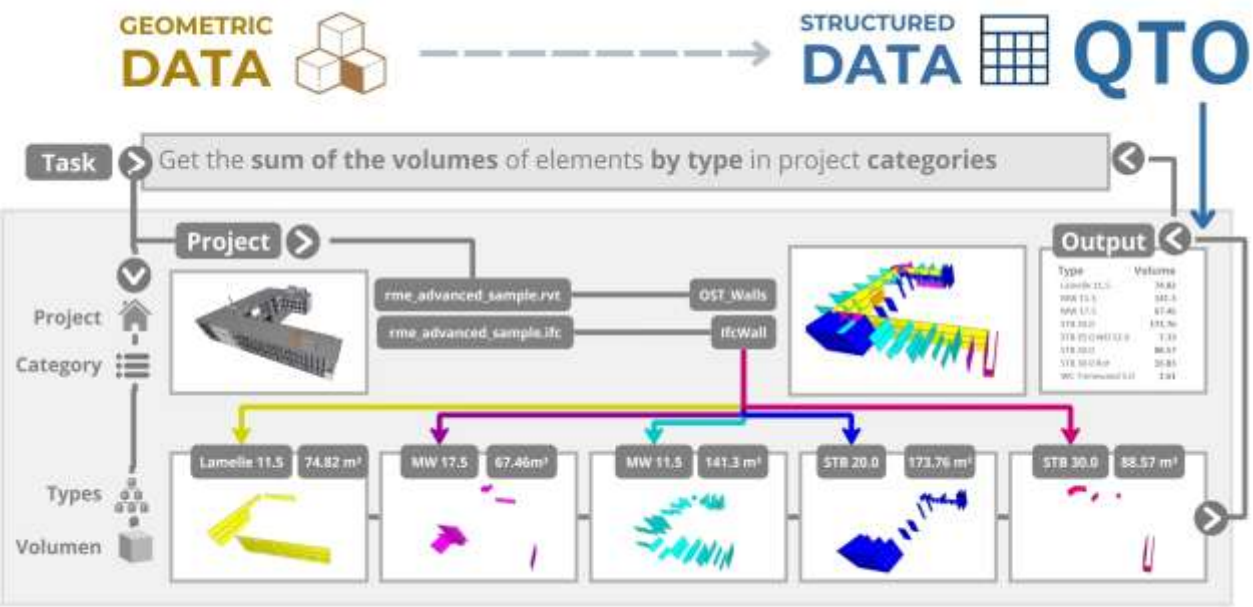
> Otomatik bir miktar çıkarma süreci (QTO), doğru hesaplamaları ve tahminleri üretmek, hacim belirleme süreçlerinde insan hatasını azaltmak ve malzemelerin fazla veya eksik sipariş edilmesini önlemek için gereklidir.

QTO sürecine bir örnek olarak, CAD veritabanından belirli bir kategori, eleman sınıfları için eleman türlerine göre hacimlerin bir tablo belirtiminin gösterilmesinin gerekli olduğu yaygın bir durumu ele alalım. CAD proje duvarı kategorisinden tüm proje öğelerini türe göre gruplandıralım ve sonucu bir QTO hacim tablosu olarak sunmak için her tür için hacim özelliklerini özetleyelim (Şekil 5.2-3).

Tipik bir CAD projesi örneğinde (Şekil 5.2-3), CAD veritabanındaki tüm duvar kategorisi öğeleri duvar türüne göre gruplandırılmıştır, örneğin "Lamelle 11.5", "MW 11.5" ve "STB 20.0" ve metrik küplerle temsil edilen iyi tanımlanmış hacim özelliklerine sahiptir.

Tasarımcılar ve hesaplama uzmanları arasındaki arayüzde yer alan yöneticinin amacı, seçilen kategorideki eleman türüne göre otomatik bir hacim tablosu elde etmektir. Sadece belirli bir proje için değil, aynı zamanda benzer model yapısına sahip diğer projelere de uygulanabilir evrensel bir formda. Bu, yaklaşımın ölçeklenebilir olmasını ve verilerin mükerrer çaba sarf edilmeden yeniden kullanılmasını sağlar.

> Deneyimli tasarımcıların ve tahmincilerin ellerine cetvel alıp kağıt veya PDF planlar üzerindeki her satırı dikkatle ölçtükleri günler geride kaldı - son bin yıldır değişmeyen bir gelenek. Her bir elemanın geometrisinin artık otomatik olarak hesaplanan hacimsel niteliklerle doğrudan bağlantılı olduğu 3D modellemenin gelişmesiyle birlikte, hacimleri ve QTO miktarlarını belirleme süreci otomatik hale gelmiştir.



Şekil 5.2-3 Bir projeden QTO hacim ve miktar niteliklerinin elde edilmesi, proje öğelerinin gruplandırılmasını ve filtrelenmesini içerir.

Örneğimizde, görev "bir projedeki bir duvar kategorisini seçmek, tüm unsurları türüne göre gruplandırmak ve hacim nitelikleri hakkındaki bilgileri yapılandırılmış, tablo biçiminde sunmaktır", böylece bu tablo düzinelerce başka uzman tarafından maliyet hesaplamaları, lojistik, iş programları ve diğer iş durumları için kullanılabilir (Şekil 6.1-3).

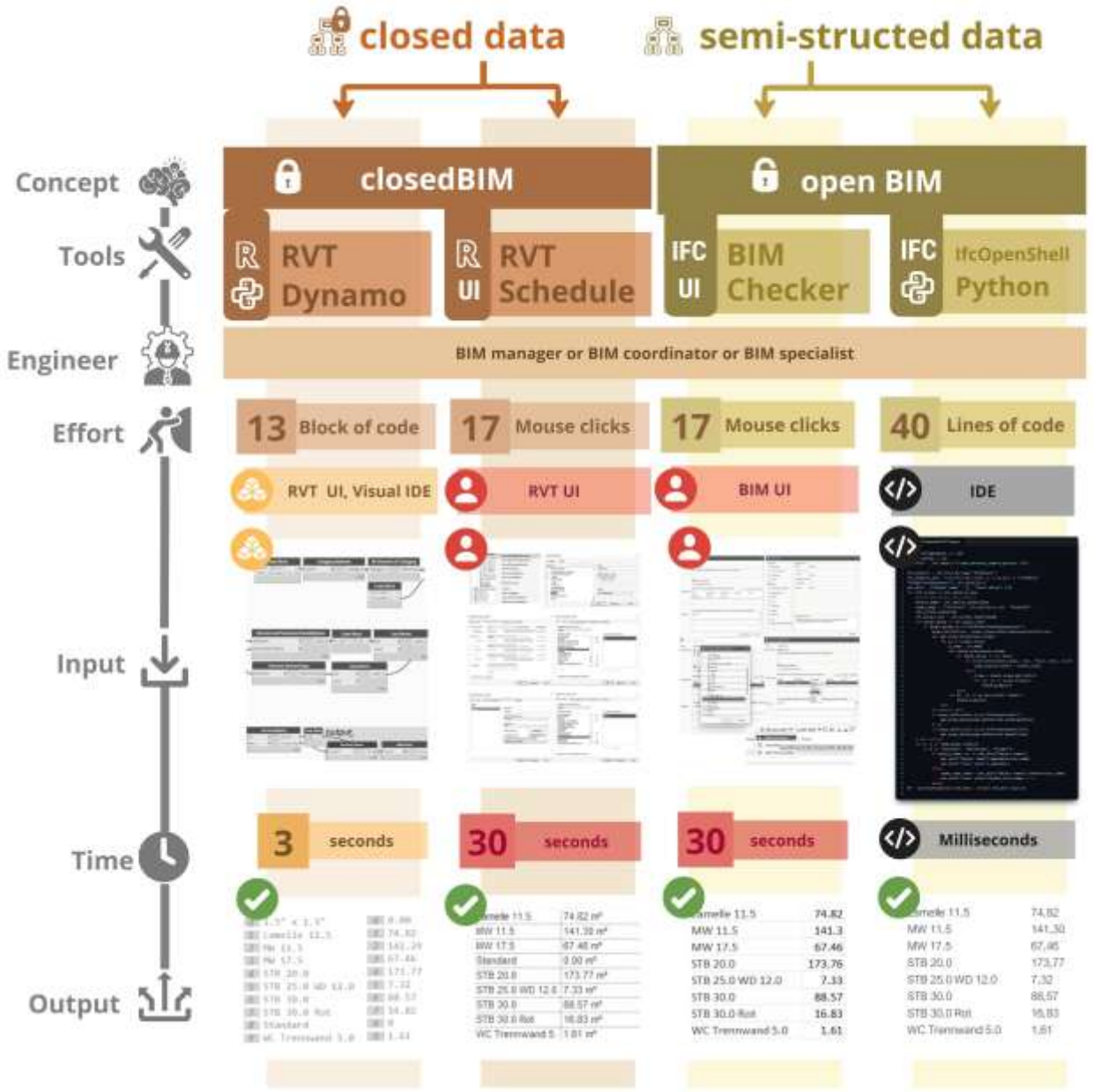
CAD verilerinin kapalı yapısı nedeniyle günümüzde her uzman CAD veritabanına doğrudan erişim sağlayamamaktadır (erişim sorununun nedenleri ve çözümleri kitabın altıncı bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır). Bu nedenle, birçok kişi açık BIM ve kapalı BIM kavramlarına dayanan özel BIM araçlarına yönelmek zorundadır [63]. Özel BIM araçlarıyla veya doğrudan CAD yazılımı ortamında çalışırken, QTO (Quantity Take-Off) sonuçlarını içeren tablo, manuel bir arayüzün veya yazılım otomasyonunun kullanılmasına bağlı olarak farklı şekillerde oluşturulabilir.

Örneğin, CAD (BIM) yazılımının kullanıcı arayüzünü kullanarak, hazır bir hacim tablosu elde etmek için yaklaşık 17 eylem (düğme tıklaması) gerçekleştirmek yeterlidir (Şekil 5.2-4). Ancak, kullanıcının CAD (BIM) yazılımının model yapısını ve işlevlerini iyi anlamış olması gerekir.

Otomasyon, program kodu veya CAD programları içindeki eklentiler ve API araçları aracılığıyla uygulanırsa, hacim tablolarını elde etmek için manuel adımların sayısı azalır, ancak kullanılan kütüphane veya araca bağlı olarak 40 ila 150 satır kod yazılması gerekecektir:

- **IfcOpSh (açık BIM**) veya **Dynamo IronPython (kapalı BIM)** - sadece ~40 satır kodla bir CAD formatından veya CAD programından bir QTO tablosu almanızı sağlar.
- **IFC_js (açık BIM**) - IFC modelinden hacimli öznitelikleri çıkarmak için yaklaşık 150 satır kod gerektirir.

- **Arayüz CAD araçları (BIM**) - 17 fare tıklamasıyla aynı sonucu manuel olarak almanızı sağlar.

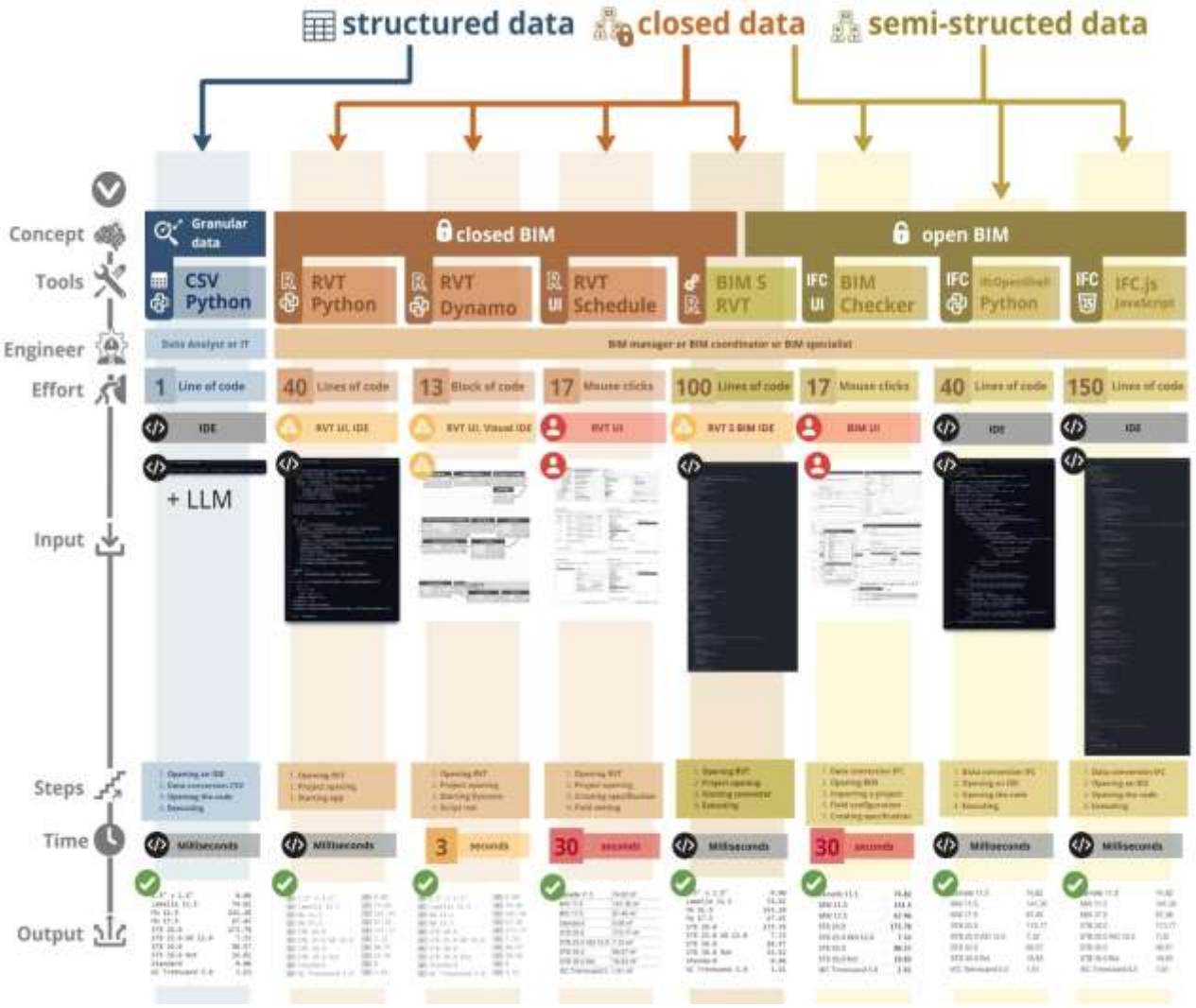


Şekil 5.2-4 CAD (BIM) tasarımcıları ve yöneticileri, QTO tabloları oluşturmak için 40 ila 150 satır kod veya bir düzine tuş vuruşu kullanır.

Sonuç aynıdır - bir grup eleman için hacim özelliklerine sahip yapılandırılmış bir tablo. Tek fark işçilik maliyeti ve kullanıcının ihtiyaç duyduğu teknik uzmanlık seviyesidir (Şekil 5.2-4). Modern araçlar, hacimlerin manuel olarak toplanmasıyla ilgili olarak, QTO sürecini önemli ölçüde hızlandırır ve hata olasılığını azaltır. Verilerin doğrudan proje modelinden alınmasına olanak tanıyarak, geçmişte yapıldığı gibi hacimlerin çizimlerden manuel olarak yeniden hesaplanması ihtiyacını ortadan kaldırırlar.

Kullanılan yöntem ne olursa olsun - ister açık BIM ister kapalı BIM - proje öğesi hacimleriyle aynı QTO - tablosunu elde etmek mümkündür (Şekil 5.2-4). Bununla birlikte, CAD - (BIM-) konseptlerinde proje verileriyle çalışırken, kullanıcılar satıcılar tarafından sağlanan özel araçlara ve API'lere bağımlıdır (Şekil 3.2-13). Bu durum ek bağımlılık katmanları yaratmakta ve verilere doğrudan erişimi sınırlandırırken benzersiz veri şemalarının öğrenilmesini gerektirmektedir.

CAD verilerinin kapalı yapısı nedeniyle, QTO tablolarının ve diğer parametrelerin elde edilmesi, hesaplamaların otomasyonunu ve harici sistemlerle entegrasyonu zorlaştırmaktadır. veritabanlarına doğrudan erişim ve CAD proje verilerinin tersine mühendislik araçları kullanılarak açık yapılandırılmış bir veri çerçevesi formatına çevrilmesi için araçlar yardımıyla (Şekil 4.1-13), aynı QTO tablosu sadece bir satır kodla elde edilebilir (Şekil 5.2-5 - granüler verili varyant).



Şekil 5.2-5 Farklı araçlar, proje varlıklarının öznitelik tabloları şeklinde aynı sonuçları üretir, ancak farklı işçilik maliyetleri vardır.

CAD projelerinden açık yapılandırılmış veriler kullanıldığında, "CAD (BIM) verilerinin yapılandırılmış forma dönüştürülmesi" bölümünde belirtildiği gibi, gruplama işlemi, QTO, büyük ölçüde

basitleştirilmiştir.

Açık yapılandırılmış verilerin kullanımına veya CAD model veritabanlarına doğrudan erişime dayalı yaklaşımlar, BIM kısaltmasıyla ilişkili pazarlama kısıtlamalarından muaftır. Diğer endüstrilerde uzun süredir kullanılan kanıtlanmış araçlara dayanırlar (Şekil 7.3-10 ETL süreci).

> McKinsey çalışmasına göre "Açık Veri: Bilgi akışıyla inovasyon ve üretkenliğin kilidini açın" 2013 yılında yapılan bir araştırmaya göre [102], açık veri kullanımı enerji üretim tesislerinin tasarım, mühendislik, tedarik ve inşaatında yılda 30 ila 50 milyar dolar arasında tasarruf fırsatı yaratabilir. Bu da inşaat sermaye maliyetlerinde yüzde 15 tasarruf anlamına gelmektedir.

Açık yapılandırılmış (granüler) verilerle çalışmak, bilgi alma ve işlemeyi basitleştirir, özel BIM platformlarına bağımlılığı azaltır ve tescilli sistemler veya CAD formatlarından parametrik ve karmaşık veri modelleri kullanmaya gerek kalmadan otomasyona giden yolu açar.

LLM ve yapılandırılmış veri kullanarak QTO otomasyonu

Yapılandırılmamış verilerin yapılandırılmış bir forma çevrilmesi çeşitli süreçlerin verimliliğini önemli ölçüde artırır: veri işlemeyi basitleştirir (Şekil 4.1-1, Şekil 4.1-2) ve daha önceki bölümlerde tartıştığımız gibi gereksinimlerini açık ve şeffaf hale getirerek doğrulama sürecini hızlandırır. Benzer şekilde, CAD verilerinin (BIM) yapılandırılmış açık bir forma çevrilmesi (Şekil 4.1-12, Şekil 4.1-13) öznitelik gruplama sürecini ve QTO sürecini kolaylaştırır.

QTO öznitelik tablosu yapılandırılmış bir forma sahiptir, bu nedenle yapılandırılmış CAD verilerini kullanırken tek bir veri modeliyle çalışırız (Şekil 5.2-5), bu da proje veri modellerini ve gruplama kurallarını ortak bir paydaya dönüştürme ve çevirme ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu, verileri yalnızca bir satır kodla bir veya daha fazla özniteliğe göre gruplandırmamızı sağlar. Buna karşılık, verilerin yarı yapılandırılmış, parametrik veya kapalı formatlarda depolandığı açık BIM ve kapalı BIM'de, işleme düzinelerce hatta yüzlerce satır kod ve geometri ve öznitelik bilgileriyle etkileşim için API'sinin kullanılmasını gerektirir.

- QTO yapılandırılmış bir projeyi bir özniteliğe göre gruplama örneği. Herhangi bir LLM sohbet odasında metin sorgusu (ChatGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN veya başka herhangi biri):

```
DataFrame olarak CAD -projem var - lütfen "Type" parametresi yalnızca "Type 1
değerini içeren öğeleri almak için proje verilerini filtreleyin. ⏎
```

- LLM'nin cevabı büyük olasılıkla Pandas kullanarak Python kodu şeklinde olacaktır:

Şekil 5.2-6 LLM ile yazılan bir satır kod, tüm bir CAD projesini "Tip" özelliğine göre gruplandırmanıza ve istenen öğe grubunu elde etmenize olanak tanır.

2D DataFrame 'un basit yapısı sayesinde LLM şemasını ve veri modelini açıklamamıza gerek kalmıyor, bu da yorumlama adımlarını kısaltıyor ve nihai çözümlerin oluşturulmasını hızlandırıyor. Önceden, basit bir kod yazmak bile programlama dillerini öğrenmeyi gerektiriyordu, ancak artık modern dil modelleri (LLM'ler), metin sorguları kullanarak yapılandırılmış verilerle çalışırken işlem mantığını otomatik olarak koda çevirmemize olanak tanıyor.

> LLM otomasyonu ve dil modelleri, CAD (BIM) veri gruplama ve işleme ile çalışan profesyonellerin, metin sorgularını kullanarak sorunları çözme yeteneği sağlayarak programlama dillerini veya BIM araçlarını öğrenme ihtiyacını tamamen ortadan kaldırabilir.

CAD ortamında (BIM) arayüzde 17 tıklama veya 40 satır kod yazmayı gerektiren aynı sorgu - "duvarlar" kategorisindeki tüm proje öğelerinin gruplandırılması ve her tür için hacimlerin hesaplanması (Şekil 5.2-5) - açık veri işleme araçlarında (örneğin SQL veya Pandas) basit ve sezgisel bir sorgu gibi görünür:

- Pandas'ta tek bir satır ile:

```
df[df['Category'].isin(['OST_Walls'])].groupby('Type')['Volume'].sum()
```

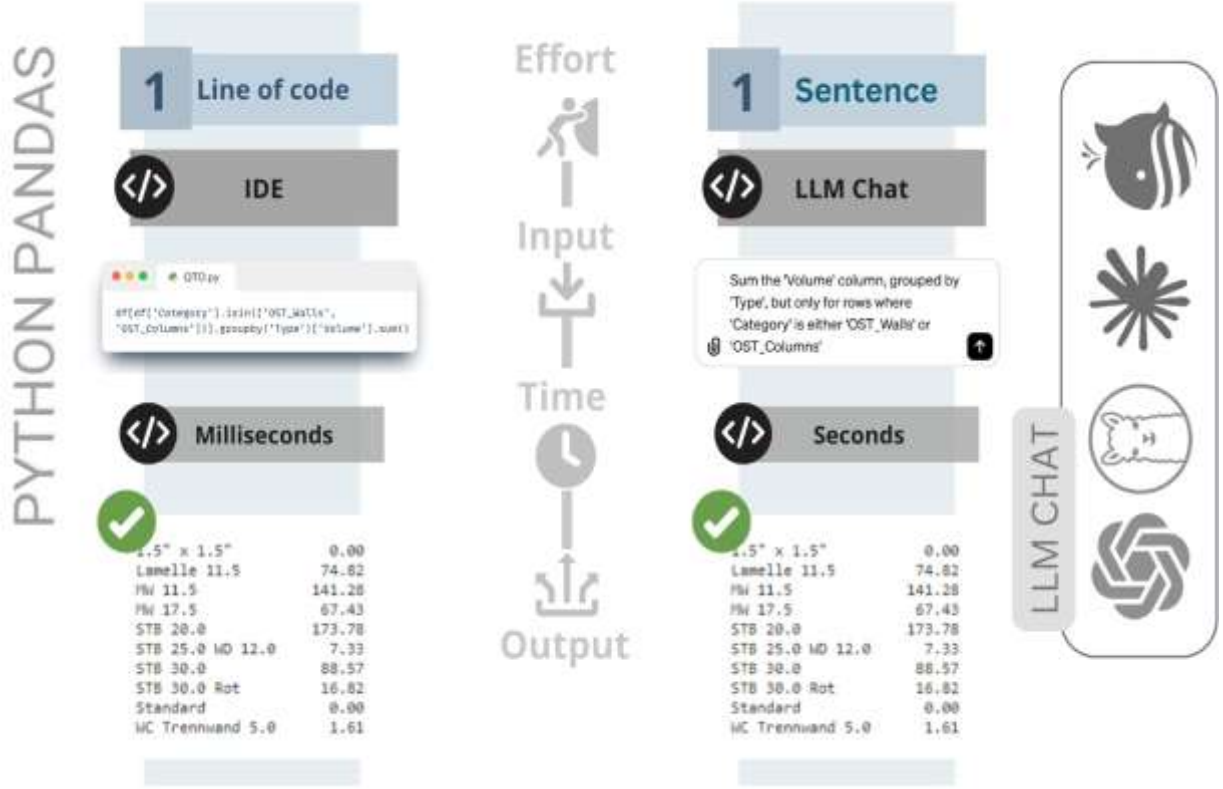
Kod çözümü: df'den (DataFrame) "Category" öznitelik sütununun "OST_Walls" değerlerine sahip olduğu öğeleri alın, elde edilen tüm öğeleri "Type" öznitelik sütununa göre gruplayın ve elde edilen öğe grubu için "Volume" özniteliğini toplayın.

- CAD'den elde edilen yapılandırılmış bir projenin SQL kullanılarak gruplandırılması:

```
SELECT Type, SUM(Volume) AS TotalVolume
FROM elemanlar
WHERE Category = 'OST_Walls'
GROUP BY Tür;
```

- LLM yardımıyla proje veritabanına basit bir metin referansı - bir komut istemi olarak bir gruplama isteği yazabiliriz (Şekil 5.2-7):

> Proje veri çerçevesi için, öğeleri 'Tür' parametresine göre gruplandırın, ancak yalnızca 'Kategori' parametresi 'OST_Duvarlar' veya 'OST_Colonlar'a eşit olan öğeler için ve lütfen sonuçta ortaya çıkan için 'Hacim' sütun parametresini toplayın ⏎

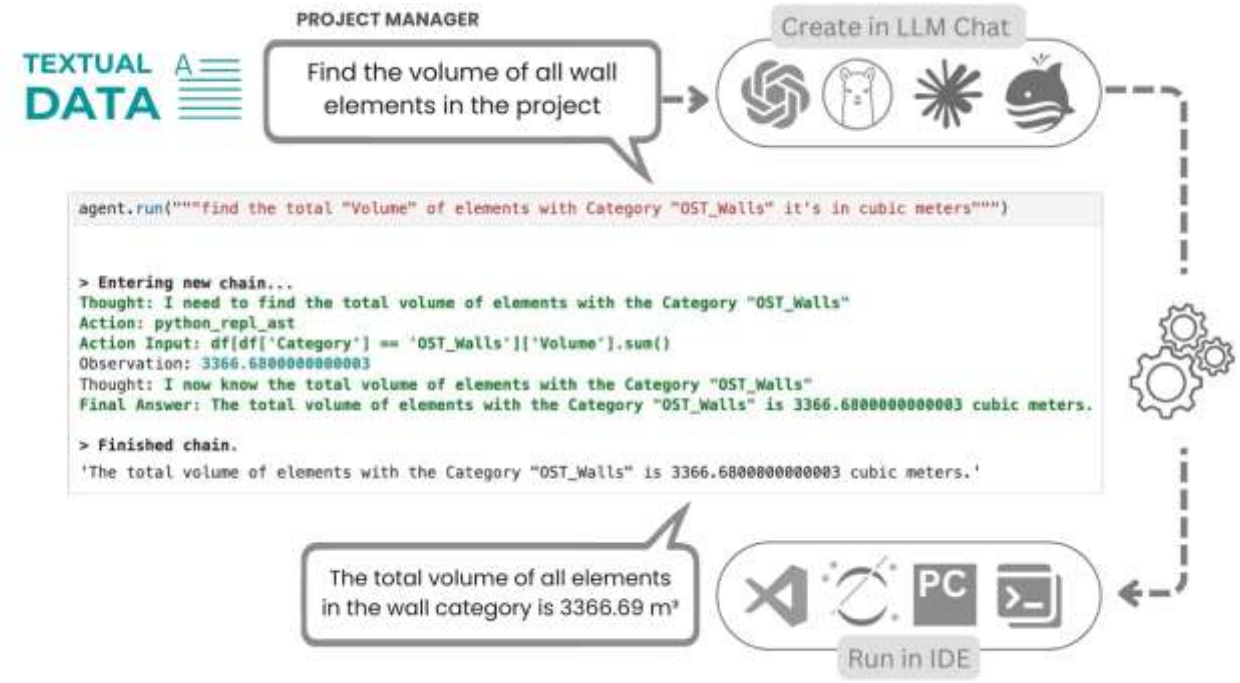


Şekil 5.2-7 SQL, Pandas ve LLM kullanarak veri işleme otomasyonu artık birkaç satır kod ve metin sorgusu ile mümkün.

LLM araçlarını (ChatGPT, LLaMa, Mistral, Claude, DeepSeek, QWEN, Grok) kullanarak CAD verilerinden QTO elde etmek, bireysel nesneler ve nesne grupları için öznitelik bilgilerini, nicel ve hacimsel verileri çıkarmanın geleneksel yöntemlerini önemli ölçüde değiştirir.

> Artık derin bir tasarım bilgisine sahip olmayan ve özel CAD yazılımına sahip olmayan proje yöneticileri, maliyetlendirme veya lojistik uzmanları bile - (BIM-) satıcıları, CAD veritabanına erişerek, sadece bir sorgu yazarak veya dikte ederek duvar veya diğer nesneler kategorisindeki öğelerin toplam hacmini birkaç saniye içinde alabilirler.

Metin sorgularında (Şekil 5.2-8) modelin LLM ajanı kullanıcının bir veya daha fazla parametreye - tablonun sütunlarına - belirli bir fonksiyon uygulama talebini işlerSonuç olarak, LLM ile iletişim halindeki kullanıcı ya yeni değerlere sahip yeni bir sütun parametresi ya da gruplandırmadan sonra belirli bir değer alır



Şekil 5.2-8 LLM modeli, yapılandırılmış verilerle çalışırken, bir metin sorgusunun bağlamından kullanıcının hangi gruplama ve nitelikleri sorduğunu anlar.

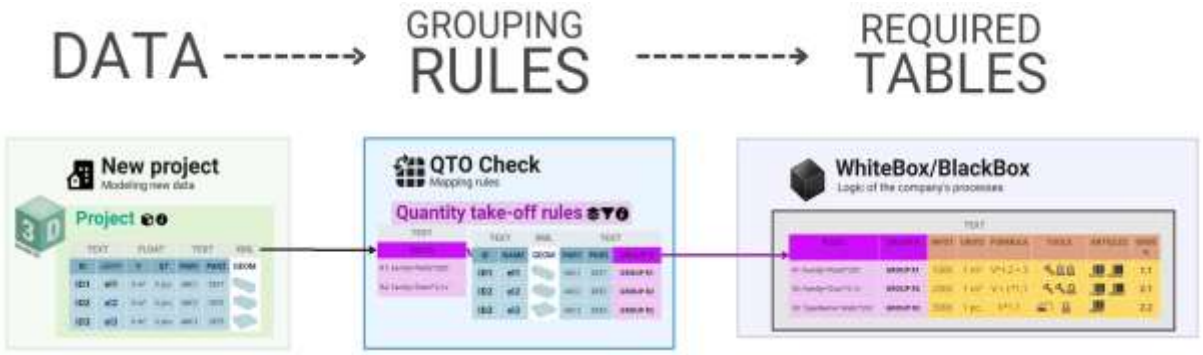
Sadece bir grup eleman için miktarların elde edilmesi gerekiyorsa, CAD model verileri üzerinde basit bir QTO sorgusu (Şekil 5.2-7) gerçekleştirmek yeterlidir. Bununla birlikte, birçok eleman grubundan oluşan bir projenin tamamı için bir bütçe veya tahmin hesaplarken, genellikle tüm eleman türleri (sınıflar0 için miktarların çıkarılması gerekir; burada her eleman kategorisi, ilgili niteliklere göre gruplandırılarak ayrı ayrı işlenir.

Tahminciler ve değerlendiricilerin uygulamalarında, farklı nesne türleri için ayrı gruplama ve hesaplama kuralları kullanılır. Örneğin, pencereler genellikle katlara veya bölgelere göre (gruplama parametresi - nitelik Seviye, Odalar) ve duvarlar - malzeme veya inşaat türüne göre (parametre Malzeme, Tür) gruplandırılır. Gruplama işlemini otomatikleştirmek için, bu tür kurallar adresinde gruplama kuralı

tabloları şeklinde önceden tanımlanır. Bu tablolar, projedeki her bir eleman grubu için hesaplamalarda hangi niteliklerin kullanılması gerektiğini tanımlayan yapılandırma şablonları olarak işlev görür.

QTO bir Excel elektronik tablosundan grup kurallarını kullanarak tüm projenin hesaplanması

Gerçek inşaat projelerinde, genellikle bir grup eleman içinde aynı anda birkaç özniteliğe göre toplama yapmak gerekir. Örneğin, "Pencereler" kategorisiyle çalışırken (Kategori özniteliğinin OST_Windows veya IfcWindows gibi değerler içerdiği durumlarda), elemanlar yalnızca türe göre değil - örneğin, Tür Adı veya Tür alanındaki değere göre - aynı zamanda ilgili öznitelikte belirtilen termal iletkenlik seviyesi gibi ek özelliklere göre de gruplandırılabilir. Bu çok boyutlu gruplama, belirli bir grup için daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar. Benzer şekilde, duvar veya zemin kategorileri hesaplanırken, malzeme, seviye, zemin, yangına dayanıklılık ve diğer parametreler gibi niteliklerin rastgele kombinasyonları filtre veya gruplama kriteri olarak kullanılabilir (Şekil 5.2-9).



Şekil 5.2-9 Bir projedeki her grup veya varlık kategorisi için bir veya daha fazla kriterden oluşan farklı bir gruplama formülü vardır.

Bu tür gruplama kurallarının tanımlanması süreci, veri modelleriyle çalışmayı ayrıntılı olarak ele aldığımız "Gereksinimlerin Oluşturulması ve Kalite Kontrolü veri " (Şekil 4.4-5) bölümünde açıklanan veri gereksinimlerinin oluşturulması sürecine benzer. Bu tür gruplama ve hesaplama kuralları, hesaplamalarda ve hesaplamalarda dikkate alınması gereken tüm gerekli koşulları dikkate alarak, bir varlık kategorisinin miktarının veya hacminin toplam niteliklerini otomatik olarak hesaplamak için sonuçların doğruluğunu ve uygunluğunu sağlar.

- Aşağıdaki kod örneği, projeler tablosunu filtreler, böylece elde edilen veri kümesi yalnızca "Kategori" öznitelik sütunu "OST_Windows" veya "IfcWindows" değerlerini içeren ve aynı zamanda "Tür" öznitelik sütunu "Tür 1" değerini içeren varlıkları içerir:

> Bir DataFrame projem var - verileri, yalnızca "OST_Windows" veya "IfcWindows" değerlerini içeren "Category" özniteliğine sahip olan ve aynı zamanda Type özniteliğinde "Type 1 değeri bulunan öğeler veri kümesinde kalacak şekilde filtreleyin ⏎

- LLM'nin yanıtı:

Şekil 5.2-10 Excel formülüne benzer tek bir kod satırı, tüm proje varlıklarını çeşitli niteliklere göre gruplandırmanıza olanak tanır.

CAD verilerinin yapılandırılmış açık formatlara çevrilmesinden sonra ortaya çıkan kod (Şekil 5.2-10) (Şekil 4.1-13) çevrimdışı modda yukarıda bahsettiğimiz popüler IDE'lerden (entegre geliştirme ortamları) birinde çalıştırılabilir: PyCharm, Visual Studio Code (VS Code), Jupyter Notebook, Spyder, Atom, Sublime Text, PyDev eklentili Eclipse, Thonny, Wing IDE, Python eklentili IntelliJ IDEA, JupyterLab veya popüler çevrimiçi araçlar: Kaggle.com, Google Collab, Microsoft Azure Notebooks, Amazon SageMaker.

- QTO DataFrame formunda "Windows" kategorisi altında yalnızca belirli bir termal iletkenlik değerine sahip proje varlıklarını almak için LLM adresinde aşağıdaki sorguyu kullanabiliriz:

> Bir DataFrame projem var - verileri yalnızca "Kategori" içeren "OST_Windows" veya "IfcWindows" değerlerine sahip kayıtlar veri kümesinde kalacak şekilde filtreleyin ve aynı zamanda ThermalConductivity sütunu 0, değerine sahip olmalıdır ⏎

- LLM'nin yanıtı:

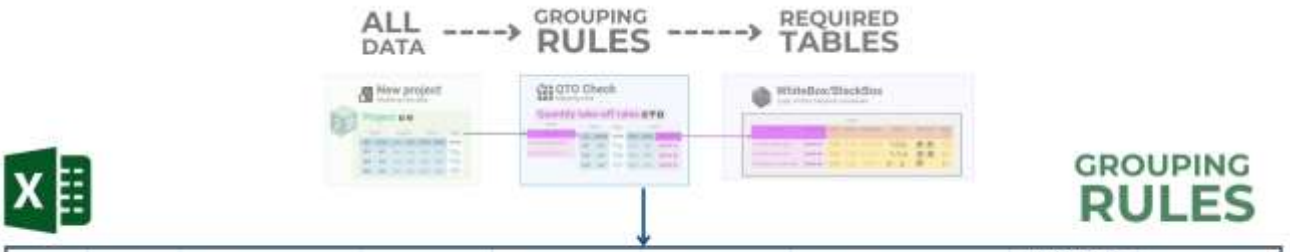
Şekil 5.2-11 Son derece basit Pandas sorgu dili Python aynı anda herhangi bir sayıda proje için QTO'ları çalıştırmanıza olanak tanır.

LLM adresinden alınan yanıtta (Şekil 5.2-11), "&" mantıksal koşulu iki kriteri birleştirmek için kullanılır: termal iletkenlik değeri ve iki kategoriden birine ait olma. "isin" yöntemi, "Kategori" öznitelik sütununun değerinin sağlanan listede yer alıp almadığını kontrol eder.

Farklı gruplama mantığına sahip çok sayıda eleman grubuna sahip projelerde - her bir proje varlığı kategorisi için (örneğin: pencereler, kapılar, döşemeler) ek katsayılar veya toplam öznitelik hesaplama formülleri içerebilen ayrı gruplama kuralları oluşturulmalıdır. Bu formüller (Şekil 5.2-12 öznitelik "formel", örneğin x-metraj değeri ve y-grup hacmi) ve katsayılar, örneğin her grubun kendine özgü özelliklerini dikkate alır:

- Aşımları hesaba katmak için malzeme hacmine% ilaveler
- sabit ek malzeme miktarı
- olası risklere ve formül şeklindeki hesaplama hatalarına ilişkin düzeltmeler

Filtreleme ve gruplama kuralları her bir kalem kategorisi için parametre formülleri şeklinde formüle edildikten sonra, bunlar satır satır bir tablo olarak, örneğin Excel formatında saklanabilir (Şekil 5.2-12). Bu kuralların yapılandırılmış bir biçimde saklanmasıyla, proje verilerinin çıkarılması, filtrelenmesi ve gruplandırılması süreci tamamen otomatik hale getirilebilir. Birçok ayrı sorguyu manuel olarak yazmak yerine, sistem sadece parametre tablosunu okur ve uygun kuralları modele (genel proje veri çerçevesi (Şekil 4.1-13)) uygulayarak her bir proje öğesi kategorisi için nihai QTO tabloları oluşturur.



pos	code	description	Parametr 1	Expression1	Parametr 2	Expression2	Aggregate Parameter	formel
F1	3	Walls						
W1.1	3.1.1	Interior - 165	Category	OST_Walls	Type Name	Interior - 165*	Area	x*1.5+y*0.1
W1.2	3.1.2	SIP Wall 202mm	Category	OST_Walls	Type Name	SIP 202mm Wall*	Volume	x/1.2-y+0.4
W1.3	3.1.2	CL W1	Category	OST_Walls	Type Name	CL_W1*	Area	x*0.5*y+2
W2.1	3.2.2	Retaining 300mm	Category	OST_Walls	Type Name	Retaining - 300mm*	Volume	x*1.1+8+y*0.2

Şekil 5.2-12 QTO Öznitelik Gruplandırma Tablosu proje unsurlarının gruplandırılması için kurallar oluşturarak her kategori için doğru bir toplam sayı ve kapsam sağlar.

Toplanan kurallar, tüm projeyi gruplandırmanıza ve hacim özelliklerinde ayarlamalar da dahil olmak üzere gerekli tüm hesaplamaları gerçekleştirmenize olanak tanır. Sonuç olarak, hacimler CAD modelinde başlangıçta tasarım aşamasında olanlara değil, hesaplamalar ve hesaplamalar için kullanılan "gerçek hacme" getirilir.

> Tüm proje için QTO hacim tablolarını otomatik olarak oluşturma sürecinde, uygulama gruplama kuralları tablosunun tüm kategorilerini gözden geçirmeli, gruplama niteliklerini almalı, tüm proje unsurlarını bunlara göre gruplamalı ve bu grup için hacim niteliğini toplamalı, ayrıca bunu bir arıtma faktörü veya katsayısı ile çarpmalıdır.

LLM adresinden böyle bir çözüm için bizim için kod yazmasını isteyelim; kodun iki tablo yüklemesi gerekecektir - bir gruplama kuralları tablosu (Şekil 5.2-12) ve projenin kendisinden bir veri tablosu (Şekil 4.1-13) ve ardından gruplama kurallarını uygulamak, öğeleri verilen kurallara göre gruplamak, toplu değerleri hesaplamak ve sonuçları yeni bir Excel dosyasına kaydetmek.

- LLM sohbetine bir metin isteği gönderin:

> 'basic_sample_project.xlsx' dosyasından proje verilerini okumak ve ardından 'Grouping_rules_QTO.xlsx' dosyasından tüm verileri 'Parametre 1' ve 'Parametre 2' ile gruplamak, 'Aggregate Parameter' ile toplamak, 'Expression2' ile filtrelemek, 'Formel1'den hesaplamalar yapmak ve QTO tablosunu 'QTQ_table2.xlsxdosyasına kaydetmek için koda ihtiyacım var ⏎

- LLM'nin yanıtı:

Create in LLM Chat

Validation.py

```python
import pandas as pd

# Reading CSV and Excel files with project data and grouping rules respectively
df = pd.read_csv('../input/rac_basic_sample_project.xlsx', low_memory=False)
df_qto = pd.read_excel('../input//Grouping_rules_QTO.xlsx', header=0, skiprows=[1])

# Cleaning numerical columns in the dataframe by removing non-numeric characters
numeric_cols = ['Area', 'Volume', 'Depth', 'Width', 'Length', 'Perimeter']
df[numeric_cols] = df[numeric_cols
].apply(lambda col: pd.to_numeric(col.astype(str).str.extract('(\d+.\d+)')[0].fillna(0)))

# Define a function to process each row in the grouping rules dataframe
def process_row(row):
    # Group by specified parameters and calculate sum and count for the aggregate parameter
    group = df.groupby([row["Parameter 1"], row["Parameter 2"]
    ])[row["Aggregate Parameter"]].agg(['sum', 'count'])
    group = group[group.index.get_level_values(1).str.contains(row["Expression2"], regex=True)]

    # Perform calculation defined in the rules
    group['After Calculation'] = eval(row["formel"], {'x': group['sum'], 'y': group['count']})
    return group.reset_index()

# Apply the function to each row in the grouping rules dataframe and concatenate the results
dfgroups = pd.concat([process_row(row) for _, row in df_qto.iterrows()]).reset_index(drop=True)

# Save the processed data to an Excel file using the OpenPyXL engine
dfgroups.to_excel('QTO_table2.xlsx', engine='openpyxl', index=False)
```

Run in IDE

Şekil 5.2-13 Python kodu Pandas bir CAD projesinden gelen tasarım verilerini Excel 'de tanımlanan kurallara göre gruplandırarak işler.

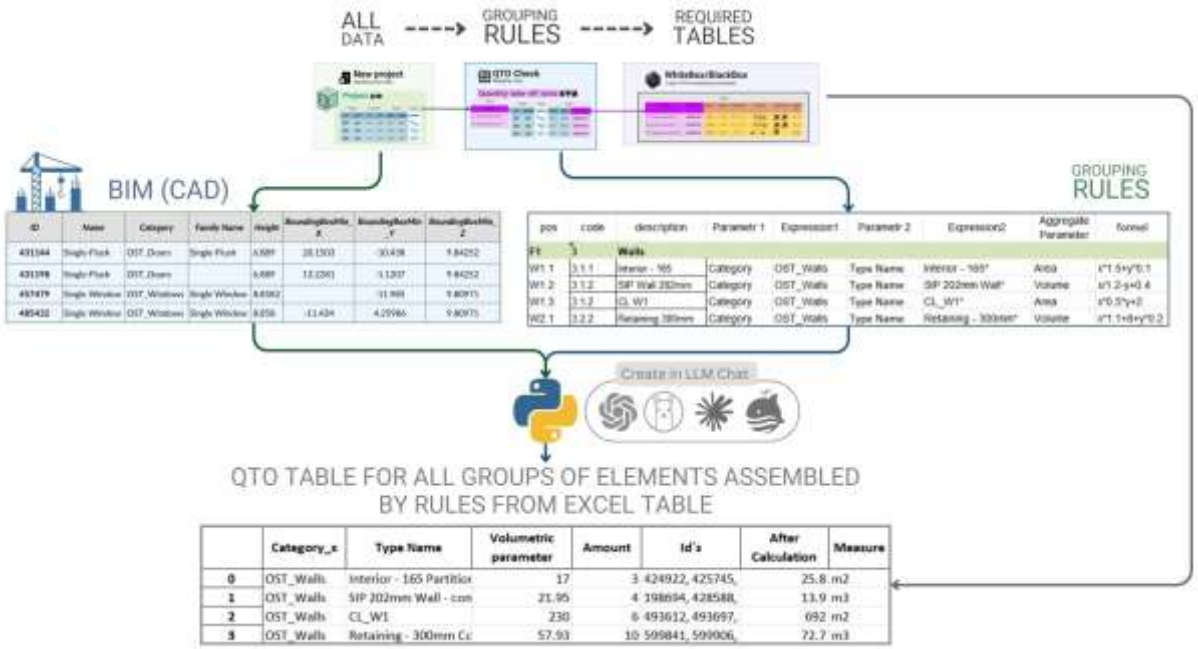
Kod uygulamasının nihai sonucu (Şekil 5.2-13), yalnızca orijinal CAD- (BIM-) modelinden genelleştirilmiş hacim niteliklerini değil, aynı zamanda hesaplamalarının ve tahminlerinin doğru oluşturulması için tüm gereksinimlerini dikkate alan yeni bir gerçek hacim niteliğini de içeren bir varlık grubu tablosu olacaktır (Örnek Şekil 5.2-14).

QTO TABLE FOR ALL GROUPS OF ELEMENTS
ASSEMBLED BY RULES FROM EXCEL TABLE

	Category_x	Type Name	Volumetric parameter	Amount	Id´s	After Calculation	Measure
0	OST_Walls	Interior - 165 Partitior	17	3	424922, 425745,	25.8	m2
1	OST_Walls	SIP 202mm Wall - con	21.95	4	198694, 428588,	13.9	m3
2	OST_Walls	CL_W1	230	6	493612, 493697,	692	m2
3	OST_Walls	Retaining - 300mm Cc	57.93	10	599841, 599906,	72.7	m3

Şekil 5.2-14 "Hesaplamadan Sonra" niteliği, gerçek hacmi otomatik olarak hesaplayacak kod yürütüldükten sonra özet tablosuna eklenir.

Elde edilen kod (Şekil 5.2-13) popüler IDE'lerden birinde (yukarıda bahsettiğimiz) çalıştırılabilir ve mevcut veya yeni gelen herhangi bir sayıda projeye (RVT, IFC, DWG, NWS, DGN vb.) uygulanabilir, ister birkaç proje isterse yapılandırılmış bir biçimde farklı formatlarda yüzlerce proje olsun (Şekil 5.2-15).



Şekil 5.2-15 Otomatik inşaat verileri gruplama süreci, BIM verilerini (CAD) bir Excel elektronik tablosundaki kurallar aracılığıyla QTO tablolarına bağlar.

Özelleştirilmiş ve parametrelendirilmiş hacimsel veri toplama süreci (Şekil 5.2-15), maliyet tahmini, lojistik, iş programları ve karbon ayak izi hesaplaması ve diğer analitik görevler de dahil olmak üzere proje unsurlarının nicel nitelikleri ve hacimleri ile ilgili verilerin tam otomatik olarak toplanmasını sağlar.

Proje öğeleri gruplarını belirli özelliklere göre kolayca düzenlememize ve gruplandırmamıza olanak tanıyan araçları öğrendikten sonra, artık gruplandırılmış ve filtrelenmiş projeleri çeşitli şirket hesaplamaları ve iş senaryolarıyla entegre etmeye hazırız.

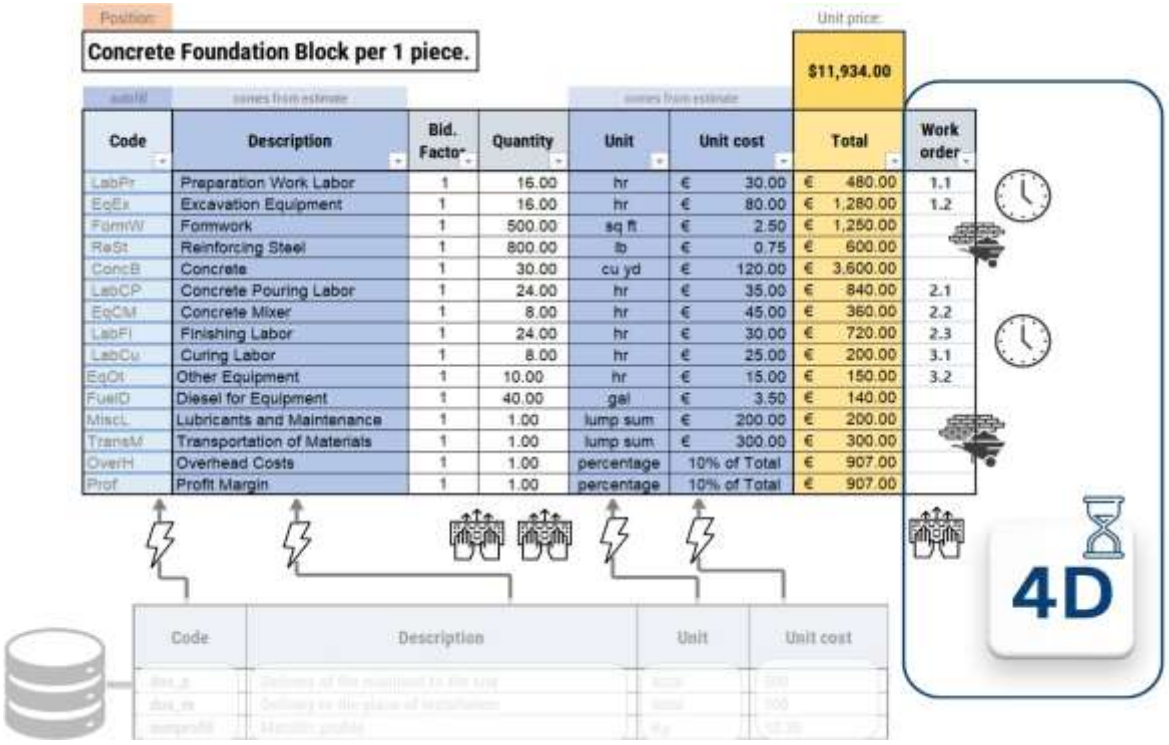
BÖLÜM 5.3.

4D, 6D -8D VE KARBONDIOKSIT EMISYONLARININ HESAPLANMASI CO_2

4D modeli: inşaat tahminlerine zamanın entegre edilmesi

Maliyetlendirmeye ek olarak, tasarım verilerinin inşaat alanındaki en önemli uygulamalarından biri, hem münferit inşaat işlemleri hem de tüm proje için zaman parametrelerinin belirlenmesidir. "İnşaat Projeleri için Hesaplamalar ve Tahminler" başlıklı bir önceki bölümde ayrıntılı olarak ele alınan kaynak tabanlı tahmin yöntemi ve ilgili hesaplama veritabanı, genellikle zamanın otomatik olarak hesaplanması ve işin yürütülmesi için bir program oluşturulması için bir temel olarak kullanılır.

Kaynak temelli yaklaşım sadece malzeme maliyetlerini değil zaman kaynaklarını da dikkate alır. Maliyetlendirmede her bir sürece bir iş emri niteliği (Şekil 5.3-1 - İş emri parametresi) ve bu sürecin yürütülmesiyle ilişkili zaman ve maliyet miktarı atanabilir. Bu parametreler, sabit bir piyasa fiyatı olmayan ve doğrudan satın alınamayan - inşaat ekipmanı kullanımı, işçi istihdamı veya lojistik süreçler (genellikle normal olarak saat cinsinden ifade edilir) gibi - işlemleri tanımlamak için özellikle önemlidir. Bu gibi durumlarda maliyet, satın alma departmanı tarafından değil, doğrudan uygulayıcı şirket tarafından iç normlara veya üretim oranlarına göre belirlenir (Şekil 5.3-1).



Şekil 5.3-1 Kaynak temelli tahmin yönteminde iş hesaplamaları, çalışma saatlerinin zamanlamasını içerir.

Dolayısıyla, maliyetlendirme düzeyindeki hesaplamalar yalnızca yakıt ve malzeme maliyetlerini (satın

alma maliyeti) değil, aynı zamanda sürücülerin, teknisyenlerin ve yardımcı işçilerin sahada harcadıkları zamanı da içerir. Verilen örnekte (Şekil 5.3-1), maliyet tablosu, hazırlık, çerçeve montajı ve beton dökümü gibi işin kurucu aşamalarının yanı sıra gerekli malzeme ve işçiliği de içeren bir temel bloğunun kurulum maliyetinin hesaplanmasıdır. Ancak, hazırlık çalışmaları gibi münferit işlemlerin malzeme maliyeti olmayabilir, ancak adam-saat cinsinden ifade edilen önemli geçici işçilik maliyetleri içerebilir.

Şantiyedeki iş sırasını (iş programı için) planlamak için, "İş emri" niteliği hesaplama tablosuna manuel olarak eklenir (Şekil 5.3-1). Bu nitelik, yalnızca ölçü birimi zaman (saat, gün) olarak ifade edilen öğeler için ek bir sütunda belirtilir. Bu özellik iş kodu, açıklama, miktar, ölçü birimi ("Birim" parametresi) ve maliyetlere ek olarak verilir. Faaliyetlerin sayısal sırası ("İş sırası" parametresi), şantiyede görevlerin gerçekleştirilme sırasını belirlemenize ve bunu programlama için kullanmanıza olanak tanır.

İnşaat programı ve maliyetlendirme verilerine dayalı otomasyonu

İnşaat programı, proje uygulamasının bir parçası olarak gerçekleştirilecek iş planının ve süreçlerin görsel bir temsilidir. Detaylı kaynak hesaplamaları temelinde oluşturulur (Şekil 5.3-1), burada her bir görev-iş, kaynak maliyetine ek olarak, zaman ve sıraya göre planlanır.

Zaman tahminlerinin malzeme veya ekipman kurulumu için tipik saatlere dayandığı ortalama yaklaşımlarının aksine, kaynak bazlı yöntemde planlama, maliyetlendirmedeki gerçek verilere dayanır. İşçilik maliyetlerine ilişkin tahminin her bir kalemi, çalışma dönemi boyunca kaynak kullanımının gerçek koşullarını dikkate alan uygulanan takvime dayanmaktadır. Maliyetlendirme düzeyinde katsayılar aracılığıyla üretken saatlerin ayarlanması (Şekil 5.3-1 "Teklif Faktörü" parametresi), üretkenlikteki farklılıkların ve işin zamanlamasını etkileyen mevsimsel özelliklerin dikkate alınmasını mümkün kılar.

Gantt şemasındaki inşaat programı için süreç başlangıç ve bitiş tarihlerini belirlemek üzere, temel blok maliyetlendirmesinden her bir kalem için zaman miktarı niteliğinin değerlerini alır ve bunları blok sayısıyla (bu durumda beton temel bloklarının sayısı) çarparız. Bu hesaplama her bir görevin süresini verir. Daha sonra bu süreleri proje başlangıç tarihinden başlayarak bir zaman çizelgesi üzerinde çizerek bir grafik oluşturuyoruz ve sonuçta her bir görevin ne zaman başlayıp ne zaman bitmesi gerektiğini gösteren görsel bir temsil elde ediyoruz. Süreçler için "İş sırası" parametresi ayrıca iş sürecinin paralel olarak mı ("İş sırası" örn. 1.1-1.1) yoksa sıralı olarak mı (1.1-1.2) çalıştığını anlamamızı sağlar.

> **Gantt Şeması**, görevleri bir zaman çizelgesi üzerinde yatay çubuklar olarak temsil eden planlama ve proje yönetimi için grafiksel bir araçtır. Her çubuk görevin süresini, başlangıcını ve bitişini temsil eder.

Bir program veya Gantt şeması, proje yöneticilerinin ve çalışanların inşaatın çeşitli aşamalarının ne zaman ve hangi sırayla gerçekleştirilmesi gerektiğini açıkça anlamalarına yardımcı olarak kaynakların verimli kullanılmasını ve son teslim tarihlerine uyulmasını sağlar.

Yukarıdaki tablodaki hesaplamaları kullanarak üç beton temel bloğunun montajı için bir zaman çizelgesi sunalım. Yukarıdaki örnekteki maliyet tablosunu (Şekil 5.3-1) kullanarak, LLM adresinden 3

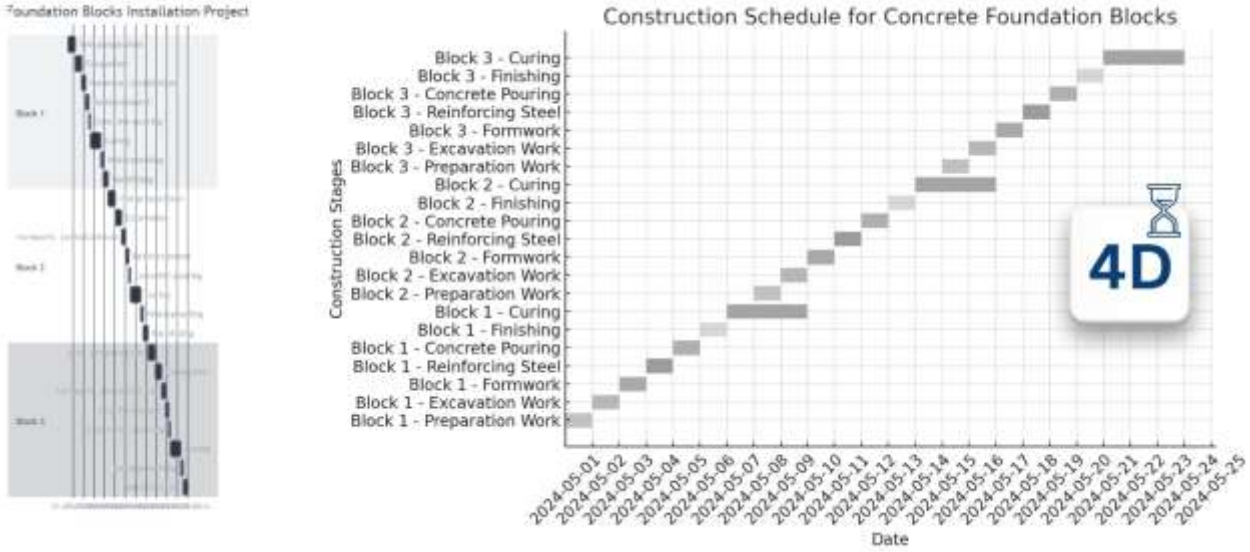
temel blok elemanının kurulumunu, örneğin 2024 yılının Mayıs ayının ilk günü için planlamasını isteyin.

LLM'ye bir maliyetlendirme göndermek için, maliyetlendirme tablosunu XLSX formatında yükleyebilir veya maliyetlendirmenin JPEG görüntüsünün ekran görüntüsünü doğrudan LLM sohbetine ekleyebiliriz (Şekil 5.3-1). LLM, tablo görüntüsünü görselleştirmek için bağımsız olarak bir kütüphane bulacak ve tablodaki faaliyetlerin zaman niteliklerini hacimleriyle çarparak tüm verileri bir grafiğe ekleyecektir.

- LLM adresine bir metin isteği gönderin:

> Zamanla ilgili tablodaki değerleri kullanarak (Şekil 5.3-1 ekte JPEG olarak) 3 temel bloğunun montajı için Gantt şeması şeklinde bir iş programı oluşturun. Her bir blok için çalışmalar sırayla gerçekleştirilecektir. Çalışmaların başlangıcı 01/05/2024 olarak belirlenecektir. ⏎

- LLM'nin yanıtı



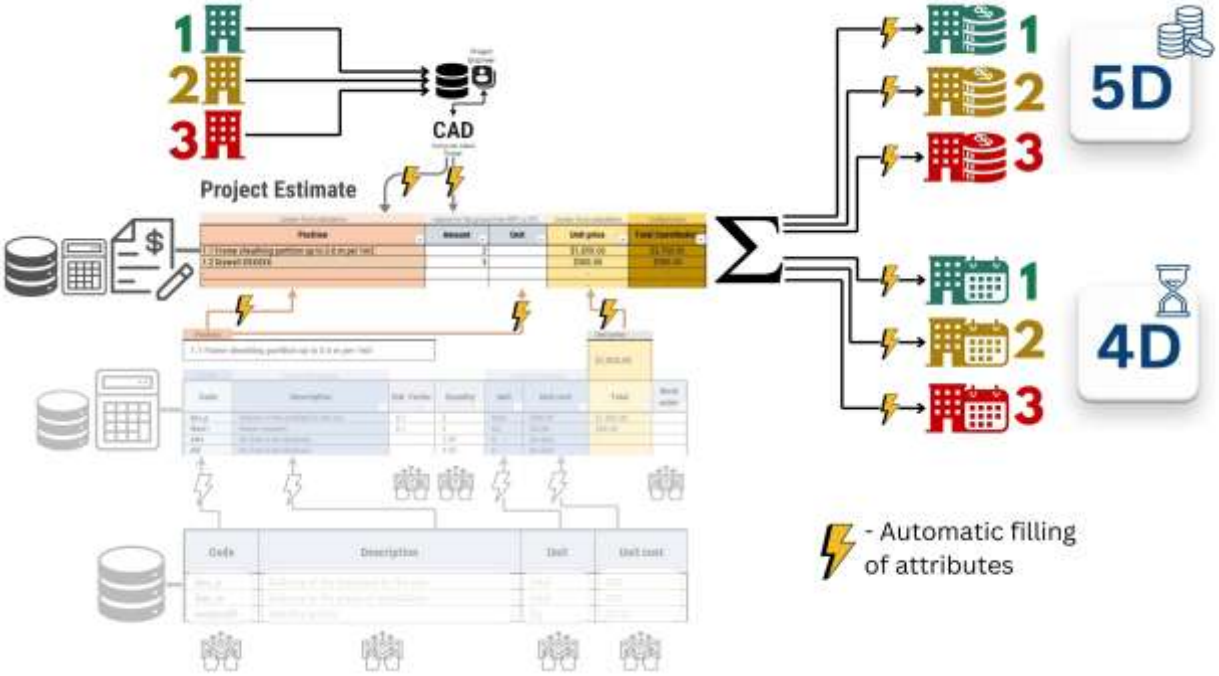
Şekil 5.3-2 Birkaç LLM tarafından otomatik olarak oluşturulan Gantt şeması, istemdeki koşullara göre üç beton bloğun yapım aşamalarını göstermektedir.

Ortaya çıkan grafik (Şekil 5.3-2), her bir yatay çubuğun temel bloğu üzerindeki çalışmanın belirli bir aşamasına karşılık geldiği ve hazırlık, kazı, kalıp montajı, takviye, beton dökümü ve bitirme gibi işlemlerin sırasını ("İş sırası" parametresi) gösteren bir zaman diyagramıdır, yani hesaplamalarda zaman parametrelerini ve sırasını dolduran işlemler.

Böyle bir program (Şekil 5.3-2) çalışma günleri, vardiyalar veya çalışma süresi standartlarıyla ilgili kısıtlamaları dikkate almaz, sadece sürecin kavramsal olarak görselleştirilmesine yöneliktir. İşin paralelliğini yansıtacak doğru bir çizelge, sohbet odası içinde uygun ipuçları veya ek talimatlarla desteklenebilir

Tek bir maliyetlendirme kullanarak (Şekil 5.3-1), 3D -geometriden alınan hacim özellikleri sayesinde,

otomatik tahminleri aracılığıyla hem proje maliyetini otomatik olarak tahmin etmek hem de aynı zamanda farklı proje varyantları için tablolar veya grafikler şeklinde grupların zaman özelliklerini hesaplamak mümkündür (Şekil 5.3-3).



Şekil 5.3-3 Otomatik hesaplama, farklı proje seçenekleri için anlık ve otomatik maliyet ve zaman tahminine olanak tanır.

CAD modellerinden veri yükleyen modern modüler ERP sistemleri (Şekil 5.4-4), karar verme sürecini önemli ölçüde azaltan benzer otomatik zaman hesaplama yöntemlerini kullanır. Bu, iş programlarını anında ve doğru bir şekilde planlamanıza ve gerçek fiyatları dikkate alarak proje gerçekleştirmedeki tüm görevleri tamamlamak için gereken toplam süreyi hesaplamanıza olanak tanır.

Genişletilmiş özellik katmanları 6D -8D: enerji verimliliğinden güvenlik güvencesine

6D, 7D ve 8D genişletilmiş bilgi modelleme seviyeleridir ve her biri kapsamlı proje bilgi modeline ek nitelik katmanları ekler, bunların temeli sayıları ve kapsamları ile 3D modelinin nitelikleridir. Her ek katman, örneğin mülk yönetim sistemleri (PMS), bilgisayar destekli tesis yönetimi (CAFM), inşaat proje yönetimi (CPM) ve güvenlik yönetim sistemleri (SMS) gibi diğer sistemlerde daha fazla gruplandırma veya daha fazla tanımlama için gerekli olan belirli parametreleri sunar.

Şekil 5.3-4 veri bilgi modelindeki 6D, 7D ve 8D öznitelikleri, enerji verimliliğinden güvenliğe kadar projenin çeşitli yönlerinin dikkate alınmasını sağlar.

- **6D** 'da, elemanların geometrik ve hacimsel özelliklerini içeren proje veritabanına (veya veri çerçevesine (Şekil 4.1-13)) ek olarak, çevresel sürdürülebilirlikle ilgili bilgiler (öznitelik sütunları) eklenir. Bu, enerji verimliliği, karbon ayak izi, malzemelerin geri dönüştürülebilirliği ve çevre dostu teknolojilerin kullanımı ile ilgili bilgileri içerir. Bu veriler, projenin çevresel etkisinin değerlendirilmesine, proje kararlarının optimize edilmesine ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH) ulaşılmasına olanak tanır.
- **7D** nitelikleri bina bakımını yönetmek için gereken nitelikleri tamamlar. Bunlar bakım programları, bileşen yaşam döngüleri, teknik dokümantasyon ve onarım geçmişine ilişkin verilerdir. Bu bilgi seti, modelin bakım sistemleriyle (CAFM, AMS) entegre edilebilmesini sağlar, bakımın verimli bir şekilde planlanmasına, ekipmanın değiştirilmesine olanak tanır ve tesisin tüm yaşam döngüsü boyunca destek sağlar.
- **8D** ek nitelik katmanı, - hem inşaat aşamasında hem de sonraki işletme sırasında güvenlikle ilgili bilgileri içerir. Model, personel güvenlik önlemlerini, acil durum talimatlarını, tahliye sistemlerini ve yangından korunma gerekliliklerini içerir. Bu verilerin dijital modele entegre edilmesi, risklerin önceden dikkate alınmasına ve sağlık ve güvenlik gereksinimlerini dikkate alan mimari, mühendislik ve organizasyonel çözümlerin geliştirilmesine yardımcı olur.

Yapılandırılmış tablo biçiminde, 4D ila 8D katmanları, isim, kategori, tip ve hacimsel özellikler gibi halihazırda doldurulmuş 3D model özniteliklerine eklenen doldurulmuş değerlere sahip sütunlar biçimindeki ek öznitelikleri temsil etmektedir (Şekil 5.3-5). 6D, 7D ve 8D öznitelik katmanlarındaki değerler, geri dönüşüm yüzdesi, karbon ayak izi, garanti süresi, değiştirme döngüsü, kurulum tarihi, güvenlik protokolleri vb. gibi ek metinsel ve sayısal veriler içerir.

ID	Type Name	Width	Length	Recyclability	Carbon Footprint	Warranty Period	Replacement Cycle	Maintenance Schedule	Installation Date	Wellbeing Factors	Safety Protocols
W-NEW	Window	120 cm	-	90%	1622 kgCO2e	8 years	20 years	Annual	-mon	XYZ Windows	ISO 45001
W-OLD1	Window	100 cm	140 cm	90%	1522 kgCO2e	8 years	15 years	Biannual	08/22/2024	XYZ Windows	OSHA Standard
W-OLD2	Window	110 cm	160 cm	90%	1522 kgCO2e	-	15 years	Biannual	08/24/2024	????	OSHA Standard
D-122	Door	90 cm	210 cm	100%	1322 kgCO2e	15 years	25 years	Biennial	08/25/2024	Doors Ltd.	OSHA Standard

Şekil 5.3-5 6D -8D 3B modelinden geometrik ve hacimsel öznitelikleri zaten içeren veri bilgi modeline öznitelik katmanları ekleyin.

Yeni penceremiz için (Şekil 4.4-1), W-NEW tanımlayıcısına sahip eleman (Şekil 5.3-5) aşağıdaki 3D -8D niteliklerine sahip olabilir:

3D -özellikler - CAD sistemlerinden elde edilen geometrik bilgiler:

- "Tür adı" - "Pencere" öğesi
- "Genişlik" - 120 cm
- Ayrıca, bir elemanın "Bounding Box " noktalarını veya "geometry BREP / MESH " öğesini ayrı bir nitelik olarak ekleyebilirsiniz

6D'nin nitelikleri - çevresel sürdürülebilirlik:

- Geri dönüşüm oranı yüzde 90
- "Karbon ayak izi - 1.622 kg CO_2

Öznitelikler 7D - nesne yönetimi verileri:

- "Garanti süresi" - 8 yıl
- "Değiştirme Döngüsü" 20 yaşında
- "Bakım" - yıllık olarak gereklidir

8D'nin nitelikleri - binaların güvenli kullanımını ve işletilmesini sağlamak:

- Yüklendi" penceresi - "XYZ Windows" şirketi tarafından
- "Güvenlik Standardı" - ISO 45001 ile uyumludur

Bir veri tabanına veya veri setine (Şekil 5.3-5) kaydedilen tüm parametrelere farklı departmanlardaki uzmanlar tarafından gruplama, arama veya hesaplamalar için ihtiyaç duyulur. Proje nesnelerinin bu tür çok boyutlu öznitelik tabanlı bir tanımı, yaşam döngülerinin, operasyonel gereksinimlerinin ve proje tasarımı, inşaatı ve işletimi için gerekli diğer birçok hususun tam bir resmini sağlar.

CO_2'nin tahmin edilmesi ve inşaat projelerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının hesaplanması

Aşama 6D'deki inşaat projelerinin sürdürülebilirliği konusunun yanı sıra (Şekil 5.3-5), modern inşaat, projelerin çevresel sürdürülebilirliğine odaklanmaktadır; burada kilit unsurlardan biri, bir projenin yaşam döngüsü aşamalarında (örneğin imalat ve kurulum) meydana gelen karbondioksit CO_2 emisyonlarının değerlendirilmesi ve en aza indirilmesi haline gelmektedir.

> Yapı malzemelerinin karbon emisyonlarının tahmin edilmesi ve hesaplanması, bir projede kullanılan bir elemanın veya eleman grubunun hacimsel özelliklerinin kategori için uygun bir karbon emisyon faktörü ile çarpılarak toplam karbon emisyonlarının belirlendiği bir süreçtir.

İnşaat projelerinin değerlendirilmesinde karbon emisyonlarının daha geniş kapsamlı ESG kriterlerinin (çevresel, sosyal ve yönetişim) bir parçası olarak dikkate alınması, analize yeni bir karmaşıklık düzeyi eklemektedir. Bu, LEED® (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik), BREEAM® (Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi) veya DGNB® (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) gibi ilgili sertifikaların alınmasında müşteri-yatırımcı için özellikle önemlidir. Bu sertifikalardan birinin alınması, bir mülkün pazarlanabilirliğini önemli ölçüde artırabilir, işletmeye almayı kolaylaştırabilir ve sürdürülebilirlik odaklı kiracıların (ESG) gereksinimlerine uygunluğu sağlayabilir. Proje gereksinimlerine bağlı olarak HQE (Haute Qualité Environnementale, Fransız yeşil bina standardı), WELL (WELL Building Standard, kullanıcı sağlığı ve konforuna odaklanır) ve GRESB (Global Real Estate Sustainability Benchmark) de kullanılabilir

> Çevresel, sosyal ve yönetişim **ESG** (çevresel, sosyal ve yönetişim), bir işletmenin kurumsal yönetimini, sosyal ve çevresel etkilerini hem dahili hem de harici olarak değerlendirmek için kullanılabilecek geniş bir ilkeler bütünüdür.

İlk olarak 2000'li yılların başında finansal fonlar tarafından yatırımcılara geniş çevresel, sosyal ve yönetişim kriterleri hakkında bilgi sağlamak amacıyla geliştirilen ESG, inşaat projeleri de dahil olmak üzere hem şirketlerin hem de projelerin değerlendirilmesinde kilit bir gösterge haline gelmiştir. Büyük danışmanlık firmaları tarafından yapılan araştırmalara göre, çevresel, sosyal ve yönetişim (ÇSY) konuları inşaat sektörünün ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

> EY (2023) "Karbon Nötrlüğüne Giden Yol" raporuna göre, ÇSY ilkelerini aktif olarak uygulayan şirketler sadece uzun vadeli riskleri azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda iş modellerinin verimliliğini de artırmaktadır ki bu da piyasaların küresel dönüşümünde özellikle önemlidir [103]. PwC'nin ESG Farkındalık raporu, şirketlerin ESG faktörlerinin önemine ilişkin farkındalıklarının%67 ile%97 arasında değiştiğini ve çoğu kuruluşun bu eğilimleri gelecekteki sürdürülebilirliğin anahtarı olarak gördüğünü [104] ve işletmelerin çoğunlukla ESG ilkelerini entegre etmek için paydaşlardan önemli bir baskı gördüğünü belirtmektedir.

Bu nedenle, ESG ilkelerinin inşaat projelerine entegrasyonu sadece LEED, BREEAM, DGNB gibi uluslararası sürdürülebilirlik sertifikalarının alınmasına katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda sektördeki şirketlerin uzun vadeli sürdürülebilirliğini ve rekabet gücünü de sağlar.

Bir inşaat projesinin genel karbon ayak izini etkileyen en önemli faktörlerden biri, inşaat malzemeleri ve bileşenlerinin üretim ve lojistik aşamalarıdır. Sahada kullanılan malzemeler, özellikle proje yaşam döngüsünün ilk aşamalarında - hammaddelerin çıkarılmasından inşaat sahasına teslimine kadar - toplam CO_2 emisyonları üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir.

Emisyonların kategori veya yapı elemanı türüne göre hesaplanması, farklı malzemelerin üretiminden kaynaklanan CO_2 miktarını yansıtan referans karbon emisyon faktörlerinin kullanılmasını gerektirir. Bu malzemeler arasında beton, tuğla, geri dönüştürülmüş çelik, alüminyum ve diğerleri yer almaktadır. Bu değerler genellikle UK ICE 2015 (Inventory of Carbon and Energy) ve US EPA 2006 (U.S. Environmental Protection Agency) gibi saygın kaynaklardan ve uluslararası veri tabanlarından elde edilir [105]. Aşağıdaki tablo (Şekil 5.3-6) bir dizi yaygın yapı malzemesi için temel emisyon faktörlerini özetlemektedir. Her malzeme için iki temel parametre verilmiştir: spesifik CO_2 emisyonları (kilogram malzeme başına kilogram cinsinden) ve hesaplamaların tasarım modeline entegre edilmesi ve QTO veri gruplamasına bağlanması için gerekli olan hacimden ağırlığa dönüştürme faktörleri (metreküp başına kilogram cinsinden).

Carbon Emitted in Production

Material	Abbreviated	UK ICE Database (2015) USEPA (2006) Process Emissions (kg CO2e/ kg of product) (K1)	UK ICE Database (2015) USEPA (2006) Process Emissions (kg CO2e/ kg of product) (K2)	Coefficient m3 to kg Kg / m3 (K3)
Concrete	**Concrete**	0.12	0.12	**2400**
Concrete block	**Concrete_block**	0.13**	0.14	**2000**
Brick	**Brick**	0.24	0.32	**2000**
Medium density fiberboard (MDF)	**MDF**	0.39*	0.32	**700**
Recycled steel (avg recy content)	**Recycled_steel**	0.47	0.81	**7850**
Glass (not including primary mfg.)	**Glass**	0.59	0.6	**2500**
Cement (Portland, masonry)	**Cement**	0.95	0.97	**1440**
Aluminum (virgin)	**Aluminum**	12.79	16.6	**2700**

Şekil 5.3-6 UK ICE ve US EPA veri tabanına göre farklı yapı malzemelerinin üretimi sırasında salınan karbon miktarı.

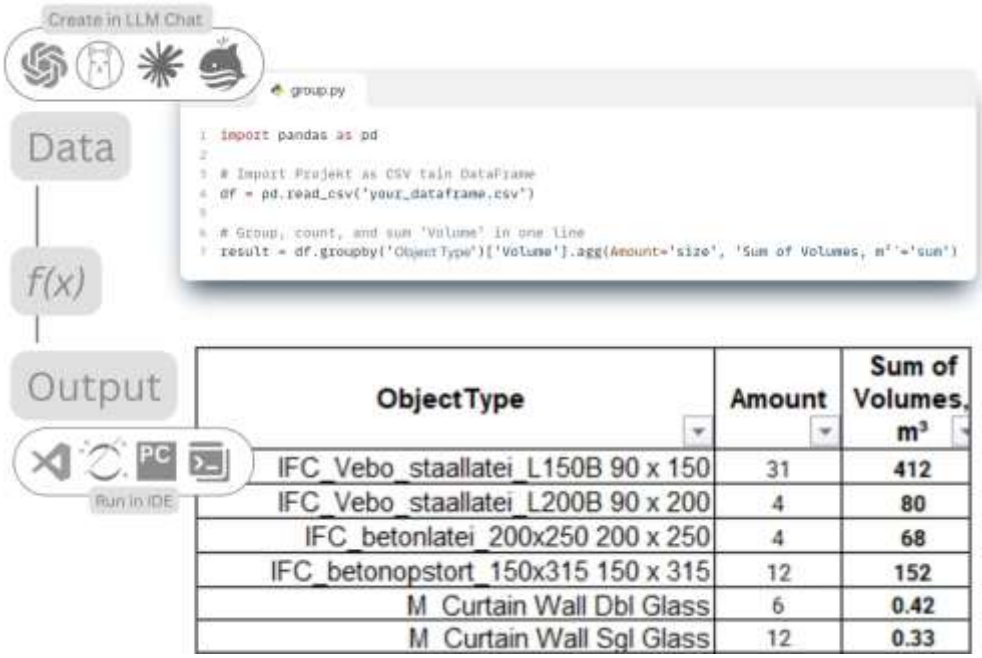
Bir projenin toplam CO_2 emisyonlarını hesaplamak için, 4D ve 5D hesaplamalarında olduğu gibi, her bir tesis grubunun öznitelik hacimlerini belirlemek gerekir. Bu, nicel analiz araçları (QTO) kullanılarak, Miktar çıkarma bölümünde ayrıntılı olarak tartışıldığı gibi, öznitelik hacimlerini metreküp cinsinden elde ederek yapılabilir. Bu hacimler daha sonra her bir malzeme grubunun "CO_2 proses emisyonları" niteliği için uygun katsayılarla çarpılır.

- Önceki bölümlerde yapıldığı gibi tüm proje verilerini gruplandırarak CAD (BIM) projesinden

eleman türüne göre hacim tablosunu otomatik olarak çıkaralım. Bu görevi gerçekleştirmek için LLM adresine başvuralım.

> Lütfen CAD (BIM) projesinden DataFrame tablosunu "Nesne Adı" (veya "Tür") sütun parametresine göre gruplandırın ve her gruptaki öğe sayısını gösterin ve türdeki tüm öğeler için "Hacim" parametresini özetleyin. ⏎

- LLM'nin yanıtı:



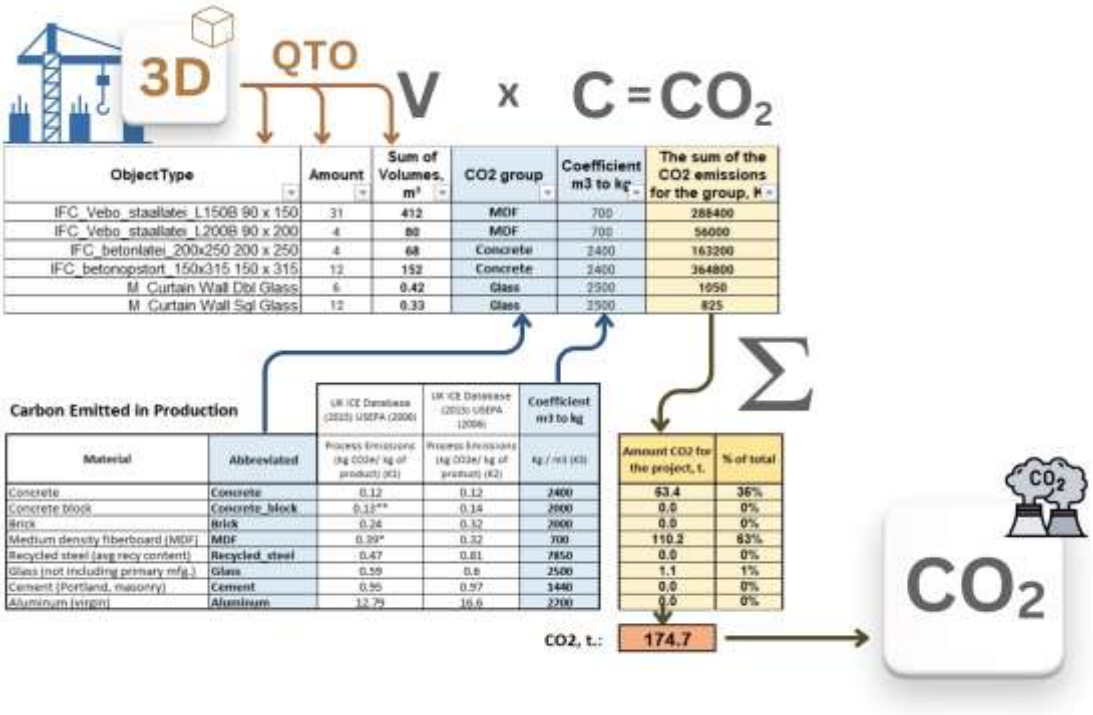
ObjectType	Amount	Sum of Volumes, m³
IFC_Vebo_staallatei_L150B 90 x 150	31	412
IFC_Vebo_staallatei_L200B 90 x 200	4	80
IFC_betonlatei_200x250 200 x 250	4	68
IFC_betonopstort_150x315 150 x 315	12	152
M_Curtain Wall Dbl Glass	6	0.42
M_Curtain Wall Sgl Glass	12	0.33

Şekil 5.3-7 LLM 'de oluşturulan kod, proje varlıklarını bizim için "Volume" özetlenmiş özniteliğiyle türe (ObjectType) göre gruplandırmıştır.

Tüm proje için toplam CO_2 emisyonlarının hesaplanmasını otomatikleştirmek için, tabloda otomatik veri eşleştirmesi kurmanız veya eleman türlerini (Şekil 5.3-7) emisyon faktörü tablosundan ilgili malzeme türleriyle (Şekil 5.3-6) manuel olarak ilişkilendirmeniz yeterlidir. Emisyon faktörleri ve formülleri içeren tamamlanmış tablonun yanı sıra CAD formatlarından hacimleri almak için kod (BIM) ve CO_2 belirlemeyi otomatikleştirmek GitHub'da "CO_2_calculating-the-embodied-carbon. DataDrivenConstruction." [106].

Bu nedenle, CAD veritabanındaki QTO öğelerini gruplandırdıktan sonra veri entegrasyonu, farklı tasarım seçenekleri için karbondioksit emisyonlarının otomatik olarak hesaplanmasını sağlar (Şekil 5.3-8). Bu, farklı malzemelerin farklı varyantlardaki etkisini analiz etmeyi ve yalnızca CO_2 emisyonu gereksinimlerini karşılayan çözümleri seçmeyi bina devreye alındığında belirli bir sertifika almayı mümkün kılar

Gruplandırılmış proje unsurlarının hacimleriyle faktörleri çarparak CO_2 emisyonlarını tahmin etmek, bir inşaat şirketinin bir tesis için ÇSY derecelendirmesi (örneğin LEED sertifikası) alma sürecindeki bir görevin tipik bir örneğidir.



Şekil 5.3-8 CAD veritabanlarından QTO gruplarının entegrasyonu nihai CO_2 emisyonlarının tahminlerinin türetilmesinde doğruluk ve otomasyon sağlar.

Benzer şekilde, eleman grubu hacimlerini tanımlayarak, malzeme kontrolü ve lojistiği, kalite izleme ve yönetimi, enerji modelleme ve analizi ve hem bireysel eleman grupları hem de tüm proje için yeni bir özellik durumu (tablodaki parametre) elde etmek için bir dizi başka görev için hesaplamalar yapabiliriz.

Şirketteki bu tür hesaplama süreçlerinin sayısı artmaya başlarsa, bu tür hesaplamaların otomatikleştirilmesi ve hesaplama sonuçlarının şirketin süreçlerine ve veri yönetim sistemlerine uygulanması ihtiyacı ortaya çıkar.

Eksiksiz bir çözümün karmaşıklığı nedeniyle, inşaat sektöründeki orta ve büyük ölçekli şirketler bu tür bir otomasyonu ERP (veya PMIS) sistem geliştirme şirketlerine yaptırmaktadır. Geliştirme şirketleri, büyük müşterilerin malzeme ve kaynak hesaplamaları da dahil olmak üzere birçok farklı bilgi katmanını yönetmeleri için tek bir kapsamlı modüler sistem oluşturur.

BÖLÜM 5.4.
İNŞAAT ERP VE PMIS SİSTEMLERİ

İnşaat ERP -hesaplamalar ve tahminler örneği üzerine sistemler

Modüler ERP sistemleri, çeşitli öznitelik (bilgi) katmanlarını ve veri akışlarını tek bir kapsamlı sisteme entegre ederek proje yöneticilerinin kaynakları, finansmanı, lojistiği ve bir projenin diğer yönlerini tek bir platformda senkronize bir şekilde yönetmesine olanak tanır. Bir inşaat ERP sistemi, inşaat projelerinin "beyni" olarak hareket eder, otomasyon yoluyla tekrarlayan süreçleri basitleştirir, inşaat süreci boyunca şeffaflık ve kontrol sağlar.

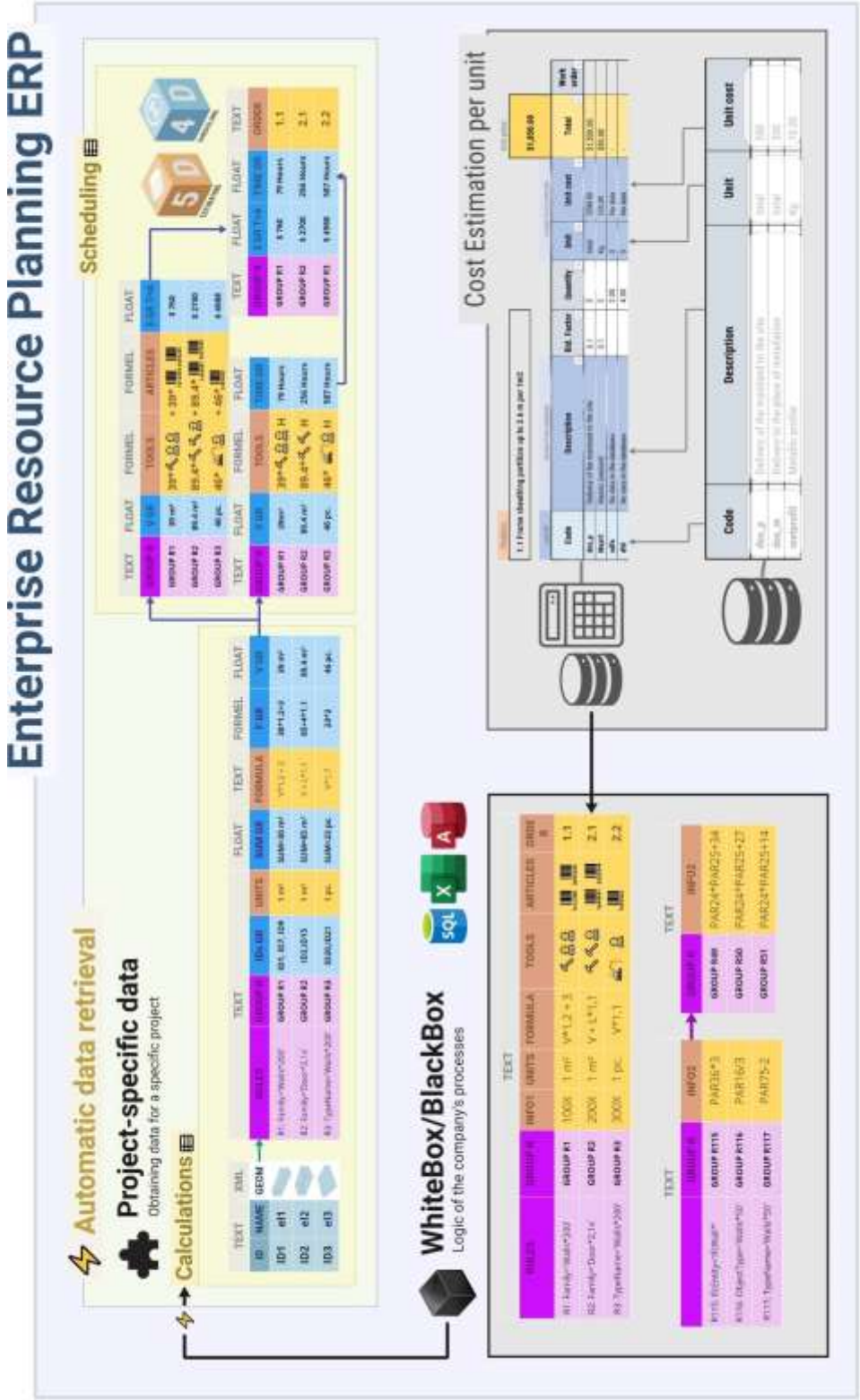
> **İnşaat ERP** -sistemleri (Kurumsal Kaynak Planlaması), inşaat sürecinin çeşitli yönlerini yönetmek ve optimize etmek için tasarlanmış kapsamlı yazılım çözümleridir. İnşaat ERP sistemlerinin temelinde maliyetlendirme ve zamanlamayı yönetmeye yönelik modüller yer alır ve bu da onları verimli kaynak planlaması için önemli bir araç haline getirir.

ERP modülleri -sistemler, kullanıcıların malzeme ve işçilik maliyet muhasebesi, ekipman kullanımı, lojistik yönetimi, insan kaynakları, iletişim ve diğer inşaat faaliyetlerini içerebilen bir projenin çeşitli yönlerini kapsayan yapılandırılmış bir şekilde veri girmesine, işlemesine ve analiz etmesine olanak tanır.

Sistemin işlevsel bloklarından biri, süreç kontrol merkezi rolünü oynayan BlackBox/WhiteBox iş mantığı otomasyon modülüdür.

BlackBox / WhiteBox bir ERP sistemi kullanan uzmanların, erişim hakları aracılığıyla, diğer kullanıcılar veya yöneticiler tarafından önceden yapılandırılmış olan işin çeşitli yönlerini esnek bir şekilde yönetmelerine olanak tanır. ERP sistemleri bağlamında *BlackBox* ve *WhiteBox* terimleri, sistemin iç mantığının şeffaflık ve kontrol edilebilirlik düzeylerini ifade eder:

- **BlackBox** ("kara kutu") - kullanıcı, süreç yürütmenin iç mantığına erişmeden arayüz aracılığıyla sistemle etkileşime girer. Sistem, son kullanıcıdan gizlenen önceden tanımlanmış kurallara dayanarak kendi başına hesaplamalar yapar. Kullanıcı verileri girer ve içeride hangi niteliklerin veya katsayıların kullanıldığını bilmeden sonucu alır.
- **WhiteBox** ("beyaz kutu") - süreç mantığı görüntüleme, özelleştirme ve değişiklik için kullanılabilir. İleri düzey kullanıcılar, yöneticiler veya entegratörler veri işleme algoritmalarını, hesaplama kurallarını ve proje varlıkları arasındaki etkileşim senaryolarını manuel olarak tanımlayabilir.



Şekil 5.4-1 İnşaat ERP Mimarisi -sistemi, hacim niteliklerini manuel olarak doldurarak iş tahminlerini ve programlarını elde etmek için.

Deneyimli bir kullanıcı veya yöneticinin bir kural koyması buna bir örnektir: bir tahmindeki hangi

özelliklerin kendi aralarında çarpılması veya belirli bir özelliğe göre gruplandırılması ve nihai sonucun nereye kaydedilmesi gerektiği. Daha sonra, tahmin mühendisleri gibi daha az eğitimli profesyoneller, kullanıcı arayüzü aracılığıyla ERP'ye yeni verileri yükler ve kod yazmak veya mantığın teknik ayrıntılarını anlamak zorunda kalmadan hazır tahminler, programlar veya şartnameler elde eder.

> Önceki bölümlerde, hesaplama ve mantık modülleri LLM etkileşimi bağlamında ele alınmıştı. Bir ERP ortamında, bu tür hesaplamalar ve dönüşümler düğmeler ve formlardan oluşan bir arayüzün arkasına gizlenmiş modüller içinde gerçekleşir.

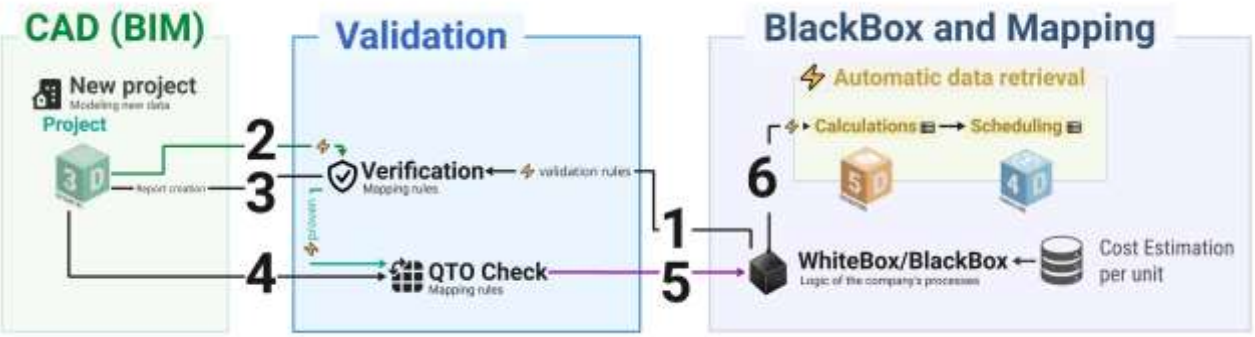
Aşağıdaki örnekte (Şekil 5.4-1), BlackBox /WhiteBox modülündeki ERP -sisteminin yöneticisi, tahminlerdeki varlıkların niteliklerini QTO gruplama nitelikleriyle eşleştirmek için kurallar tanımlamıştır. (Yönetici veya müdür tarafından) yapılandırılan bu BlackBox/WhiteBox modülü sayesinde, kullanıcı (tahminci veya mühendis) ERP kullanıcı arayüzü üzerinden manuel olarak bir miktar veya hacim niteliği ekleyerek, otomatik olarak tamamlanmış tahminlerini ve iş programlarını alır. Bu şekilde, önceki bölümlerde ERP içinde kod yardımıyla tartışılan hesaplama ve tahmin oluşturma süreçleri yarı otomatik bir konveyör haline gelir.

Bu yarı otomatik sürecin CAD (BIM) modellerindeki hacimsel niteliklere bağlanması (Şekil 4.1-13), örneğin CAD projesinin bu amaç için önceden yapılandırılmış olan ERP modülüne yüklenmesi yoluyla, veri akışını, CAD modelini ERP'ye yüklerken tasarım aşamasında meydana gelen herhangi bir değişikliğe yanıt olarak tek tek eleman gruplarının veya tüm projenin değerini otonom ve anında güncelleyebilen senkronize bir mekanizmaya dönüştürür.

CAD (BIM) ve ERP sistemleri arasında otomatik bir veri akışı (Şekil 5.4-2) oluşturmak için, CAD (BIM) model veritabanlarından gelen veriler için temel süreçler ve gereksinimler yukarıdaki "Gereksinimler ve Veri Kalite Güvencesi " bölümünde daha önce tartıştığımız gibi yapılandırılmış bir şekilde tanımlanmalıdır. ERP'deki bu süreç de benzer adımlara bölünmüştür:

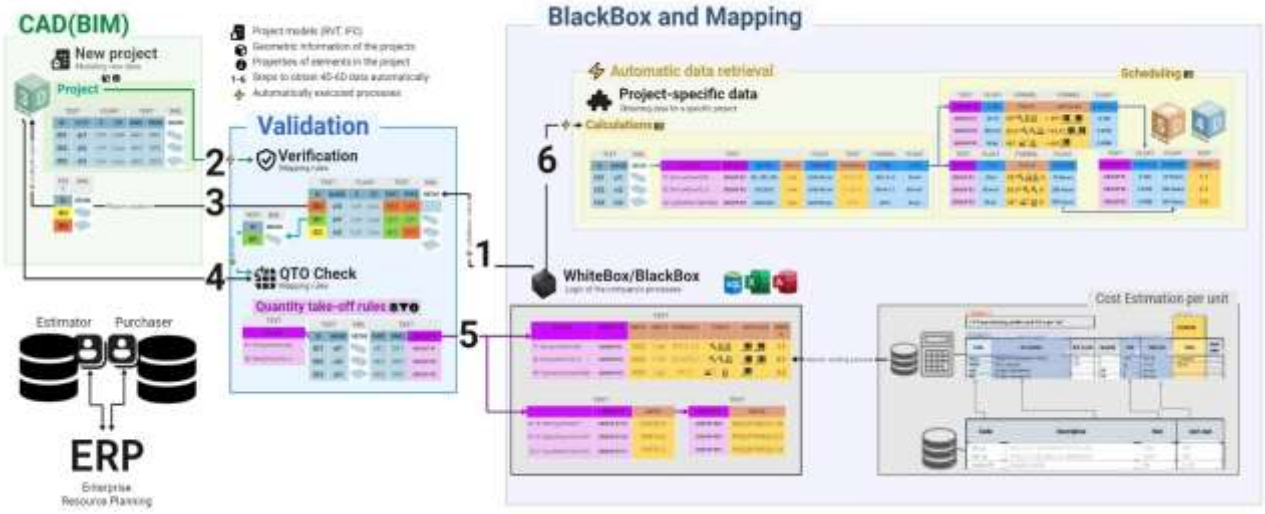
- ERP sistemine giren verilerin doğruluğunun sağlanmasında önemli bir rol oynayan **doğrulama kurallarının (1) oluşturulması**. Doğrulama kuralları, varlıkları ve niteliklerini doğrulayan filtreler olarak işlev görür ve yalnızca gereksinimleri geçen öğelerin sisteme girmesine izin verir. " gereksinimlerinin oluşturulması ve veri kalitesinin doğrulanması " bölümünde doğrulama ve onaylama hakkında daha fazla bilgi edinebilirsiniz.
- Ardından ERP içinde, tüm proje varlık öğelerinin nitelikleri ve değerleriyle birlikte doğru şekilde oluşturulduğunu ve sonraki işlem adımları için hazır olduğunu doğrul**ayan bir doğrulama işlemi (2)** gerçekleştirilir.
- Eksik öznitelik verileriyle ilgili sorunlar varsa, **bir rapor (3) oluşturulur** ve proje, düzeltme talimatlarıyla birlikte, bir sonraki yinelemeye hazır olana kadar revizyon için gönderilir.
- Proje verileri doğrulandıktan ve onaylandıktan sonra, daha önce oluşturulan kurallara (WhiteBox/BlackBox) göre varlık grupları, malzemeler ve kaynaklar için miktar nitelikleri oluşturan Miktar **Çıkarma tablolarını (QTO) oluşturmak** için başka bir ERP modülünde **(4)** kullanılır.

- Eşleştirme kurallarına veya QTO'ya göre gruplandırılmış veriler otomatik olarak **hesaplamalarla (örn. maliyet ve zaman) entegre edilir (5).**
- ERP -sisteminin son adımında kullanıcı, QTO tablosundaki kapsam özniteliklerini süreç tablolarının öznitelikleriyle (örn. tahmini kalemler) çarparak, her bir varlık grubu ve bir bütün olarak proje için **otomatik** olarak **hesaplama sonuçları (6)** örn. maliyet tahminleri, iş programları veya CO_2 emisyonları**) oluşturur.**

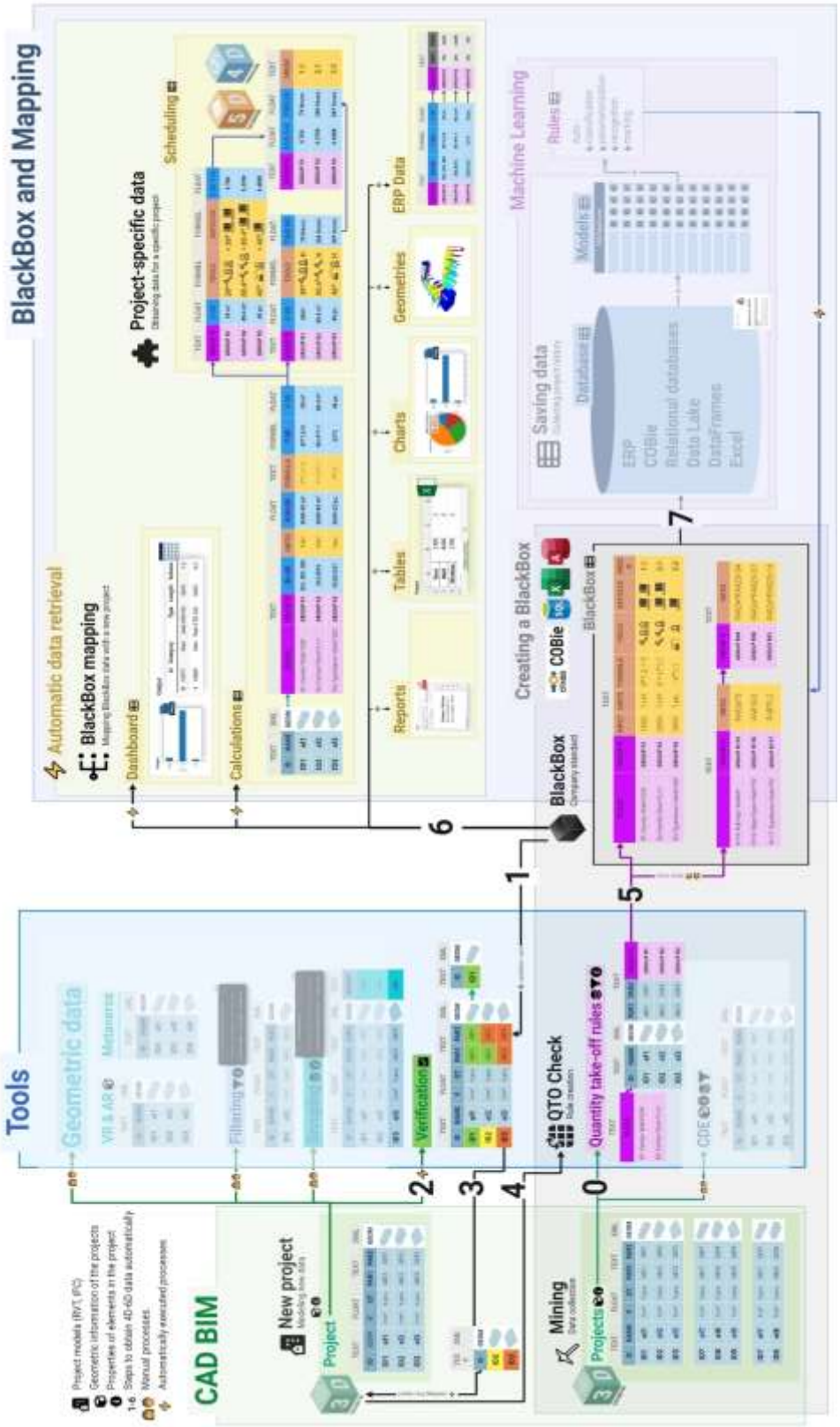


Şekil 5.4-2 Doğrulama kurallarının oluşturulmasından (1) maliyetlerin ve iş programlarının otomatik olarak hesaplanmasına (5-6) kadar CAD (BIM) ile bir inşaat ERP sisteminin mimarisi.

Modüler bir ERP sisteminde, süreçler bir kullanıcı arayüzü içeren yazılım kullanılarak entegre edilir. Arayüzün arkasında, yapılandırılmış tabloların yönetici veya idareci tarafından önceden yapılandırılmış çeşitli işlemleri gerçekleştirerek verileri işlediği arka uç yer alır. Sonuç olarak kullanıcı, önceden tanımlanmış ve özelleştirilmiş otomasyon mantığı sayesinde (BlackBox /WhiteBox modüllerinde), görevlerini yerine getiren yarı otomatik olarak hazırlanmış belgeler alır



Şekil 5.4-3 ERP -sistem, yöneticilerin ve kullanıcıların yeni veriler oluşturmak için uzman tabloları arasında hareket etmelerine yardımcı olur.



Şekil 5.4-4 ERP -sistem analitik araçlarla entegre edilmiştir ve şirketin karar verme sürecini otomatikleştirir.

Benzer şekilde, ERP sistemlerinde başlangıçtan nihai hesaplamaya kadar olan süreçler (adım 1-6 Şekil 5.4-3), sonuçta planlamada şeffaflık, verimlilik ve doğruluk sağlayan birbiriyle ilişkili adımlar zinciridir.

Modern inşaat ERP sistemleri sadece maliyet ve program hesaplama modüllerini değil, aynı zamanda genellikle belge yönetimi, proje ilerleme takibi, sözleşme yönetimi, tedarik zinciri ve lojistiğin yanı sıra diğer iş sistemleri ve platformlarıyla entegrasyonu kapsayan düzinelerce önceden yapılandırılmış modülü de içerir. ERP'nin entegre analitik araçları kullanıcıların proje KPI'larını (KPI - temel performans göstergeleri) izlemek için gösterge tablolarının oluşturulmasını otomatikleştirmelerine olanak tanır. Bu, çok sayıda uygulama ve sistemi tek bir platformda birleştirme girişimiyle bir inşaat projesinin tüm yönlerinin merkezi ve tutarlı bir şekilde yönetilmesini sağlar.

Gelecekte ERP -analitik doğruluğu artırmak ve gelecekteki proje niteliklerini hesaplama sürecini optimize etmek için makine öğrenimi ile birlikte kullanılacaktır. Büyük Veri (Şekil 5.4-4) ERP sistemlerinden analiz edilen ve toplanan veriler ve nitelikler gelecekte potansiyel gecikmeleri, riskleri veya örneğin malzeme maliyetlerindeki olası değişiklikleri doğru bir şekilde öngörebilen tahmin modelleri oluşturmak için temel oluşturacaktır.

ERP'ye alternatif olarak, inşaat sektörü genellikle tek bir inşaat projesi düzeyinde görevlerin ayrıntılı kontrolü için tasarlanmış bir proje yönetim sistemi olan PMIS (Proje Yönetim Bilgi Sistemi) kullanmaktadır.

PMIS: ERP ile şantiye arasında aracı

Bir şirketin iş süreçlerinin tüm zincirini kapsayan ERP 'nin aksine, PMIS belirli bir projeyi yönetmeye, zaman çizelgelerini, bütçeleri, kaynakları ve belgeleri izlemeye odaklanır.

> PMIS (Proje Yönetim Bilgi Sistemi), bir projenin tüm yönlerini planlamak, izlemek, analiz etmek ve raporlamak için tasarlanmış inşaat proje yönetim yazılımıdır.

PMIS belgeleri, programları, bütçeleri yönetmenize olanak tanır ve ilk bakışta PMIS, ERP ile kopya bir çözüm gibi görünebilir, ancak temel fark yönetim düzeyidir:

- **ERP** bir bütün olarak şirketin iş süreçlerine odaklanır: kurumsal düzeyde maliyet, sözleşme, satın alma, insan kaynakları ve kaynak yönetimi.
- **PMIS** detaylı planlama, değişiklik kontrolü, raporlama ve katılımcı koordinasyonu sağlayarak bireysel proje yönetimine odaklanır.

Çoğu durumda, zaten yeterli işlevselliğe sahip olan ERP sistemleridir ve PMIS uygulaması daha çok bir kolaylık ve şirket tercihi meselesi haline gelir. Birçok yüklenici ve müşteri PMIS'i gerekli olduğu için değil, satıcı veya verileri belirli bir platformda toplamak isteyen büyük bir müşteri tarafından dayatıldığı için kullanmaktadır.

İnşaat proje yönetimine ilişkin uluslararası terminolojide PLM (Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi) ve EPC ve EPC-M (Mühendislik, Tedarik ve İnşaat Yönetimi) - inşaat sektöründe sözleşme yöntemleri gibi başka ayrı popüler kavramların da bulunduğu belirtilmelidir.

Eğer bir şirket halihazırda proje yönetimi modüllerine sahip ERP kullanıyorsa, PMIS'in eklenmesi işlevselliği yineleyen gereksiz bir bağlantı olabilir. Ancak, süreçler otomatikleştirilmemişse ve veriler parçalara ayrılmışsa, PMIS daha kullanışlı ve bakımı kolay bir araç olabilir.

Spekülasyon, kâr, dar görüşlülük ve ERP'de şeffaflık ve PMIS

Arayüzlerin ve prosedürlerin harici basitliğine rağmen, inşaat ERP ve PMIS -sistemleri çoğu durumda kapalı ve esnek olmayan çözümlerdir. Bu tür sistemler genellikle tek bir satıcıdan, dahili veri tabanlarına ve süreç mantığına sınırlı erişimle önceden yapılandırılmış bir yazılım paketi olarak teslim edilir.

CAD-(BIM-) satıcıları, veritabanları ERP sistemlerinin ihtiyaç duyduğu bilgileri içerdiğinden, bu tür sistemlerin geliştirilmesi ve kontrolünü giderek daha fazla üstlenmektedir: proje öğelerinin nicel ve hacimsel nitelikleri. Ancak, satıcılar bu verilere açık veya makine tarafından okunabilir bir formatta erişim sağlamak yerine, BlackBox modülleri içinde önceden tanımlanmış yalnızca sınırlı kullanıcı senaryoları ve kapalı işleme mantığı sunmaktadır. Bu da sistemin esnekliğini azaltmakta ve belirli proje koşullarına uyarlanmasını engellemektedir.

> Sınırlı veri şeffaflığı, inşaat sektöründeki dijital süreçlerin temel zorluklarından biri olmaya devam etmektedir. Kapalı veri tabanı mimarisi, yapı elemanlarının eksiksiz nitelik setlerine erişim eksikliği, *BlackBox* otomasyon *modüllerine* odaklanma ve açık arayüzlerin eksikliği, belge bürokrasisi risklerini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu tür sınırlamalar karar verme sürecinde darboğazlar yaratır, bilgilerin doğrulanmasını zorlaştırır ve ERP/PMIS sistemleri içinde veri gizleme veya spekülasyona kapı açar. Kullanıcılar, birincil veri kaynaklarıyla doğrudan etkileşime girme olanağı olmaksızın, genellikle yalnızca sınırlı bir erişim - ister sadeleştirilmiş bir arayüz ister kısmi bir API olsun - elde ederler. Bu durum özellikle QTO hesaplamaları için kullanılan hacimler, alanlar ve miktarlar gibi CAD projelerinden otomatik olarak oluşturulan parametreler söz konusu olduğunda kritik önem taşır.

Sonuç olarak, birçok inşaat şirketi süreç otomasyonu, açık veri, işlem maliyetlerini azaltma ve yeni iş modelleri yaratma yoluyla verimlilik aramak yerine, kapalı ERP/PMIS platformlarında proje maliyetlerini etkileyen faktörleri, ayarlama faktörlerini ve hesaplama yöntemlerini manipüle ederek dış parametreleri yönetmeye odaklanmaktadır. Bu durum spekülasyona alan yaratmakta, gerçek üretim maliyetlerini çarpıtmakta ve inşaat sürecindeki tüm katılımcılar arasındaki güveni azaltmaktadır

> İnşaatta kâr, tamamlanmış bir projeden elde edilen gelir ile tasarım, malzeme, işçilik ve projenin uygulanmasıyla doğrudan ilgili diğer doğrudan maliyetleri içeren değişken maliyetler arasındaki fark olarak oluşturulur. Ancak, bu maliyetlerin değerini etkileyen kilit faktör yalnızca teknoloji veya lojistik değil, aynı zamanda hesaplamaların hızı ve doğruluğu ile şirket içindeki yönetim kararlarının kalitesidir.

Çoğu inşaat şirketinde maliyet hesaplama süreçlerinin sadece müşteriler için değil, aynı zamanda tahmin veya finans departmanlarının bir parçası olmayan çalışanların kendileri için de şeffaf olmaması sorunu daha da ağırlaştırmaktadır. Bu tür bir kapalılık, şirket içinde ERP/PMIS sistemlerinde nitelikleri ve düzeltme faktörlerini düzenleme hakkına sahip ayrıcalıklı bir uzman grubunun - "finansal uzmanlık" taşıyıcılarının - oluşmasını desteklemektedir. Bu çalışanlar, şirket yöneticileriyle birlikte projenin finansal mantığını fiilen kontrol edebilirler.

> Bu koşullarda tahminciler, şirketin kârını maksimize etmek ile müşteri için rekabetçi bir fiyat tutturma ihtiyacı arasında denge kuran "finansal hokkabazlara" dönüşürler. Aynı zamanda, şirketin itibarını zedelememek için bariz ve kaba manipülasyonlardan kaçınmaları gerekir. Bu aşamada, fazla tahmin edilen hacimleri veya malzeme ve iş maliyetlerini gizlemek için katsayılar belirlenir.

Sonuç olarak, inşaat sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin verimliliğini ve karlılığını artırmaya yönelik ana plan, karar alma süreçlerinin otomasyonu ve hızlandırılması değil, malzeme ve iş fiyatları üzerindeki spekülasyonlardır (Şekil 5.4-5). İşlerin ve malzemelerin maliyetinin olduğundan fazla tahmin edilmesi, kapalı ERP /PMIS - sistemlerinde gri muhasebe, "Hesaplamaların derlenmesi ve kaynak tabanı temelinde işlerin maliyetinin hesaplanması" bölümünde tartışılan katsayılar (Şekil 5.1-6) aracılığıyla malzemelerin ortalama piyasa fiyatları veya iş hacimleri üzerindeki yüzdelerin şişirilmesiyle gerçekleştirilir.

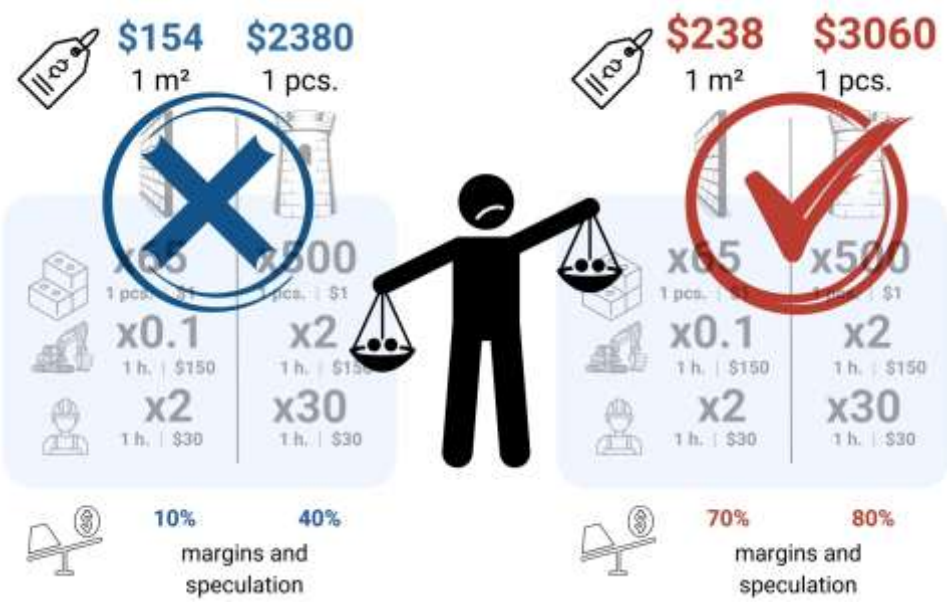
> Sonuç olarak, müşteri gerçek maliyeti veya işin kapsamını yansıtmayan, ancak birçok gizli iç katsayının bir türevi olan bir hesaplama alır. Aynı zamanda, taşeronlar, genel yüklenici tarafından belirlenen düşük fiyatlara uymak amacıyla, genellikle daha ucuz ve düşük kaliteli malzemeler satın almak zorunda kalmakta, bu da inşaatın nihai kalitesini kötüleştirmektedir.

Havadan kar elde etmeye yönelik spekülatif süreç, hem güvenilmez veriler alan müşterilere hem de giderek daha fazla spekülasyon modeli bulmak zorunda kalan yöneticilere zarar veriyor

Sonuç olarak, proje ne kadar büyük olursa, veri ve süreç yönetimindeki bürokrasi seviyesi de o kadar yüksek olur. Her adım ve her modül genellikle hesaplama algoritmalarına ve dahili prosedürlere gömülü opak katsayıları ve ek ücretleri gizler. Bu sadece denetimi zorlaştırmakla kalmaz, aynı zamanda projenin finansal resmini de önemli ölçüde bozar. Büyük inşaat projelerinde, bu tür uygulamalar genellikle nihai maliyetin kat kat (bazen on kata kadar) artmasına yol açarken, gerçek hacimler ve maliyetler müşterinin etkin kontrolü dışında kalmaktadır (Şekil 2.1-3 Almanya'daki büyük altyapı projelerinin planlanan ve gerçekleşen maliyetlerinin karşılaştırılması.

> McKinsey & Company'nin Imagining the Digital Future of Construction (2016) raporuna göre, büyük inşaat projeleri ortalama olarak planlanandan%20 daha geç ve%80'e varan oranda bütçe aşımıyla tamamlanmaktadır [107].

Tahmin ve bütçeleme departmanları bir şirket içinde en çok korunan halka haline gelmektedir. Bunlara erişim şirket içi uzmanlar için bile son derece sınırlıdır ve kapalı mantık ve veri tabanı yapıları nedeniyle, proje kararlarının verimliliğini çarpıtmadan objektif olarak değerlendirmek imkansızdır. Şeffaflık eksikliği, şirketlerin süreçleri optimize etmek yerine, rakamların ve faktörlerin "yaratıcı" yönetimiyle hayatta kalmak için mücadele etmek zorunda kalmalarına yol açmaktadır (Şekil 5.3-1, Şekil 5.1-6 - örneğin, "Teklif. Faktör" parametresi).



Şekil 5.4-5 Yerleşim düzeyindeki spekülasyon oranları şirketlerin ana kârıdır ve iş kalitesi ile itibar arasında hokkabazlık yapma sanatıdır.

Tüm bunlar, inşaat sektöründe kapalı ERP/PMIS sistemlerinin kullanılmaya devam edilmesi konusunda şüphe uyandırmaktadır. Dijital dönüşüm ve müşterilerin artan şeffaflık talepleri bağlamında (Şekil 10.2-3), uzun vadede proje gerçekleştirmenin esnekliği sınırlayan, entegrasyonu engelleyen ve iş geliştirmeyi sekteye uğratan tescilli çözümlere bağlı kalması olası değildir.

İnşaat şirketleri için kapalı veri tabanlarında veri siloları ve opak verilerle çalışmak ne kadar elverişli olursa olsun, inşaat sektörünün geleceği kaçınılmaz olarak açık platformlara, makine tarafından okunabilir ve şeffaf veri yapılarına ve güvene dayalı otomasyona geçişi içerecektir. Bu dönüşüm, hesap verebilirlik, sürdürülebilirlik, şeffaflık ve ekonomik fizibilite talep eden müşterilerin, düzenleyicilerin ve toplumun baskısı altında yukarıdan yönlendirilecektir.

Kapalı ERP döneminin sonu /PMIS: inşaat sektörünün yeni yaklaşımlara ihtiyacı var

On milyonlarca satır koddan oluşan hantal modüler ERP/PMIS sistemlerinin kullanılması, bu sistemlerde herhangi bir değişiklik yapılmasını son derece zorlaştırmaktadır. Bu durumda, şirket için önceden yapılandırılmış modüllerin, kaynak veritabanlarındaki on binlerce makalenin (Şekil 5.1-3) ve

binlerce hazır hesaplamanın (Şekil 5.1-6) varlığında yeni bir platforma geçiş maliyetli ve uzun bir sürece dönüşür. Daha fazla kod ve eski mimari - dahili verimsizlik seviyesi o kadar yüksek olur ve her yeni proje işleri daha da kötüleştirir. Birçok şirkette veri geçişi ve yeni çözümlerin entegrasyonu, sürekli yeniden çalışma ve sonu gelmeyen uzlaşma arayışlarının eşlik ettiği çok yıllı destanlar haline gelir. Sonuç, sınırlamalarına rağmen genellikle eski, tanıdık platformlara geri dönmektir.

İnşaat veri yönetimindeki sistemik başarısızlıklara ilişkin Alman Kara Kitap raporunda [108] vurgulandığı üzere, bilginin parçalanması ve yönetiminde merkezi bir yaklaşımın olmaması verimsizliğin temel nedenidir. Standardizasyon ve entegrasyon olmadan veriler değerini yitirir ve bir yönetim aracından ziyade bir arşive dönüşür.

> Veri kalitesi kaybının başlıca nedenlerinden biri inşaat projelerinin yetersiz planlanması ve kontrol edilmesidir; bu da genellikle önemli maliyet artışlarına yol açar. Kara Kitap'ın 'Odak: Maliyet Patlaması' bölümü, bu istenmeyen sonuçlara katkıda bulunan temel faktörleri analiz etmektedir. Bunlar arasında yetersiz ihtiyaç analizleri, fizibilite çalışmalarının eksikliği ve önlenebilecek ek maliyetlere yol açan koordinasyonsuz planlama yer almaktadır.

> Bir şirketin olgun bir BT ekosisteminde, eski bir sistemi değiştirmek, halihazırda inşa edilmiş bir binada taşıyıcı bir kolonu değiştirmekle karşılaştırılabilir. Sadece eskisini kaldırıp yenisini kurmak yeterli değildir - bunu binanın sabit kalacağı, tavanların çökmeyeceği ve tüm iletişimin çalışmaya devam edeceği şekilde yapmak önemlidir. Zorluk burada yatıyor: herhangi bir hata tüm şirket sistemi için ciddi sonuçlar doğurabilir.

Bununla birlikte, inşaat sektörüne yönelik büyük ERP ürünlerinin geliştiricileri, yazılı kod miktarını platformlarının lehine bir argüman olarak kullanmaya devam etmektedir. Özel konferanslarda, bu tür sistemlerin işlevselliğinin çoğunun veritabanlarını ve tablolarla çalışmak için özel bir sabit, kullanıcı arayüzünde paketlenmiş oldukça basit işlevleri gizlemesine rağmen, "Böyle bir sistemi yeniden oluşturmak 150 adam-yıl sürer" gibi ifadeler hala duyulabilir. Uygulamada, "150 adam-yıllık" kod hacmi rekabet avantajından ziyade bir yüke dönüşmektedir. Daha fazla kod - destek maliyeti o kadar yüksek, yeni koşullara uyum sağlamak o kadar zor ve yeni geliştiriciler ve müşteriler için giriş eşiği o kadar yüksektir.

> Günümüzde birçok modüler bina sistemi, dikkatsizce yapılan herhangi bir değişikliğin arızalara yol açabileceği hantal ve modası geçmiş "Frankenstein yapılarına" benzemektedir. Her yeni modül, zaten aşırı yüklü olan sistemin karmaşıklığını daha da artırmakta, sistemi sadece birkaç uzmanın anlayabileceği bir labirente dönüştürmekte, bakımını ve modernizasyonunu daha da zorlaştırmaktadır.

Karmaşıklık aynı zamanda geliştiricilerin kendileri tarafından da fark edilir ve geliştiriciler periyodik olarak yeniden düzenleme için ara verirler - yeni teknolojilerin ortaya çıkışını dikkate almak için mimariyi gözden geçirirler. Ancak, yeniden düzenleme düzenli olarak yapılsa bile, karmaşıklık kaçınılmaz olarak artar. Bu tür sistemlerin mimarları artan karmaşıklığa alışır, ancak yeni kullanıcılar ve uzmanlar için bu

aşılmaz bir engel haline gelir. Sonuç olarak, tüm uzmanlık birkaç geliştiricinin elinde toplanır ve sistem ölçeklenebilir olmaktan çıkar. Kısa vadede bu tür uzmanlar yararlıdır, ancak uzun vadede sorunun bir parçası haline gelirler.

> *Kuruluşlar 'küçük' verileri büyük veri benzerleriyle entegre etmeye devam edecektir ve ne kadar pahalı ya da sağlam olursa olsun tek bir uygulamanın her şeyi halledebileceğine inanmak aptallıktır [109].*
>
> - Phil Simon, Conversations About Collaboration podcast'inin sunucusu

Meşru bir soru ortaya çıkıyor: Diğer endüstriler uzun zamandır açık veri ve şeffaf mantığa sahip analitik araçlar kullanarak benzer görevlerle başa çıkabiliyorsa, işin maliyetini ve zamanlamasını tablolar şeklinde hesaplamak için bu kadar hantal ve kapalı sistemlere gerçekten ihtiyacımız var mı?

Şu anda, kapalı modüler platformlar, öncelikle maliyet muhasebesinin özellikleri nedeniyle inşaat sektöründe hala talep görmektedir (Şekil 5.1-7). Bu tür sistemler genellikle gri veya opak planları yürütmek için kullanılır ve gerçek maliyetlerin müşteriden gizlenmesine olanak tanır. Ancak, sektör başta müşteriler olmak üzere dijital olarak olgunlaştıkça ve 'Uberleştirilmiş Çağ' olarak adlandırılan döneme geçtikçe, aracılar, yani ERP'leri olan inşaat şirketleri, zaman ve maliyet hesaplamalarındaki önemini yitirecektir. Bu da inşaat sektörünün çehresini sonsuza dek değiştirecek. Daha fazlasını kitabın son bölümünde ve "İnşaat 5.0: Artık saklanamadığınızda nasıl para kazanırsınız" bölümünde okuyabilirsiniz.

> Son 30 yılda binlerce insan yılı harcanarak geliştirilen binlerce eski çözüm hızla yok olmaya başlayacaktır. Açık, şeffaf ve esnek veri yönetimine geçiş kaçınılmazdır. Tek soru, hangi şirketlerin bu değişikliklere uyum sağlayabileceği ve hangilerinin eski modelin rehinesi olarak kalacağıdır.

Benzer bir durum, günümüzde verileri ERP/PMIS -sistemlerindeki tasarım varlıklarının hacimsel parametrelerini dolduran CAD (BIM -) araçları alanında da gözlemlenmektedir. Başlangıçta BIM fikri (2002 yılında geliştirilmiştir [110]) tek bir entegre veritabanı kavramına dayanıyordu, ancak bugün pratikte BIM ile çalışmak bir dizi özel yazılım ve formatı gerektirmektedir. Tasarım ve inşaat yönetimini basitleştirmesi beklenen şey, entegrasyonu zorlaştıran ve iş esnekliğini azaltan bir başka tescilli çözümler katmanına dönüşmüştür.

Sonraki adımlar: proje verilerinin etkin kullanımı

Bu bölümde, yapılandırılmış verilerin inşaat projeleri için doğru maliyet ve program hesaplamalarının temelini nasıl oluşturduğunu gösterdik. QTO, programlama ve tahmin süreçlerinin otomatikleştirilmesi işçilik maliyetlerini azaltır ve sonuçların doğruluğunu önemli ölçüde artırır.

Bu bölümü özetlemek gerekirse, tartışılan yaklaşımları günlük görevlerinize uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var. Bu yaklaşımlar evrenseldir - hem bir şirketin dijital dönüşümü hem de hesaplamalara dahil olan profesyonellerin günlük çalışmaları için faydalıdır:

- Rutin hesaplamaları otomatikleştirin
  - İşinizle ilişkilendirebileceğiniz standart iş maliyetleri bulmaya çalışın
  - Ülkenizdeki inşaat sahasında işlerin veya süreçlerin maliyetlendirilmesi veya hesaplanması için hangi yöntemlerin kullanıldığını analiz edin (Şekil 5.1-7).
  - Bir CAD sistemi ile çalışıyorsanız - CAD (BIM-) yazılımınızda teknik özelliklerin ve QTO verilerinin otomatik olarak çıkarılması işlevlerini öğrenin.
  - Hesaplamaları otomatikleştirmek üzere taslak kod yazmak için LLM adresini kullanın
- QTO için kendi araçlarınızı geliştirin
  - Hacim sayımını otomatikleştirmek için komut dosyaları veya tablolar oluşturun
  - Değerlendirmede tutarlı bir yaklaşım için kategorileri ve unsur gruplarını standartlaştırın
  - Yeni projelerde sonuçların tekrarlanabilirliğini sağlamak için hesaplama metodolojisini belgelemek
- Projenin farklı yönlerini çalışmanıza entegre edin
  - Modüler sistemlerle çalışıyorsanız, süreçlerinizi yalnızca diyagramlar veya grafikler olarak değil, aynı zamanda veri düzeyinde - özellikle tablolar şeklinde - görselleştirmeyi deneyin
  - CAD veritabanlarından alınan verilerin hesaplamalarla otomatik olarak birleştirilmesinde ustalaşın - gruplama, filtreleme ve toplama kullanan Python kodu ile
  - Karmaşık bilgileri meslektaşlara ve müşterilere sunmak için QTO gruplarının net görselleştirmelerini oluşturun

Bu adımlar, verilerin otomasyonu ve standardizasyonuna dayalı sürdürülebilir bir hesaplama sisteminin oluşturulmasına yardımcı olacaktır. Bu yaklaşım doğruluğu artıracak ve günlük hesaplama sorunlarının rutinliğini azaltacaktır.

Takip eden bölümler CAD - (BIM-) ürünlerinin teknik yönlerine ve CAD veritabanlarının şirketlerin iş süreçlerine entegre edilmesinin hala zor olmasının nedenlerine odaklanmaktadır. Şu anda inşaatta BIM uygulamasının tarihçesi, CAD araçlarının evrimi ve bu teknolojilerle çalışmanın teknik özellikleriyle ilgilenmiyorsanız, doğrudan kitabın yedinci bölümü olan "Veri odaklı karar verme" bölümüne geçebilirsiniz.

BASILI VERSIYON ILE MAKSIMUM KOLAYLIK

Veri Odaklı İnşaat kitabının ücretsiz dijital versiyonuna sahipsiniz. Daha rahat çalışmak ve materyallere hızlı erişim için **basılı baskıya** dikkat etmenizi öneririz:

- **Her zaman elinizin** altında: Basılı formattaki kitap, her türlü çalışma durumunda doğru görselleştirmeleri ve diyagramları hızlı bir şekilde bulmanızı ve kullanmanızı sağlayan güvenilir bir çalışma aracı haline gelecektir

- **Yüksek kaliteli çizimler**: basılı baskıdaki tüm görseller ve grafikler maksimum kalitede sunulmuştur

- **Bilgiye hızlı erişim**: kolay gezinme, not alma, yer imi koyma ve kitapla her yerde çalışma olanağı.

Kitabın tam basılı versiyonunu satın alarak, bilgi ile rahat ve verimli çalışmak için kullanışlı bir araç elde edersiniz: günlük işlerde görsel materyalleri hızlı bir şekilde kullanma, gerekli şemaları hızlı bir şekilde bulma ve not alma yeteneği. Ayrıca, satın alma işleminiz açık bilginin yayılmasını da desteklemektedir.

Kitabın basılı versiyonunu şu adresten sipariş edebilirsiniz: datadrivenconstruction.io/books

VI KISIM

CAD VE BIM: PAZARLAMA, GERÇEKLİK VE İNŞAATTA TASARIM VERİLERİNİN GELECEĞİ

Kitabın altıncı bölümü CAD ve BIM teknolojilerinin gelişiminin ve bunların inşaat sektöründeki veri yönetimi süreçleri üzerindeki etkilerinin eleştirel bir analizini sunmaktadır. BIM konseptinin orijinal entegre veri tabanı fikrinden yazılım satıcıları tarafından desteklenen mevcut pazarlama yapılarına kadar olan tarihsel dönüşümünün izini sürmektedir. Tescilli formatların ve kapalı sistemlerin proje verilerinin işlenmesinin verimliliği ve inşaat sektörünün genel performansı üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. Farklı CAD sistemlerinin uyumluluk sorunları ve bunların inşaat şirketlerinin iş süreçleriyle entegrasyonundaki zorluklar ayrıntılı olarak analiz edilmektedir. USD gibi basitleştirilmiş açık veri formatlarına yönelik mevcut eğilimler ve bunların sektör üzerindeki potansiyel etkileri tartışılmaktadır. Tersine mühendislik teknikleri de dahil olmak üzere kapalı sistemlerden bilgi çıkarmaya yönelik alternatif yaklaşımlar sunulmuştur. İnşaatta tasarım ve veri analizi süreçlerini otomatikleştirmek için yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamalarına yönelik beklentiler analiz edilmektedir. Yazılım satıcılarının çıkarlarından ziyade kullanıcıların gerçek ihtiyaçlarına yönelik tasarım teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik tahminler formüle edilmiştir.

BÖLÜM 6.1.
İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BIM- KAVRAMLARININ ORTAYA ÇIKIŞI

Aslında CAD (BIM) konusuna ayrılmış olan bu altıncı bölüm kitabın ilk versiyonuna dahil edilmemişti. Tescilli formatlar, geometrik çekirdekler ve kapalı sistemler konuları aşırı teknik, aşırı detay yüklü ve sadece verilerle nasıl çalışılacağını anlamak isteyenler için faydasız görünüyor. Ancak, geri bildirimler ve kitabın ilk versiyonuna açıklama ekleme talepleri, CAD sistemlerinin iç işleyişinin karmaşıklığını, geometri çekirdeklerini, aynı veriler için çeşitli formatları ve uyumsuz depolama şemalarını anlamadan, satıcılar tarafından desteklenen kavramların neden genellikle bilgiyle çalışmayı zorlaştırdığını ve açık parametrik tasarıma geçişi engellediğini gerçekten anlamanın imkansız olduğunu gösterdi. Bu nedenle bu bölüm kitabın yapısında kendi yerini almıştır. CAD (BIM) sizin için bir öncelik değilse, doğrudan bir sonraki bölüme geçebilirsiniz - "BÖLÜM VII: Veriye dayalı karar verme, analitik, otomasyon ve makine öğrenimi".

CAD- satıcılarının pazarlama kavramları olarak BIM ve açık BIM 'in ortaya çıkış tarihi

1990'larda dijital verilerin ortaya çıkmasıyla birlikte bilgisayar teknolojisi sadece iş süreçlerinde değil tasarım süreçlerinde de kullanılmaya başlanmış ve CAD (bilgisayar destekli tasarım sistemleri) ve daha sonra BIM (bina bilgi modellemesi) gibi kavramlar ortaya çıkmıştır

Ancak, her yenilik gibi bunlar da gelişimin son noktası değildir. BIM gibi kavramlar inşaat sektörünün tarihinde önemli bir kilometre taşı haline gelmiştir, ancak er ya da geç yerlerini geleceğin zorluklarını daha iyi karşılayacak daha iyi araçlara ve yaklaşımlara bırakabilirler.

> CAD satıcılarının etkisi altında ezilen ve kendi uygulamasının karmaşıklığı nedeniyle kafası karışan 2002 yılında ortaya çıkan BIM kavramı, parlak bir şekilde parlayan ancak hızla kaybolan bir rock yıldızı gibi otuzuncu yıldönümünü göremeyebilir. Nedeni basit: veri bilimcilerin talepleri CAD tedarikçilerinin uyum sağlayabileceğinden daha hızlı değişiyor.

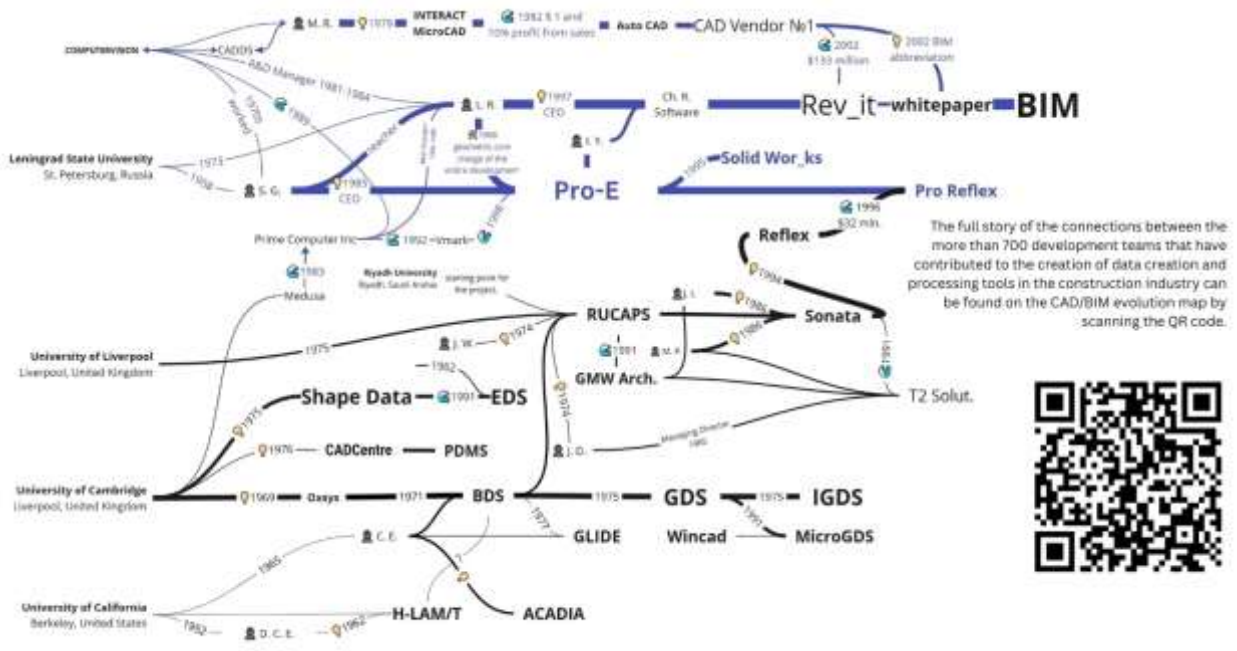
Kaliteli veri eksikliği ile karşı karşıya kalan günümüz inşaat sektörü profesyonelleri, analiz ve işlemlerini basitleştirmek için platformlar arası birlikte çalışabilirlik ve CAD- projelerinden açık verilere erişim talep etmektedir. CAD verilerinin karmaşıklığı ve CAD verilerinin kafa karıştırıcı bir şekilde işlenmesi, inşaat sürecine dahil olan herkes üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir: tasarımcılar, proje yöneticileri, sahadaki inşaat işçileri ve nihayetinde müşteri.

Bugün müşteri ve yatırımcı, operasyon için tam teşekküllü bir veri seti yerine, karmaşık geometrik çekirdekler, veri şemalarının anlaşılması, yıllık olarak güncellenen API -dokümantasyonu ve verilerle çalışmak için özel CAD yazılımı (BIM) gerektiren CAD- formatlarında konteynerler almaktadır. Aynı zamanda, tasarım verilerinin çoğu kullanılmadan kalmaktadır.

Günümüzün tasarım ve inşaat dünyasında CAD verilerine erişimin karmaşıklığı, proje yönetiminin aşırı mühendislik gerektirmesine yol açmaktadır. CAD verileriyle çalışan veya BIM çözümleri geliştiren orta ve büyük ölçekli şirketler, verilere API'ler aracılığıyla erişmek için CAD satıcıları çözümleriyle yakın ilişkiler sürdürmek veya açık veri elde etmek için pahalı SDK dönüştürücüleri tersine mühendislik kullanarak CAD satıcısı kısıtlamalarını atlamak zorunda kalmaktadır [75].

> Tescilli veri yaklaşımının modası geçmiştir ve artık günümüzün dijital ortamının taleplerini karşılamamaktadır. Gelecekte şirketler ikiye ayrılacak: açık verileri etkin bir şekilde kullananlar ve pazardan çıkanlar.

BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) kavramı, 2002 yılında büyük CAD tedarikçilerinden biri olan Whitepaper BIM'in [54] yayınlanmasıyla inşaat sektöründe ortaya çıkmış ve makine mühendisliği kavramı BOM (Malzeme Listesi) ile desteklenerek proje verilerinin oluşturulması ve işlenmesine yönelik parametrik yaklaşımdan kaynaklanmıştır (Şekil 6.1-1). Tasarım verilerinin oluşturulması ve işlenmesine yönelik parametrik yaklaşım, makine mühendisliği tasarımı için Pro-E sisteminde (MCAD) ilk uygulananlardan biriydi. Bu sistem, günümüzde inşaat sektöründe kullanılanlar da dahil olmak üzere birçok modern CAD çözümü için bir prototip [111] haline gelmiştir.



Şekil 6.1-1 BIM kavramının tarihçesi haritası ve benzer kavramlar.

2000'li yılların başına kadar CAD araçlarını -satıcılarını tanıtan gazeteciler ve AEC danışmanları, 2002 yılından itibaren dikkatlerini BIM Beyaz Bültenine çevirmişlerdir. BIM kavramının inşaat sektöründe yaygınlaşmasında kilit rol oynayan 2002-2004 BIM Whitepaper ve 2002, 2003, 2005 ve 2007 yıllarında yayınlanan makaleler olmuştur [112].

> *Yapı Bilgi Modellemesi bir stratejidir..... [CAD satıcısı şirket adı] bilgi teknolojisini inşaat sektörüne uygulamak için.*
>
> - BIM Whitepaper, 2002 [60]

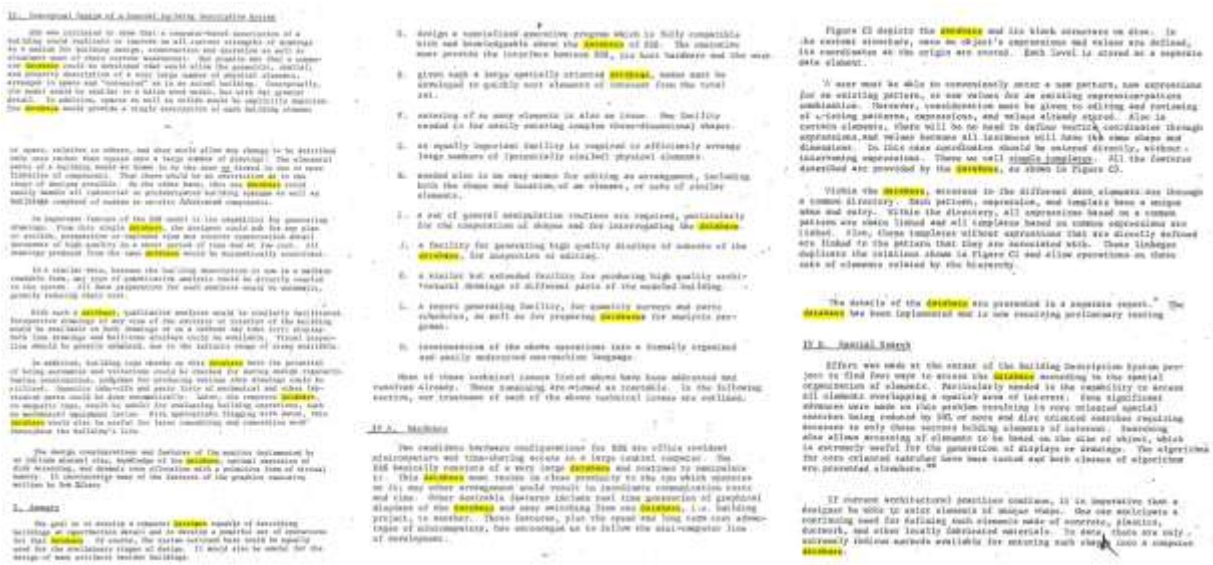
2000'li yılların ortalarında "araştırmacılar", 2002 yılında CAD- satıcısı tarafından yayınlanan BIM-konseptini, Charles Eastman'ın GLIDE, GBM, BPM, RUCAPS gibi sistemlerin temelini oluşturan BDS gibi daha önceki bilimsel çalışmalarla ilişkilendirmeye başladılar. Charles Eastman, öncü çalışması Building Description System (1974) ile modern bilgi modellemesinin teorik temellerini atmıştır. "Veritabanı " terimi çalışmasında 43 kez geçmektedir (Şekil 6.1-2) - "bina" kelimesi hariç diğerlerinden daha sık.

> Eastman'ın ana fikri, geometriden elemanların özelliklerine ve aralarındaki ilişkilere kadar bir binayla ilgili tüm bilgilerin tek bir yapılandırılmış veri tabanında saklanması gerektiğiydi. Bu veri tabanından çizimler, şartnameler, hesaplamalar ve kod uyumluluğu otomatik olarak oluşturulabilir ve analiz edilebilir. Eastman, çizimleri modası geçmiş ve gereksiz bir iletişim yöntemi olarak açıkça eleştirmiş, bilgilerin tekrarlanmasına, güncelleme sorunlarına ve değişiklikler yapıldığında manuel güncellemelere ihtiyaç duyulduğuna işaret etmiştir. Bunun yerine, herhangi bir değişikliğin bir kez yapıldığı ve otomatik olarak tüm görünümlere yansıtıldığı bir veritabanında tek bir dijital model önerdi.

Eastman'ın konseptinde görselleştirmeyi merkeze koymamış olması dikkat çekicidir. Sisteminin merkezinde bilgi vardı: parametreler, ilişkiler, nitelikler, analiz ve otomasyon yetenekleri. Onun anlayışında çizimler, tasarım bilgisinin birincil kaynağı değil, veritabanından gelen verilerin görüntülenme biçimlerinden yalnızca biriydi.

Önde gelen CAD satıcısının ilk BIM Whitepaper'ında "veritabanı " ifadesi Charles Eastman'ın BDS'sindeki kadar sık kullanılmıştır - yedi sayfa boyunca 23 kez [60] ve "Bina", "Bilgi", "Modelleme" ve "Tasarım "dan sonra belgedeki en popüler kelimelerden biriydi. Ancak 2003 yılına gelindiğinde "veritabanı" terimi benzer belgelerde sadece iki kez yer almış [61] ve 2000'li yılların sonlarına gelindiğinde veritabanları konusu tasarım verileri tartışmalarından neredeyse tamamen kaybolmuştur. Sonuç olarak, "görsel ve nicel analiz için tek bir entegre veritabanı" kavramı hiçbir zaman tam olarak gerçekleştirilememiştir.

Böylece inşaat sektörü, Charles Eastman'ın veritabanlarına vurgu yapan ilerici BDS konseptinden ve Samuel Geisberg'in makine mühendisliği ürünü Pro-E'deki (bugün inşaatta kullanılan popüler CAD çözümlerinin öncülü) veritabanlarından tasarım verilerinin otomatik olarak güncellenmesine ilişkin fikirlerinden, orijinal teorik konseptin arkasında bu olmasına rağmen veritabanları aracılığıyla veri yönetiminden neredeyse hiç bahsedilmeyen mevcut pazarlanan BIM'e geçmiştir.



Şekil 6.1-2 Charles Eastman tarafından 1974 yılında açıklanan BDS konseptinde, "Veritabanı" (sarı renkle vurgulanmıştır) ifadesi 43 kez kullanılmıştır.

BDS ve 2000'li yıllara kadar benzer kavramlar, bir görselleştirme aracından ziyade binaların dijital veritabanı olarak geliştirilmiştir. BIM 2002 yılında veritabanının arka planda kaldığı bir tasarım aracı haline geldi. 1990'lardaki BDS ve benzeri kavramlardan 2010'ların ortalarında BIM'e geçişte ne kaybettik?

- Açık veritabanları: BDS ve diğer benzer kavramlar analitiği, BIM ise tasarımı vurgulamıştır.
- Verilerle çalışma esnekliği: BDS veri analitiğini, BIM ise belirsiz verilere dayalı süreçleri vurgulamıştır.
- Şeffaflık: BDS açık entegre bir veritabanı olarak tasarlanırken, BIM'deki CAD satıcıları veritabanlarını tamamen kapalı hale getirmiş ve tescilli formatları açan tersine mühendislik araçlarına karşı 20 yıl boyunca başarısız bir şekilde mücadele etmiştir.

Son 30 yılda tasarımcılar hiçbir zaman 'entegre bir veri tabanına' erişemedi ve BIM araçları etrafında geçen yirmi yıllık pazarlama coşkusunun ardından inşaat sektörü bu modanın sonuçlarının farkına varmaya başlıyor.

BIM gerçeği: entegre veri tabanları yerine - kapalı modüler sistemler

CAD - (BIM-) sistemlerinin kullanıcıları, verilere odaklanmak, onları yapılandırmak ve birleşik süreçlere entegre etmek yerine, her biri kendi oyun kurallarını dikte eden parçalanmış bir dizi tescilli çözümle çalışmak zorunda kalmaktadır:

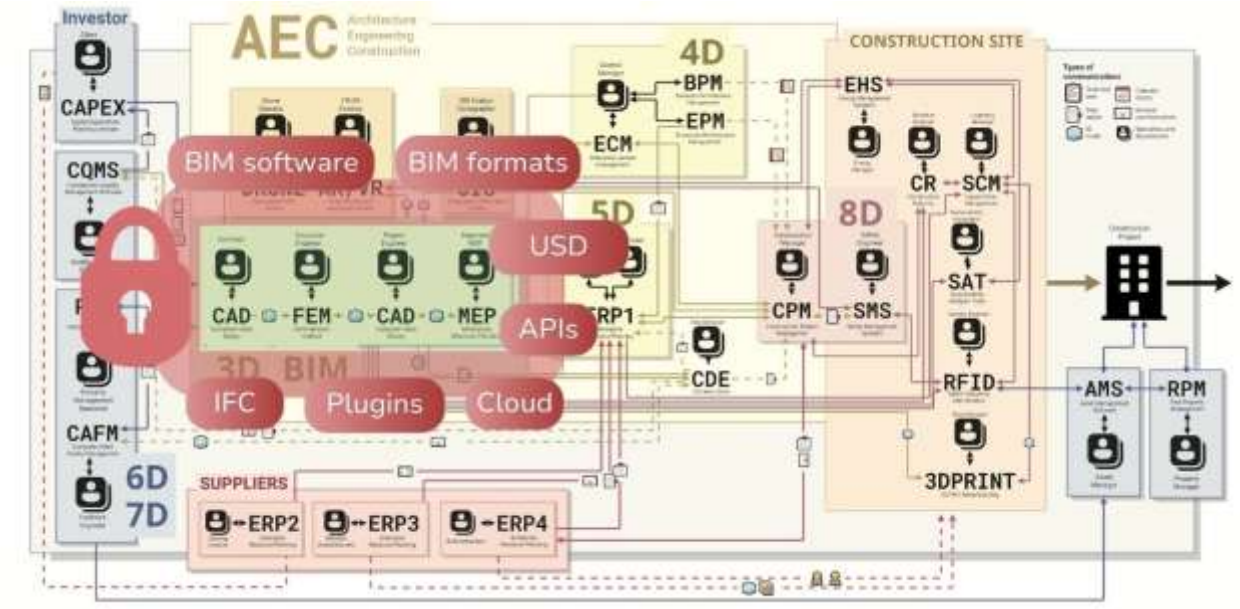
- İlk BIM Whitepaper' konu olan **tek veritabanı bir efsane olarak kalmıştır.** Yüksek sesli iddialara rağmen, verilere erişim hala sınırlıdır ve kapalı sistemler arasında dağıtılmıştır.
- **BIM** -modeller bir araçtan ziyade **kapalı** bir **ekosistem haline gelmiştir.** Şeffaf bilgi alışverişi yerine, kullanıcılar abonelikler için ödeme yapmaya ve tescilli API'leri kullanmaya

zorlanmaktadır.

- **Veriler kullanıcılara değil satıcılara aittir.** Proje bilgileri, açık ve bağımsız formatlarda mevcut olmak yerine tescilli formatlarda veya bulut hizmetlerinde kilitlidir.

Tasarım mühendisleri ve proje yöneticileri genellikle CAD veritabanına -sistemlerine veya kendi proje verilerinin depolandığı formata erişemezler. Bu durum, bilgilerin hızlı bir şekilde doğrulanmasını veya veri yapısı ve kalitesine ilişkin gereksinimlerin formüle edilmesini imkansız hale getirmektedir (Şekil 6.1-3). Bu tür verilere erişim, API'ler ve eklentiler aracılığıyla birbirine bağlanan bir dizi özel program gerektirmekte, bu da inşaat sektöründeki süreçlerin aşırı bürokratikleşmesine yol açmaktadır. Bu arada, bu veriler aynı anda düzinelerce bilgi sistemi ve yüzlerce uzman tarafından kullanılmaktadır.

> *Tüm bu verileri yönetebilmemiz [CAD (BIM)] dijital olarak depolayabilmemiz ve yaşam döngüsü ve süreç yönetimi yazılımı satabilmemiz gerekiyor, çünkü [CAD yazılımında] bir şey yaratan **her mühendis** [tasarımcı] için, bu verilerle çalışan **on kişi var**" [41].*
>
> - CAD CEO'su - BIM konseptini yaratan satıcı, 2005.



Şekil 6.1-3 CAD- (BIM-) veritabanları, inşaat iş ekosistemindeki BT departmanları ve veri yöneticileri için son kapalı sistemlerden biri olmaya devam etmektedir.

> BIM 'un tam teşekküllü bir veritabanı yönetim aracından ziyade veritabanlarını ticarileştirmenin bir aracı olduğu ortaya çıktığında, mantıklı bir soru ortaya çıkmaktadır: verilerin kontrolü nasıl yeniden kazanılır? Cevap, yazılım satıcısının değil kullanıcının bilginin sahibi haline geldiği açık veri yapılarını kullanmaktır.

İnşaat sektöründeki kullanıcılar ve çözüm geliştiriciler, diğer sektörlerdeki meslektaşları gibi, kaçınılmaz olarak son 30 yıla hakim olan belirsiz yazılım satıcısı terminolojisinden uzaklaşacak ve dijitalleşmenin temel yönleri olan 'veri' ve 'süreçlere' odaklanacaklardır.

1980'lerin sonlarında, inşaatta dijital gelişimin kilit alanı veri erişimi ve proje bilgi yönetimi meselesi olarak sunuluyordu. Ancak zaman içinde odak noktası değişti. Verilerle çalışmaya yönelik şeffaf ve erişilebilir yaklaşımlar geliştirmek yerine, IFC formatı ve açık BIM konsepti, uzmanların dikkatini proje veritabanı yönetimi konularından başka yöne çekme girişimleri olarak aktif bir şekilde desteklendi.

Açık format IFC'nin ortaya çıkışı inşaat sektöründe

Sözde açık format IFC (Industry Foundation Classes), farklı CAD (BIM -) sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak için bir standart olarak konumlandırılmıştır. Geliştirilmesi, büyük CAD satıcıları tarafından oluşturulan ve kontrol edilen kuruluşlar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. IFC formatına dayanarak, 2012 yılında iki CAD- şirketi OPEN BIM pazarlama konseptini geliştirmiştir[63].

> **IFC** (Industry Foundation Classes), farklı CAD - (BIM-) sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak için tasarlanmış, inşaat sektöründe veri alışverişi için açık bir standarttır.

Açık BIM - konsepti, CAD veritabanlarındaki bilgilerle çalışmayı ve CAD verilerinin alışverişi için açık bir format olan IFC aracılığıyla sistemler arasında bilgi alışverişini içerir.

> *Açık BIM Programı,... [1 CAD satıcısı],... [2 CAD satıcısı] ve diğer şirketler tarafından, program katılımcılarına sunulan tutarlı iletişim ve ortak markalama ile AEC endüstrisi genelinde OPEN BIM konseptinin küresel koordineli tanıtımını teşvik etmek ve kolaylaştırmak için başlatılan bir pazarlama kampanyasıdır.*
>
> - CAD satıcısı web sitesinden, OPEN BIM Programı, 2012 [113]

IFC Münih Teknik Üniversitesi tarafından 1980'lerin sonunda makine mühendisliği formatı STEP'ten uyarlanmış ve daha sonra büyük bir tasarım şirketi ve büyük bir CAD satıcısı tarafından 1994 yılında IAI'yi (Industry Alliance for Interoperability) oluşturmak üzere tescil edilmiştir [114] (Şekil 6.1-4). IFC formatı, farklı CAD sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak için geliştirilmiştir ve 1979 yılında NIST (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) ve ABD Savunma Bakanlığı'nın desteğiyle bir grup CAD kullanıcısı ve satıcısı tarafından oluşturulan IGES formatından ortaya çıkan STEP makine mühendisliği formatında belirtilen ilkelere dayanmaktadır [115].

Ancak, IFC'nin karmaşık yapısı, geometrik çekirdeğe olan yakın bağımlılığı ve formatın farklı yazılım çözümleri tarafından uygulanmasındaki tutarsızlıklar, pratik uygulamasında birçok soruna yol açmıştır. Benzer zorluklar - detay kaybı, doğruluk sınırlaması ve ara format kullanma ihtiyacı - daha önce makine

mühendisliği uzmanları tarafından IFC'nin ortaya çıktığı IGES ve STEP formatları ile çalışırken karşılaşılmıştır.

Şekil 6.1-4 Geliştirme ekipleri ve CAD ürünleri arasındaki bağlantıların haritası (BIM) [116].

> 2000 yılında, IFC formatını tescil ettiren ve IAI (daha sonra bS) organizasyonunu kuran aynı CAD satıcısı, "Entegre Tasarım ve Üretim: Faydaları ve Gerekçeleri" başlıklı Beyaz Bülteni yayınladı [65]. Makalede, IGES, STEP [IFC ile aynı] gibi tarafsız formatlar kullanılmadan, aynı sistem içindeki programlar arasında alışveriş yapılırken tam veri ayrıntı düzeyinin korunmasının önemi vurgulanmıştır. Bunun yerine, bilgilerin doğruluğunun kaybolmasını önlemek için uygulamaların temel CAD veritabanına doğrudan erişime sahip olması önerilmiştir.

2002 yılında aynı CAD satıcısı parametrik BOM ürününü satın alır (Şekil 3.1-18, daha fazla ayrıntı üçüncü bölümün kısmında) ve bunun temelinde BIM konseptini oluşturur. Sonuç olarak, inşaat projesi verilerinin alışverişinde yalnızca kapalı CAD formatları veya IFC formatı (STEP) kullanılmaktadır; bu formatın sınırlamaları, 2000 yılında bu formatı inşaat sektörüne getiren CAD satıcısının kendisi tarafından yazılmıştır.

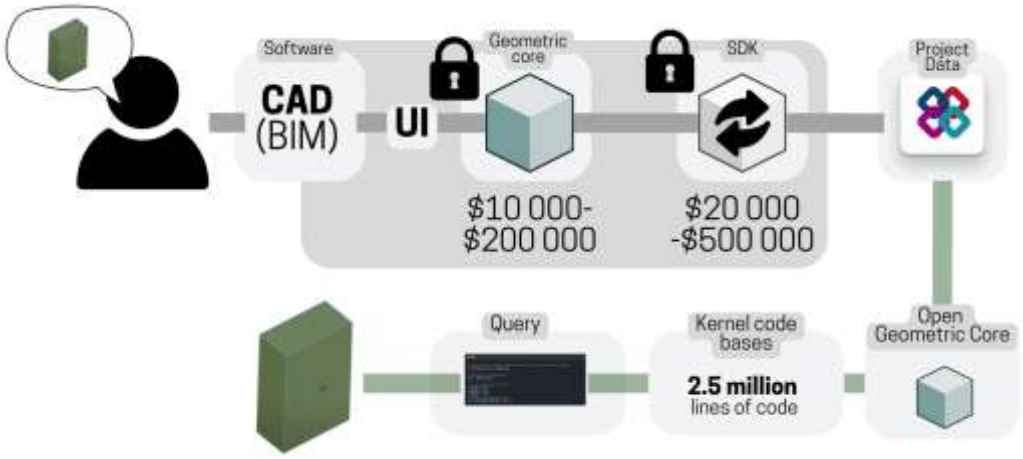
Bina verisi oluşturma ve işleme araçlarına dahil olan 700'den fazla geliştirme ekibinin etkileşiminin ayrıntılı bir geçmişi "CAD'in (BIM) Evrimi" haritasında sunulmuştur [116] [116].

Açık form IFC tasarım elemanlarının geometrik bir tanımından ve meta-bilginin bir tanımından oluşur. Geometriyi IFC formatında temsil etmek için CSG ve Swept Solids gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır: ancak, parametrik gösterim BREP, CAD- (BIM-) programlarından dışa aktarılırken bu format desteklendiğinden ve IFC'yi CAD programlarına geri aktarırken elemanların potansiyel olarak düzenlenmesine izin verdiğinden, eleman geometrisini IFC formatında aktarmak için önde gelen standart haline gelmiştir.

Geometrik çekirdeğe bağlı olarak IFC format sorunu

Çoğu durumda, IFC adresindeki geometri parametrik olarak tanımlandığında (BREP), proje varlıklarının hacim veya alan gibi geometrik özelliklerini yalnızca bir IFC dosyasıyla görselleştirmek veya almak imkansız hale gelir, çünkü bu durumda geometriyle çalışmak ve görselleştirmek için, başlangıçta eksik olan bir geometri çekirdeği (Şekil 6.1-5) gereklidir.

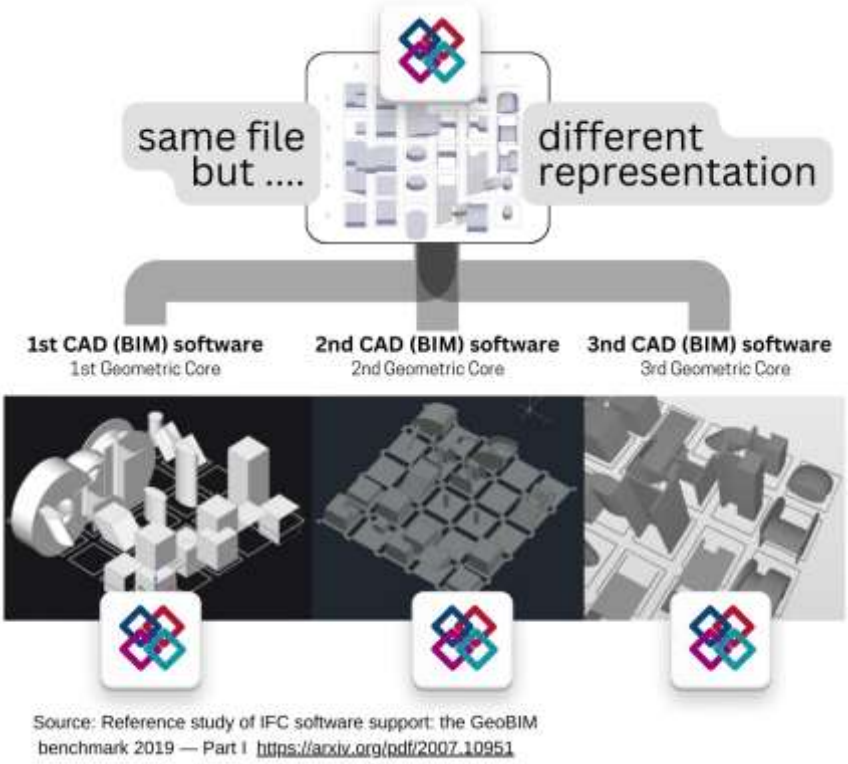
> **Geometri çekirdeği** CAD (CAD), BIM ve diğer mühendislik uygulamalarında geometrik nesnelerin oluşturulması, düzenlenmesi ve analiz edilmesi için temel algoritmalar sağlayan bir yazılım bileşenidir. 2D ve 3D -geometri oluşturmaktan ve Boole işlemleri, yumuşatma, kesişmeler, dönüşümler ve görselleştirme gibi işlemlerden sorumludur.



Şekil 6.1-5 Günümüzde CAD- yazılımı aracılığıyla geometri oluşturmak, genellikle CAD satıcılarına ait olmayan tescilli geometri çekirdekleri ve SDK'lar aracılığıyla gerçekleşmektedir.

Her CAD programının ve parametrik veya IFC formatlarıyla çalışan programların kendi veya satın alınmış geometrik çekirdeği vardır. IFC -BREP formatındaki ilkel elemanlarla herhangi bir sorun yaşanmaz ve farklı geometrik çekirdeklere sahip programlarda bu elemanlar benzer şekilde görüntülenebilir, ancak farklı geometrik çekirdek motorlarıyla ilgili sorunların yanı sıra, doğru görüntüleme için kendi özelliklerine sahip yeterli eleman vardır. Bu sorun 2019 yılında yayınlanan "A reference study of IFC software support" adlı uluslararası çalışmada detaylı olarak ele alınmıştır [117].

> *Aynı standartlaştırılmış veri kümeleri çelişen sonuçlar üretmekte, çok az ortak model bulunmakta ve muhtemelen standart veri modelinin çok karmaşık olması nedeniyle standardın desteklenmesinde ciddi sorunlar yaşanmaktadır [IFC]. Standartların kendileri burada kısmen suçludur, çünkü genellikle bazı ayrıntıları tanımsız bırakırlar, yüksek serbestlik dereceleri ve çeşitli olası yorumlarla. Nesnelerin organizasyonunda ve depolanmasında yüksek karmaşıklığa izin verirler, bu da etkili evrensel anlayışa, benzersiz uygulamalara ve tutarlı veri modellemesine elverişli değildir [117].*
>
> - IFC yazılım desteği referans çalışması, 2021



Şekil 6.1-6 Farklı geometrik çekirdekler, parametrik olarak tanımlanan aynı geometrinin farklı temsillerini verir ([117] temel alınmıştır).

"Belirli hükümlerin" doğru anlaşılması, IFC'yi geliştiren özel kuruluşların ücretli üyeleri tarafından kullanılabilir. Sonuç olarak, IFC'nin belirli özellikleri hakkında önemli bilgilere erişmek isteyen herkes, büyük CAD- satıcılarıyla işbirliği yapmaya veya kendi araştırmasıyla özelliklerin niteliksel bir değerlendirmesine ulaşmaya çalışacaktır

> *IFC formatı üzerinden veri içe ve dışa aktarma hakkında bir soruyla karşılaştınız ve diğer satıcılara sordunuz: "IFC dosyasında tesislerin parametrik aktarımı hakkında neden bu kadar bilgi var? Açık spesifikasyon bu konuda hiçbir şey söylemiyor". "Daha bilgili" Avrupalı satıcılardan gelen cevap: "Evet, söylenmiyor ama buna izin veriliyor".*
>
> - CAD 2021 geliştiricisinin röportajından [118]

IFC geometriyi parametrik ilkeller aracılığıyla tanımlar, ancak gömülü bir çekirdek içermez - bu rol, geometriyi geometri çekirdeği aracılığıyla derleyen CAD programı tarafından yerine getirilir. Geometri çekirdeği matematiksel hesaplamaları gerçekleştirir ve kesişimleri tanımlar, IFC ise sadece yorumlanması için veri sağlar. IFC hatalı yüzeyler içeriyorsa, farklı geometri çekirdeklerine sahip farklı programlar çekirdeğe bağlı olarak bunları görmezden gelebilir veya hata üretebilir.

> Sonuç olarak, IFC formatıyla çalışmak için, kesin bir cevap bulmanın zor olduğu ana soruyu cevaplamak gerekir - projenin IFC'nin elde edildiği CAD programında orijinal olarak sahip olduğu veri kalitesini elde etmek için hangi araç, hangi geometrik çekirdek ile kullanılmalıdır?

Veri kalitesi sorunları ve IFC formatının karmaşıklığı, süreç otomasyonu, analizi ve veri işleme için tasarım verilerinin doğrudan kullanımına izin vermemekte, bu da geliştiricileri kaçınılmaz olarak kapalı CAD - verilere "kaliteli" erişime sahip çözümler kullanma ihtiyacına yönlendirmektedir[63], bu durum IFC'yi 1994 yılında tescil ettiren satıcının kendisi tarafından yazılmıştır [65].

Geometri çekirdeğinde IFC parametrelerinin eşleştirilmesi ve oluşturulmasına ilişkin tüm özellikler, yalnızca geometri çekirdekleriyle çalışma deneyimine sahip büyük geliştirici ekipleri tarafından gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, IFC formatının özelliklerine ve karmaşıklığına ilişkin mevcut uygulama, öncelikle CAD- satıcıları için faydalıdır ve standardın artan karmaşıklığı aslında küçük piyasa oyuncuları için engeller oluşturduğunda, büyük yazılım satıcılarının "benimse, genişlet, yok et" stratejisiyle çok ortak noktası vardır [94].

Böyle bir stratejide büyük satıcıların stratejisi, açık standartları uyarlamak, kendi uzantılarını ve özelliklerini ekleyerek ürünlerine kullanıcı bağımlılığı yaratmak ve böylece rakiplerini saf dışı bırakmak olabilir.

> Farklı CAD- (BIM-) sistemleri arasında evrensel bir köprü olması amaçlanan IFC formatı, gerçekte, orijinal olarak ortaya çıktığı STEP formatına benzer şekilde, farklı CAD platformlarının geometrik çekirdekleri arasındaki uyumluluk sorunlarının bir göstergesi rolünü yerine getirmektedir.

Sonuç olarak, bugün IFC ontolojisinin tam ve yüksek kaliteli bir uygulaması, tüm varlıkları ve bunların kendi dahili geometri çekirdeği ile eşleştirilmesini desteklemek için önemli kaynaklara yatırım

yapabilen büyük CAD satıcıları için mümkündür. Büyük satıcılar ayrıca IFC formatı geliştirme organizasyonlarındaki en aktif katılımcının bile ulaşamayabileceği özelliklerin teknik detaylarını kendi aralarında koordine etme yeteneğine sahiptir.

> Birlikte çalışabilir formatların geliştirilmesini desteklemeye çalışan küçük bağımsız ekipler ve açık kaynaklı projeler için kurum içi bir geometri çekirdeğinin olmaması ciddi bir sorun haline gelmektedir. Bu olmadan, platformlar arası veri alışverişi ile ilgili tüm çeşitli incelikleri ve nüansları hesaba katmak neredeyse imkansızdır.

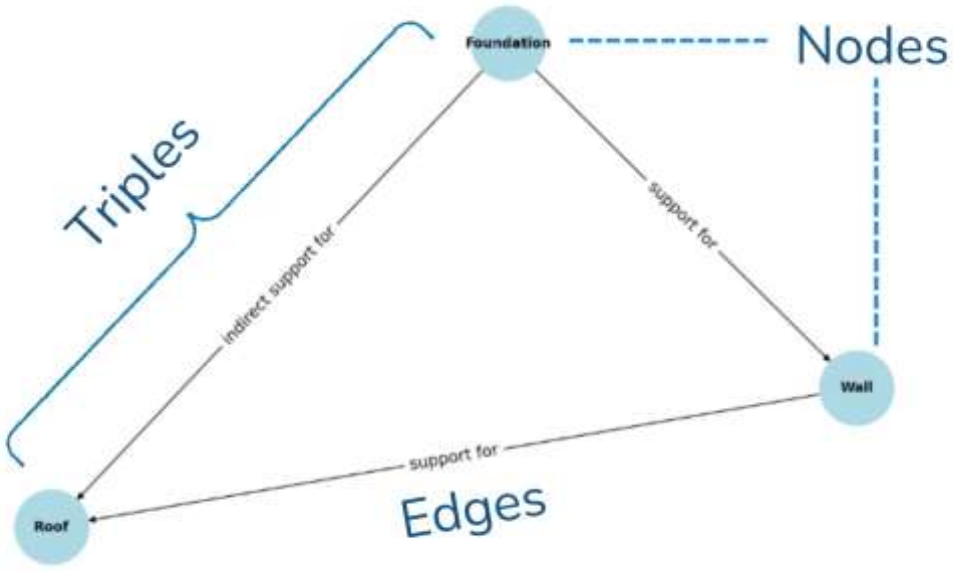
IFC parametrik formatının ve açık BIM konseptinin geliştirilmesiyle birlikte inşaat sektöründe ontolojinin ve semantiğin veri ve süreç yönetimindeki rolüne ilişkin tartışmalar yoğunlaşmıştır.

Anlambilim ve ontoloji konusunun inşasında görünüm

1990'ların semantik internet fikirleri ve IFC formatının geliştirilmesinde yer alan kuruluşların çabaları sayesinde semantik ve ontolojiler 2020'lerin ortalarında inşaat sektöründe tartışılan standardizasyonun temel unsurlarından bazıları haline gelmiştir.

> Semantik teknolojiler, büyük heterojen veri dizilerinin birleştirilmesi, standartlaştırılması ve değiştirilmesi ve karmaşık aramaların uygulanmasıdır.

OWL (Web Ontoloji Dili), RDF grafikleri -üçlüler (Kaynak Tanımlama Çerçevesi) olarak temsil edilir (Şekil 6.1-7), anlamsal verileri depolamak için kullanılır. OWL, türleri "Veri modelleri: veri ilişkileri ve öğeler arasındaki ilişkiler" bölümünde daha ayrıntılı olarak ele aldığımız çizge veri modellerine atıfta bulunur.



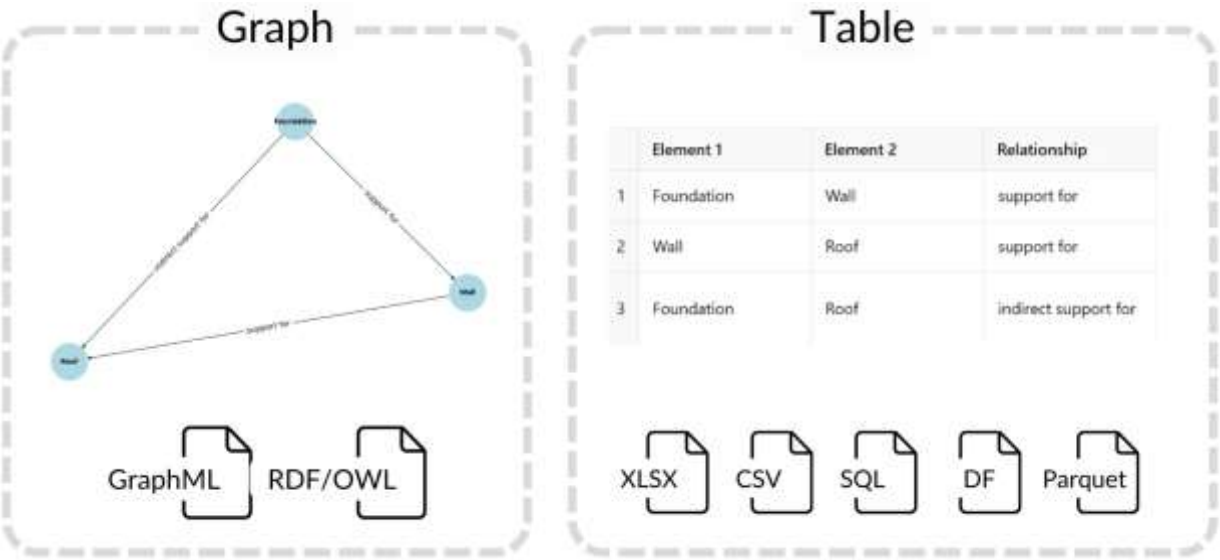
Şekil 6.1-7 RDF veri modeli: Yapı taşları arasındaki ilişkileri gösteren Düğümler, Kenarlar ve Üçlüler.

Teorik olarak, risoner'ların (otomatik mantıksal çıkarım yazılımı) mantıksal çıkarımı, ontolojilerden yeni ifadelerin türetilmesine olanak tanır. Örneğin, bina ontolojisi "bir temel bir duvar için destektir" ve "bir duvar bir çatı için destektir" (Şekil 6.1-7) şeklinde kayıtlıysa, risoner otomatik olarak "bir temel bir çatı için destektir" çıkarımını yapabilir.

Böyle bir mekanizma veri analizini optimize etmek için kullanışlıdır çünkü tüm bağımlılıkları açıkça belirtmekten kaçınır. Bununla birlikte, yeni bilgi yaratmaz, sadece zaten bilinen gerçekleri tanımlar ve yapılandırır.

> Anlambilim kendi başına yeni bir anlam ya da bilgi yaratmaz ve bu yönüyle diğer veri depolama ve işleme teknolojilerinden üstün değildir. İlişkisel veritabanlarındaki verileri üçlüler olarak temsil etmek onları daha anlamlı hale getirmez. Tabloları grafik yapılarla değiştirmek veri modellerini birleştirmek, kolay erişim ve güvenli düzenleme için faydalı olabilir, ancak veriyi "daha akıllı" hale getirmez - bilgisayar içeriğini daha iyi anlamaya başlamaz.

Verilerdeki mantıksal ilişkiler karmaşık semantik teknolojiler olmadan düzenlenebilir (Şekil 6.1-8). Geleneksel ilişkisel veri tabanlarının (SQL) yanı sıra CSV veya XLSX formatları da benzer bağımlılıkların oluşturulmasına izin verir. Örneğin, sütunlu bir veritabanında bir "çatı desteği" alanı ekleyebilir ve bir duvar oluştururken çatıyı otomatik olarak temelle ilişkilendirebilirsiniz. Bu yaklaşım, RDF, OWL, grafikler veya risoner'lar kullanılmadan uygulanmakta ve verilerin depolanması ve analiz edilmesi için basit ve verimli bir çözüm olarak kalmaktadır.



Şekil 6.1-8 Aynı mantıksal ilişkileri temsil etmek için grafik ve tablo veri modellerinin karşılaştırılması.

Bir dizi büyük inşaat şirketinin ve IFC format geliştirme kuruluşunun [94] 1990'ların sonunda umut verici görünen semantik web konseptini takip etme kararı, inşaat sektöründe standartların geliştirilmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur.

Ancak buradaki paradoks, başlangıçta İnternet için tasarlanan anlamsal web kavramının kendi doğal ortamında bile yaygın olarak benimsenmemiş olmasıdır. RDF ve OWL geliştirilmesine rağmen, tam teşekküllü semantik web orijinal konseptinde ortaya çıkmamıştır ve yaratılması zaten olası değildir.

Semantik teknolojiler inşaat sektöründe neden beklentileri karşılayamıyor?

Diğer endüstriler, anlambilimden yararlanmak için teknolojilerin sınırlamalarıyla karşı karşıya kalmıştır. Oyun endüstrisinde, oyun nesnelerini ve bunların etkileşimlerini ontolojiler aracılığıyla tanımlama girişimlerinin yüksek değişim dinamikleri nedeniyle etkisiz olduğu kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, algoritmik çözümlerle birlikte XML ve JSON gibi daha basit veri formatları tercih edilmiştir. Gayrimenkul sektöründe de durum benzerdi: terminolojideki bölgesel farklılıklar ve sık piyasa değişiklikleri nedeniyle, ontolojilerin kullanımının aşırı karmaşık olduğu kanıtlanırken, RETS [119] gibi basit veritabanları ve standartlar veri alışverişinin zorluklarıyla daha iyi başa çıkabiliyordu.

> İşaretlemenin karmaşıklığı, yüksek emek-yoğun destek ve düşük geliştirici motivasyonu gibi teknik zorluklar semantik web'in ve ekonominin diğer sektörlerinde benimsenmesini yavaşlatmıştır. RDF (Kaynak Tanımlama Çerçevesi) kitlesel bir standart haline gelmedi ve ontolojiler çok karmaşık ve ekonomik olarak gerekçesiz olduğunu kanıtladı.

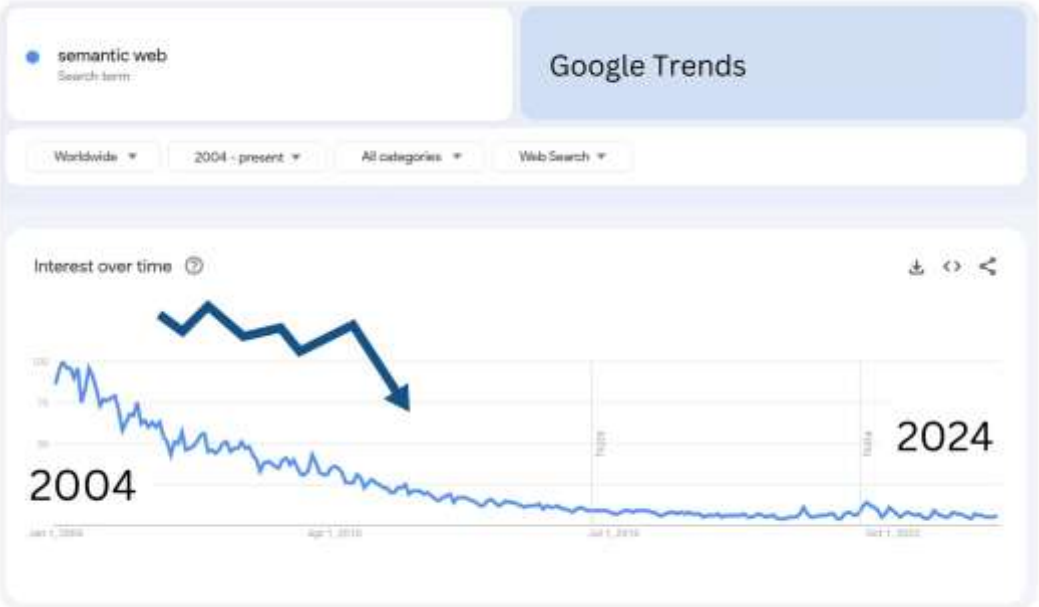
Sonuç olarak, küresel bir semantik web oluşturma yönündeki iddialı fikir hayata geçirilememiştir. Teknolojinin ontolojiler ve SPARQL gibi bazı unsurları kurumsal çözümlerde kendine yer bulmuş olsa

da, tek bir kapsamlı veri yapısı oluşturma yönündeki asıl hedefe ulaşılamamıştır.

Bilgisayarların içeriği anlamlandırabildiği bir İnternet konseptinin teknik olarak zor ve ticari olarak kârsız olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle bu fikri destekleyen şirketler sonunda kullanımını bireysel faydalı araçlara indirgeyerek RDF ve OWL 'yi bir bütün olarak İnternet yerine son derece uzmanlaşmış kurumsal ihtiyaçlar için bıraktılar. Son 20 yıldaki Google Trendlerinin (Şekil 6.1-9) analizi, anlamsal web için daha fazla umut olmayabileceğini göstermektedir.

> *Varlıkları gereksiz yere çoğaltmaya gerek yoktur. Bir olguyu eşit derecede iyi açıklayan mantıksal olarak tutarlı birkaç açıklama varsa, diğer her şey eşit olduğunda, bunlardan en basit olanı tercih edilmelidir.*
>
> 'ın Usturası

Burada mantıklı bir soru ortaya çıkmaktadır: popüler yapılandırılmış sorgular (SQL, Pandas, Apache®) kullanarak veri işlemek varken neden yapıda üçüzler, yükselticiler ve SPARQL kullanılsın? Kurumsal uygulamalarda SQL, veritabanlarıyla çalışmak için standarttır. SPARQL ise tam tersine karmaşık çizge yapıları ve özel yazılımlar gerektirmekte ve Google'daki eğilimlere göre geliştiricilerin ilgisini çekmemektedir.

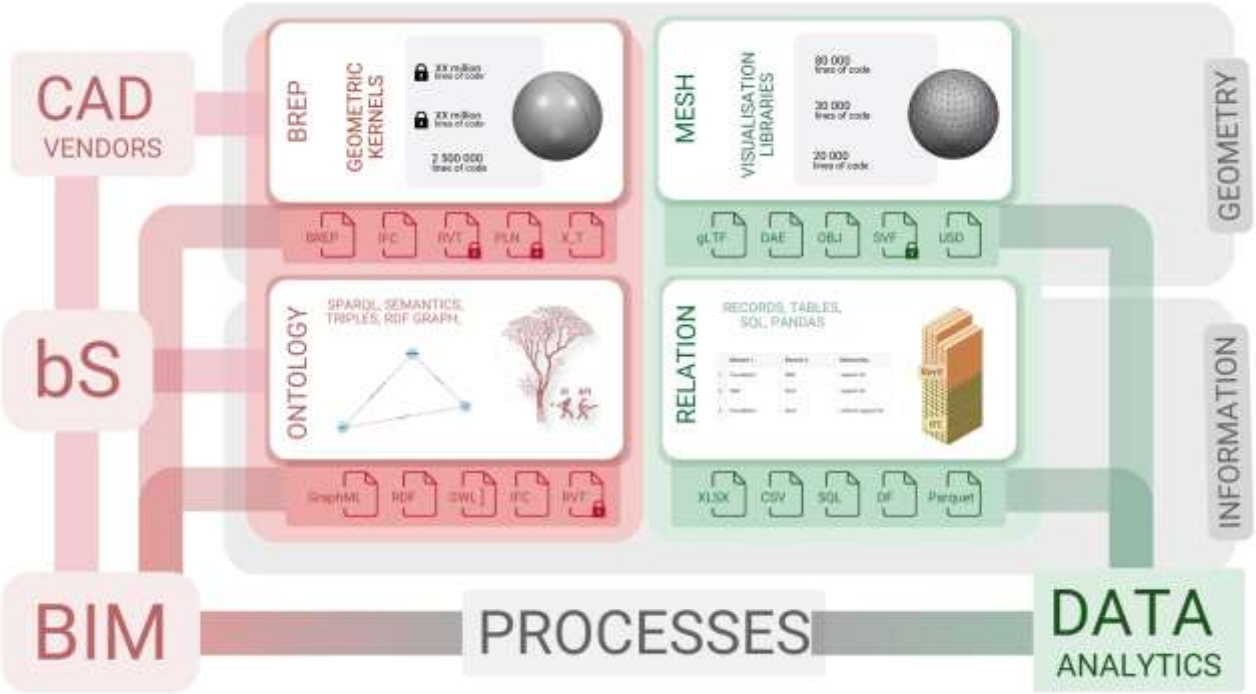


Şekil 6.1-9 Google istatistiklerine göre "semantik internet" sorgularına olan ilgi.

Grafik veritabanları ve sınıflandırma ağaçları bazı durumlarda yararlı olabilir, ancak bunların uygulanması çoğu günlük görev için her zaman haklı değildir. Sonuç olarak, bilgi grafiklerinin oluşturulması ve anlamsal web teknolojilerinin kullanılması yalnızca farklı kaynaklardan gelen verilerin birleştirilmesi veya karmaşık mantıksal sonuçların gerçekleştirilmesi gerektiğinde anlamlıdır.

> Tablolardan grafik veri modellerine geçmek aramayı iyileştirir ve bilgi akışını birleştirir, ancak verileri makineler için daha anlamlı hale getirmez. Asıl soru anlamsal teknolojilerin kullanılıp kullanılmayacağı değil, nerede gerçekten fark yaratacağıdır. Şirketinizde ontoloji, semantik ve grafik veritabanlarını uygulamadan önce, hangi şirketlerin bu teknolojileri başarıyla kullandığını ve nerede başarısız olduklarını öğrenin.

İddialı beklentilere rağmen, semantik teknolojiler hiçbir zaman inşaat sektöründe verilerin yapılandırılması için evrensel bir çözüm haline gelmemiştir. Uygulamada, bu teknolojiler evrensel bir çözüme yol açmamış, sadece yeni karmaşıklıklar eklemiştir ve bu çabalar, beklentilerin gerçekliği çok aştığı Semantik İnternet konseptinin gerçekleşmemiş hedeflerini yansıtmaktadır.



Şekil 6.1-10 İnşaat süreçlerinde geometri ve bilgi: karmaşık CAD ve BIM- sistemlerinden analitik için basitleştirilmiş verilere.

BT'de semantik webin başarısızlıkları yeni teknolojilerin (büyük veri, IoT, makine öğrenimi, AR/VR) ortaya çıkmasıyla telafi edilirken, inşaat sektöründe böyle bir durum söz konusu değildir.

Proje unsurları arasındaki veri ilişkilerini iletmek için kavramları kullanmanın zorluklarına ek olarak, temel bir sorun da devam etmektedir - bu verilerin kullanılabilirliği. İnşaat sektöründe hala kapalı sistemlerin hakim olması, verilerle çalışmayı, bilgi paylaşmayı ve süreç verimliliğini artırmayı zorlaştırıyor.

Verilerin kapalı yapısı, inşaat sektöründe dijital çözümlerin geliştirilmesinin önündeki en önemli engellerden biri haline gelmektedir. Açık ve uyumlu veri formatlarının standart haline geldiği BT endüstrisinin aksine, CAD sektöründe (BIM) her yazılım kendi formatını kullanmakta, kapalı

ekosistemler yaratmakta ve kullanıcıları yapay olarak sınırlamaktadır.

BÖLÜM 6.2.
KAPALI PROJE FORMATLARI VE BIRLIKTE ÇALIŞABILIRLIK SORUNLARI

Kapalı veri ve düşen üretkenlik: CAD endüstrisinin çıkmazı (BIM)

CAD sistemlerinin tescilli yapısı, her programın kapalı ve dışarıdan erişilemeyen kendine özgü bir veri formatına sahip olmasına yol açmıştır - RVT, PLN, DWG, NDW, NWD, SKP veya oldukça karmaşık bir dönüştürme işlemi ile yarı yapılandırılmış biçimde mevcuttur - JSON, XML (CPIXML), IFC, STEP ve ifcXML, IfcJSON, BIMJSON, IfcSQL, CSV, vb..

Aynı projelerle ilgili aynı verilerin saklanabildiği farklı veri formatları yalnızca yapı bakımından farklılık göstermekle kalmaz, aynı zamanda geliştiricilerin uygulama uyumluluğunu sağlamak için dikkate almaları gereken dahili işaretlemenin farklı sürümlerini de içerir. Örneğin, 2025 tarihli bir CAD formatı 2026 tarihli bir CAD programında açılacaktır, ancak aynı proje CAD programının 2025'ten önce mevcut olabilecek tüm sürümlerinde asla açılmayacaktır.

> Veritabanlarına doğrudan erişim sağlamayarak, inşaat sektöründeki bir yazılım sağlayıcısı genellikle bir profesyonelin (tasarım mühendisi veya veri yöneticisi) verilere erişmek, verileri içe ve dışa aktarmak için kullanması gereken kendi benzersiz formatını ve araçlarını oluşturur.

Sonuç olarak, temel CAD (BIM) ve ilgili çözümlerin (örneğin ERP/PMIS)) satıcıları, ürünleri kullanmak için fiyatları sürekli olarak yükseltmekte ve sıradan kullanıcılar, formatlara göre veri aktarımının her aşamasında bir "komisyon" ödemek zorunda kalmaktadır [63]: kullanıcıların kendi oluşturdukları verilerle bağlantı kurmak, içe aktarmak, dışa aktarmak ve çalışmak için.

Popüler CAD - (BIM-) ürünlerinden bulut depolama alanındaki verilere erişim maliyeti 2025 yılında işlem başına 1 dolara ulaşacak [120] ve orta ölçekli şirketler için inşaat ERP -ürünlerine abonelikler yılda beş ve altı rakamlı meblağlara ulaşacak [121].

> Modern inşaat yazılımının özü, otomasyon veya artan verimlilik değil, mühendislerin inşaat projesi veri işlemenin kalitesini ve maliyetini, ayrıca inşaat projelerini üstlenen şirketlerin karlarını ve uzun vadeli hayatta kalmalarını etkileyen belirli bir yüksek uzmanlık yazılımını anlama becerisidir.

Düzinelerce başka sistemde ve yüzlerce süreçte kullanılan veritabanlarına CAD -sistemlerine erişim eksikliği [63] ve bunun sonucunda bireysel uzmanlar arasındaki kaliteli iletişim eksikliği, inşaat sektörünü verimlilik açısından ekonominin en verimsiz sektörlerinden biri durumuna getirmiştir [44].

CAD- (BIM-) tasarım uygulamalarının, yeni sistemlerin (ERP), yeni inşaat teknolojilerinin ve malzemelerinin ortaya çıktığı son 20 yılda, tüm inşaat sektörünün verimliliği%20 oranında düşerken (Şekil 2.2-1), veri tabanlarına ve pazarlama benzeri BIM kavramlarına erişimde büyük sorunlar

yaşamayan ekonominin tüm sektörlerinin genel verimliliği%70 oranında artmıştır (imalat sanayinde%96) [122].

Şekil 6.2-1 İnşaat sektöründe onlarca departmanın ve yüzlerce sürecin bağlı olduğu proje verilerinin yalıtılmışlığı ve karmaşıklığı nedeniyle, karar alma hızı diğer sektörlere göre birkaç kat daha yavaştır.

Bununla birlikte, CAD çözümleri arasında birlikte çalışabilirlik yaratmaya yönelik alternatif yaklaşımların münferit örnekleri de bulunmaktadır. Avrupa'nın en büyük inşaat şirketi tarafından 2018 yılında başlatılan SCOPE projesi [123], CAD- (BIM-) sistemlerinin klasik mantığının ötesine geçmenin nasıl mümkün olduğunu göstermektedir. SCOPE geliştiricileri, IFC 'ye boyun eğdirmeye çalışmak veya tescilli geometri çekirdeklerine güvenmek yerine, çeşitli CAD programlarından veri çıkarmak, bunları tek Açık Kaynak geometri çekirdeği OCCT 'ye dayalı OBJ veya CPIXML gibi tarafsız formatlara dönüştürmek ve ayrıca bunları inşaat ve tasarım şirketlerinin yüzlerce iş sürecine uygulamak için API'leri ve SDK'ları tersine mühendislik kullanmaktadır. Ancak, fikrin ilericiliğine rağmen, bu tür projeler ücretsiz geometrik çekirdeklerin sınırlamaları ve karmaşıklığı ile karşı karşıya kalmakta ve hala tek satıcılı çözümlerin mantığını yeniden üreten tek bir şirketin kapalı ekosistemlerinin bir parçası olarak kalmaktadırlar.

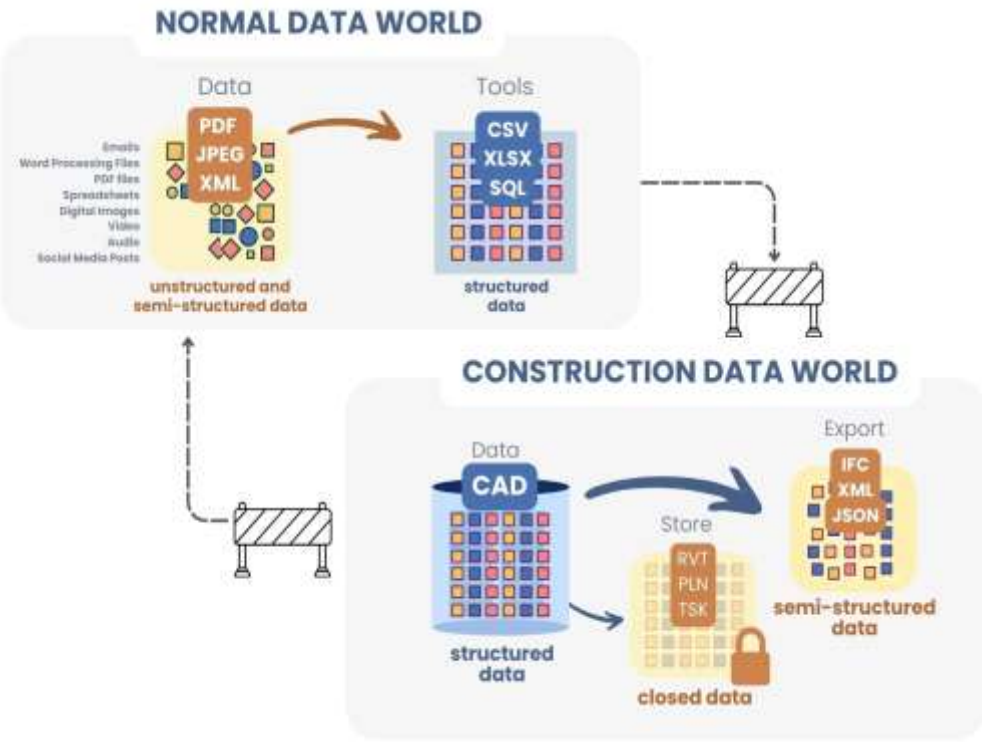
Kapalı sistemlerin sınırlamaları ve veri formatlarındaki farklılıkların yanı sıra bunların birleştirilmesi için etkili araçların bulunmaması nedeniyle, CAD formatlarıyla çalışmak zorunda olan şirketler, farklı derecelerde yapı ve kapalılığa sahip önemli miktarda veri birikimiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu veriler düzgün bir şekilde kullanılmamakta ve arşivlerde kaybolmakta, sonsuza kadar unutulmuş ve kullanılmamış olarak kalmaktadır.

> Tasarım aşamasında büyük çabalarla elde edilen veriler, karmaşıklığı ve kapalı yapısı nedeniyle daha sonra kullanılmak üzere erişilemez hale gelir.

Sonuç olarak, son 30 yılda inşaat sektöründeki geliştiriciler aynı sorunla tekrar tekrar yüzleşmek zorunda kalmıştır: her yeni kapalı format veya tescilli çözüm, mevcut açık ve kapalı CAD sistemleriyle entegre olma ihtiyacını doğurmaktadır. Farklı CAD ve BIM çözümleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamaya yönelik bu sürekli girişimler, veri ekosisteminin basitleştirilmesine ve standartlaştırılmasına katkıda bulunmak yerine yalnızca karmaşıklaştırmaya hizmet etmektedir.

CAD sistemleri arasında birlikte çalışabilirlik efsanesi

Eğer 1990'ların ortalarında CAD ortamında birlikte çalışabilirlik gelişiminin ana yönü tescilli DWG formatının kırılmasıysa - Açık DWG ittifakının [75] zaferi ve tüm inşaat sektörü için en popüler çizim formatının fiilen açılmasıyla sonuçlandı - o zaman 2020'lerin ortalarında odak noktası değişti. İnşaat sektöründe yeni bir trend ivme kazanıyor: çok sayıda geliştirme ekibi, kapalı CAD sistemleri (kapalı BIM), IFC formatı ve açık çözümler (açık BIM) arasında sözde "köprüler" oluşturmaya odaklanıyor. Bu girişimlerin çoğu, farklı platformlar arasında teknik bir köprü sağlayan IFC formatının ve OCCT geometri çekirdeğinin kullanımına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, yazılım araçlarının veri alışverişini ve birlikte çalışabilirliğini önemli ölçüde geliştirebilecek umut verici bir yön olarak görülmektedir.

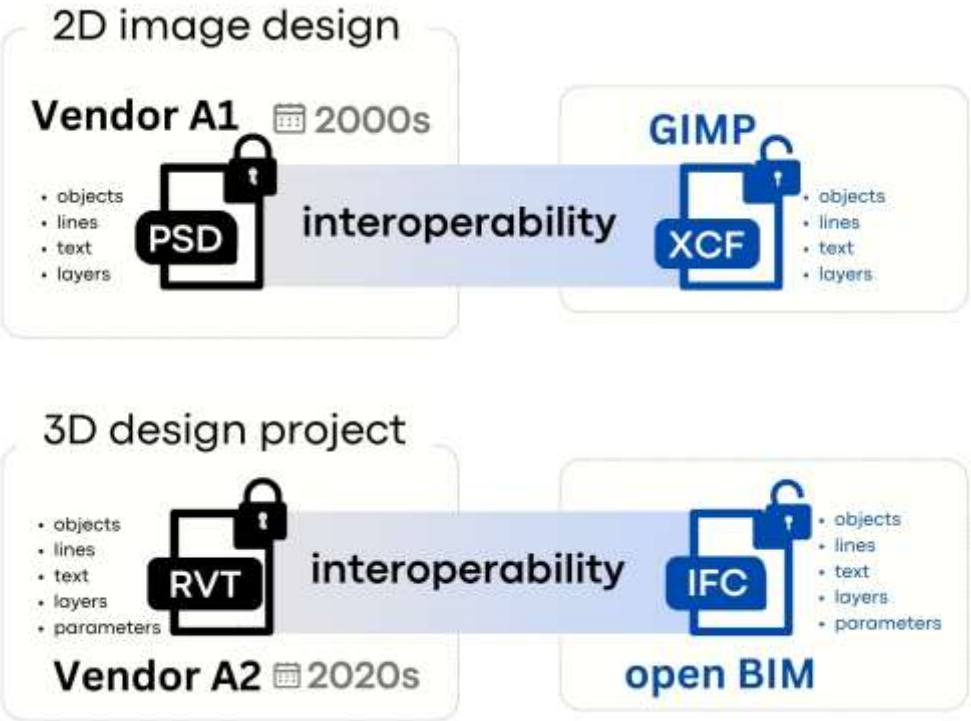


Şekil 6.2-2 Diğer sektörler açık verilerle çalışırken, inşaat sektörü kapalı veya gevşek yapılandırılmış CAD formatlarıyla çalışmak zorundadır (BIM).

Bu yaklaşımın tarihsel paralellikleri vardır. 2000'li yıllarda, en büyük grafik düzenleyici satıcısının (2D world) hakimiyetinin üstesinden gelmeye çalışan geliştiriciler, tescilli çözümü ile GIMP'e alternatif olan ücretsiz Açık Kaynak arasında sorunsuz bir entegrasyon yaratmaya çalıştılar (Şekil 6.2-3). O zamanlar,

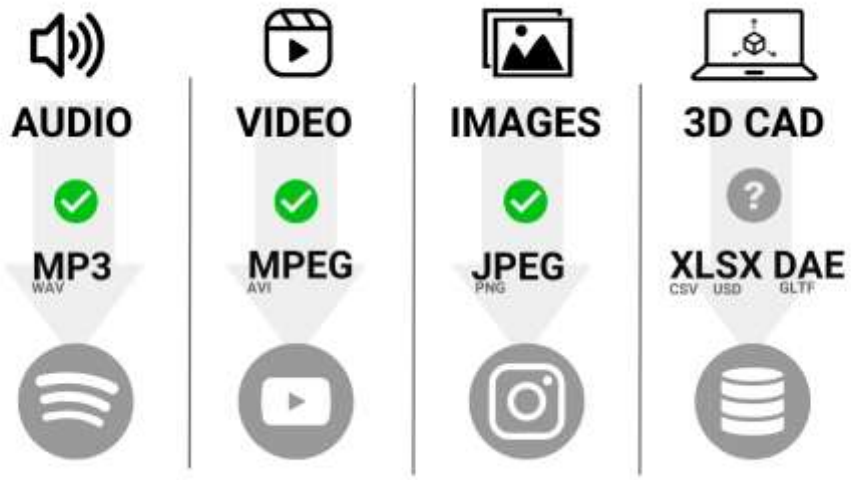
bugün inşaatta olduğu gibi, karmaşık parametreleri, katmanları ve dahili yazılım mantığını korurken kapalı ve açık sistemler arasında köprü kurmaya çalışmakla ilgiliydi.

Ancak kullanıcılar aslında basit çözümler arıyorlardı - katmanların ve program parametrelerinin aşırı karmaşıklığı olmadan düz, açık veriler (CAD'deki geometrik çekirdeğin analogları). Kullanıcılar aşırı mantık içermeyen basit ve açık veri formatları arıyordu. JPEG, PNG ve GIF grafikte bu tür formatlar haline geldi. Bugün sosyal ağlarda, web sitelerinde, uygulamalarda kullanılmaktadırlar - platform veya yazılım satıcısından bağımsız olarak işlenmeleri ve yorumlanmaları kolaydır.



Şekil 6.2-3 İnşaatta veri formatlarının birlikte çalışabilirliği, 2000'li yıllarda popüler bir satıcının tescilli ürünü ile Açık Kaynak GIMP'i birleştirme girişimlerine kadar uzanan yola benzemektedir.

Sonuç olarak, bugün görüntüleme endüstrisinde neredeyse hiç kimse uygulamalar, Facebook ve Instagram gibi sosyal ağlar veya web sitelerinde içerik olarak PSD veya açık XCF gibi kapalı formatlar kullanmamaktadır. Bunun yerine, çoğu görev kullanım kolaylığı ve geniş uyumluluk için düz ve açık JPEG, PNG ve GIF formatlarını kullanmaktadır. JPEG ve PNG gibi açık formatlar, çok yönlülükleri ve geniş destekleri sayesinde görüntü paylaşımı için standart haline gelmiş ve çeşitli platformlarda kullanımlarını kolaylaştırmıştır. Benzer bir geçiş, MPEG ve MP3 gibi evrensel formatların sıkıştırma verimlilikleri ve geniş uyumlulukları nedeniyle vurgulandığı video ve ses gibi diğer değişim formatlarında da gözlemlenebilir. Standardizasyona doğru bu tür bir hareket, içerik ve bilginin paylaşımını ve oynatılmasını basitleştirmiş ve bunları birden fazla platformdaki tüm kullanıcılar için erişilebilir hale getirmiştir (Şekil 6.2-4).



Şekil 6.2-4 Karmaşık düzenleme işlevleri olmayan basitleştirilmiş formatlar, veri paylaşımı ve kullanımı için popüler hale gelmiştir.

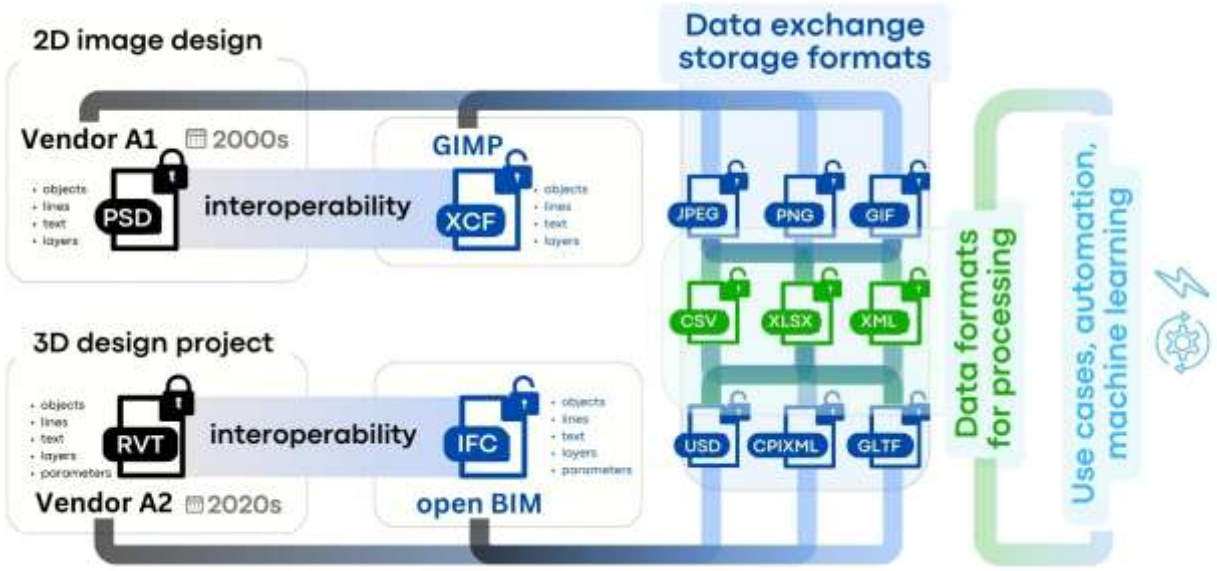
Benzer süreçler 3D modellemede de gerçekleşmektedir. USD, OBJ, glTF, DAE, DXF, SQL ve XLSX gibi basit ve açık formatlar, CAD ortamı (BIM) dışında veri alışverişi için projelerde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu formatlar geometri ve meta veriler de dahil olmak üzere gerekli tüm bilgileri karmaşık bir BREP yapısı, geometri çekirdekleri veya satıcıya özgü dahili sınıflandırıcıları çalıştırmaya gerek kalmadan depolar. Önde gelen yazılım satıcıları tarafından sağlanan NWC, SVF, SVF2, CPIXML ve CP2 gibi tescilli formatlar da benzer işlevleri yerine getirir, ancak açık standartların aksine kapalı kalır.

> Bu fikrin - IGES, STEP ve IFC gibi ara tarafsız ve parametrik formatların reddedilmesi - 2000 yılında BIM Beyaz Bültenini hazırlayan ve 1994 yılında IFC formatını tescil ettiren büyük CAD satıcısı tarafından desteklenmiş olması dikkate değerdir (ve önceki bölümde de belirtildiği gibi tekrar hatırlatmaya değerdir). Beyaz Kitap 2000'de "Entegre Tasarım ve Üretim" [65] CAD satıcısı, bilgilerin eksiksizliğini ve doğruluğunu korumak için ara çevirmenler ve parametrik formatlar kullanmaya gerek kalmadan yazılım ortamında CAD veritabanına yerel erişimin önemini vurgulamaktadır.

İnşaat sektörü, CAD veritabanlarına erişim araçları veya bunların zorunlu tersine mühendisliği ya da CAD platformları (BIM) dışında kullanılmak üzere ortak bir basitleştirilmiş veri formatının benimsenmesi konusunda henüz bir anlaşmaya varmamıştır. Örneğin, Orta Avrupa'da ve Almanca konuşulan bölgelerde inşaat sektöründe faaliyet gösteren birçok büyük şirket ERP sistemlerinde CPIXML formatını kullanmaktadır [121]. bir tür XML olan bu tescilli format, geometrik ve meta veriler de dahil olmak üzere CAD (BIM) proje verilerini organize edilmiş basitleştirilmiş tek bir yapıda birleştirmektedir. Büyük inşaat şirketleri de, bir önceki bölümde ele aldığımız SCOPE projesinde olduğu gibi, kendilerine ait yeni formatlar ve sistemler oluşturmaktadır

Parametrik CAD formatlarının veya karmaşık parametrik dosyaların kapalı mantığı IFC (STEP) çoğu iş

sürecinde gereksizdir. Kullanıcılar USD, CPIXML, XML &OBJ, DXF, glTF, SQLlite, DAE & gibi basitleştirilmiş ve düz formatlar aramaktadır.XLSX, gerekli tüm unsur bilgilerini içerir, ancak gereksiz BREP geometri mantığı, geometri çekirdeklerine bağımlılık ve belirli CAD ve BIM -ürünlerinin dahili sınıflandırmaları ile yükümlü değildir (Şek. 6.2-5).



Şek. 6.2-5 Çoğu kullanım durumu için kullanıcılar, satıcı programlarından bağımsız olan mümkün olan en basit formatları seçerler.

JPEG, PNG ve GIF gibi düz görüntü formatlarının, satıcıların dahili motorlarının gereksiz mantığından arınmış olarak ortaya çıkması, grafiklerin işlenmesi ve kullanılması için binlerce birlikte çalışabilir çözümün geliştirilmesini sağlamıştır. Bu da rötuş ve filtreleme araçlarından Instagram, Snapchat ve Canva gibi sosyal ağlara kadar uzanan ve bu basitleştirilmiş verilerin belirli bir yazılım geliştiricisine bağlı kalmadan kullanılabildiği uygulamaların ortaya çıkmasına yol açmıştır.

> Tasarım CAD formatlarının standartlaştırılması ve basitleştirilmesi, inşaat projeleri ile çalışmak için birçok yeni kullanıcı dostu ve bağımsız aracın ortaya çıkmasını teşvik edecektir.

Kapalı geometri çekirdeklerine bağlı satıcı uygulamalarının karmaşık mantığından uzaklaşarak basitleştirilmiş unsurların kütüphanelerine dayalı evrensel açık formatlara geçiş, daha esnek, şeffaf ve verimli veri işleme için ön koşulları yaratır. Bu aynı zamanda tasarımcılardan müşterilere ve bakım hizmetlerine kadar inşaat sürecine dahil olan tüm taraflar için bilgiye erişimin önünü açar.

Bununla birlikte, önümüzdeki yıllarda CAD satıcılarının birlikte çalışabilirlik ve CAD veritabanlarına erişim konusundaki tartışmayı yeniden değiştirmeye çalışması kuvvetle muhtemeldir. Bu durum, tanecikli veriler, akıllı grafikler, "birleştirilmiş modeller", bulut depolarındaki dijital ikizler gibi "yeni" kavramların yanı sıra BIM ve açık BIM yolunu devam ettiren endüstri ittifakları ve standartlarının

oluşturulmasıyla ilgili olacaktır. Çekici terminolojiye rağmen, bu tür girişimler bir kez daha kullanıcıları tescilli ekosistemler içinde tutmaya yönelik araçlar haline gelebilir. Bunun bir örneği, 2023'ten itibaren platformlar arası CAD (BIM) işbirliği için "yeni standart" olarak USD (Evrensel Sahne Tanımı) formatının aktif olarak tanıtılmasıdır.

USD ve granüler verilere gidin m

AOUSD ittifakının [124] 2023 yılında ortaya çıkması, inşaat sektöründe önemli bir dönüm noktasına işaret ediyor. CAD satıcıları tarafından şekillendirilen yeni bir gerçekliğin başlangıcına tanıklık ediyoruz, birkaç önemli değişiklikle inşaat verileriyle uğraşıyoruz. İlk büyük değişiklik CAD verilerinin algılanışıyla ilgilidir. Kavramsal tasarımın ilk aşamalarında yer alan profesyoneller, CAD ortamında bir tasarım oluşturmanın yalnızca bir başlangıç noktası olduğunun giderek daha fazla farkına varmaktadır. Tasarım sürecinde üretilen veriler eninde sonunda nesnelerin analiz edilmesi, işletilmesi ve yönetilmesi için temel oluşturmaktadır. Bu da geleneksel CAD araçlarının ötesindeki sistemlerde erişilebilir ve kullanılabilir olmaları gerektiği anlamına geliyor.

Buna paralel olarak, önde gelen geliştiricilerin yaklaşımında da bir devrim yaşanıyor. BIM konseptinin ve IFC formatının yaratıcısı olan sektörün lider CAD- satıcısı, stratejisinde beklenmedik bir dönüş yapıyor. Şirket, 2023'ten itibaren verilerin ayrı dosyalar halinde geleneksel olarak depolanmasından uzaklaşarak granüler (normalleştirilmiş ve yapılandırılmış) verilerle çalışmaya odaklanacak ve veri merkezli bir yaklaşıma geçecek [125].

> Satıcılar diğer sektörlerin tarihsel eğilimlerini takip ediyor: çoğu kullanıcı kapalı CAD formatlarına (PSD'ye benzer) veya karmaşık parametrik IFC dosyalarına (katman mantığına sahip GIMP'e benzer) ihtiyaç duymuyor. CAFM (inşaat Instagram'ı), ERP (Facebook) ve Excel elektronik tabloları ve PDF belgeleriyle dolu binlerce başka süreçte kullanılabilecek basit nesne görüntülerine ihtiyaçları var.

İnşaat sektöründeki mevcut eğilimler, parametrik ve karmaşık formatlardan daha evrensel ve bağımsız formatlar olan USD, GLTF, DAE, OBJ (hem hibrit içinde hem de ayrı yapılandırılmış veya gevşek yapılandırılmış formatlarda meta bilgilerle) lehine kademeli bir kaymaya zemin hazırlamaktadır. Bir zamanlar 1990'ların ortalarında IFC'yi aktif olarak destekleyen büyük tasarım şirketleri de dahil olmak üzere tarihi liderler artık yeni USD formatını [93] açıkça desteklemekte, basitliğini ve çok yönlülüğünü vurgulamaktadır (Şekil 6.2-6). USD'nin ürünlerde kitlesel olarak benimsenmesi, GLTF uyumluluğu ve Blender, Unreal Engine ve Omniverse gibi araçlara aktif entegrasyon, verilerle çalışmak için yeni bir paradigmanın başlama potansiyelini göstermektedir. Popüler Avrupa ERP'lerinde kullanılan Avrupa düz USD formatı - CPIXML gibi yerelleştirilmiş çözümlerin popülerliğinin yanı sıra Orta Avrupa'daki USD konumunu potansiyel olarak güçlendirebilir. IFC formatının geliştirilmesinde yer alan kuruluşlar şimdiden stratejilerini USD'ye uyarlamaktadır [126], bu da değişimin kaçınılmazlığını teyit etmektedir.

Technical Specifications			Comparison / Notes
File Structure	Monolithic file	Uses ECS and linked data	IFC stores all data in one file; USD uses Entity-Component-System and linked data for modularity and flexibility
Data Structure	Complex semantics, parametric geometry	Flat format, geometry in MESH, data in JSON	IFC is complex and parametric; USD is simpler and uses flat data
Geometry	Parametric, dependent on BREP	Flat, MESH (triangular meshes)	IFC uses parametrics; USD uses meshes for simplified processing.
Properties	Complex structure of semantic descriptions	Properties in JSON, easy access	Properties in USD are easier to use thanks to JSON
Export/Import	Complex implementation, dependent on third-party SDKs	Easy integration, wide support	USD integrates more easily and is supported in many products
Format Complexity	High, requires deep understanding	Low, optimized for convenience	The time required to understand the structure of the file and the information stored in it
Performance	Can be slow when processing large models	High performance in visualization and processing	USD is optimized for speed and efficiency. Simulations, machine learning, AI, smart cities will be held in the Nvidia Omniverse
Integration with 3D Engines	Limited	High, designed for graphics engines	USD excels with native support for real-time visualization platforms
Support outside CAD Software	BlenderBIM, IfcOpenShell	Unreal Engine, Unity, Blender, Omniverse	USD is widely supported in graphics tools
Cloud Technology Support	Limited	Well-suited for cloud services and online collaboration	USD is optimized for cloud solutions
Ease of Integration into Web Applications	Difficult to integrate due to size and complexity	Easy to integrate, supports modern web technologies	USD is preferable for web applications
Change Management	Versions through separate files	Versioning built into the format core	IFC handles changes via separate files, while USD embeds versioning directly into its structure
Collaboration Support	Supports data exchange between project participants	Designed for collaborative work on complex scenes	USD provides efficient collaboration through layers and variations
Learnability	Steep learning curve due to complexity	Easier to master thanks to a clear structure	USD is easier to learn and implement

Şekil 6.2-6 IFC ve USD formatlarının teknik özelliklerinin karşılaştırılması.

> Bu çerçevede, USD fiili standart haline gelme potansiyeline sahiptir ve öncelikle mevcut CAD - (BIM-) formatlarının karmaşıklığı ve bunların yorumlanmasının geometrik çekirdeklere bağımlılığı ile ilgili birçok mevcut sınırlamanın üstesinden gelmeyi vaat etmektedir.

Parametrik ve karmaşık CAD formatları ve IFC yerine basitleştirilmiş veri formatları USD, gLTF, DAE, OBJ ile CSV, XLSX, JSON, XML gibi eleman meta bilgileri basitlikleri ve esneklikleri nedeniyle inşaat sektöründe yer edinecektir.

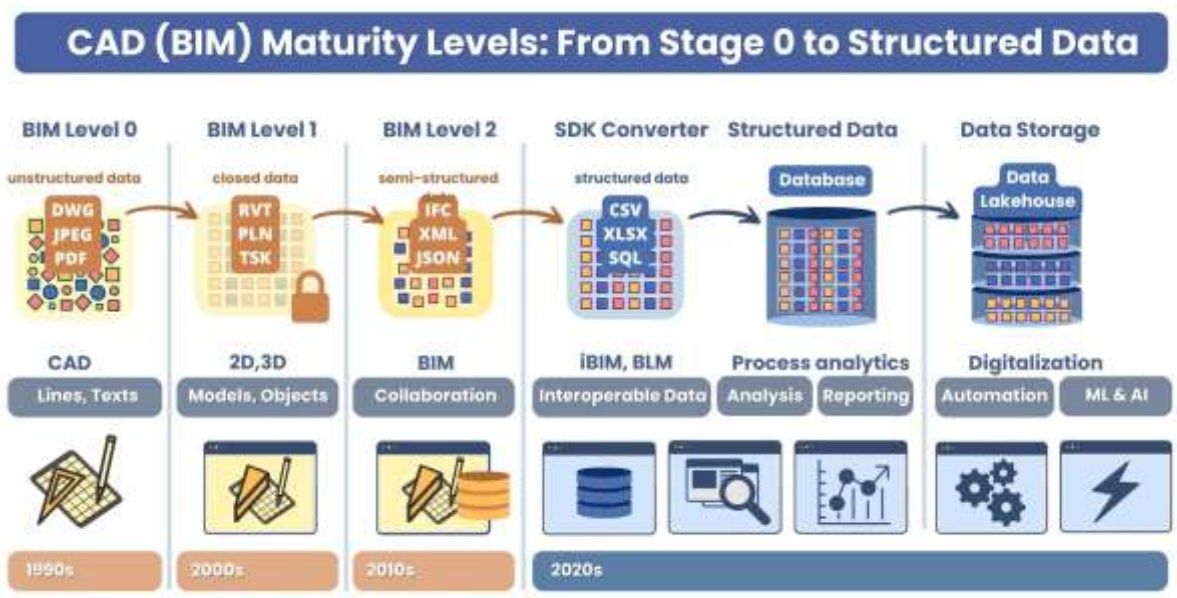
İnşaat sektöründeki mevcut değişiklikler ilk bakışta modası geçmiş IFC'den daha modern USD'ye

geçişle ilişkili teknolojik bir atılım gibi görünmektedir. Bununla birlikte, 2000 yılında IFC'yi geliştiren aynı CAD satıcısının, sorunları ve veritabanına erişim ihtiyacı hakkında yazdığı [65] ve şimdi yeni bir standart olan USD'ye geçişi aktif olarak teşvik ettiği dikkate alınmalıdır.

> CAD satıcılarının tanıtmaya başladığı bulut tabanlı uygulamalar aracılığıyla "açık veri" USD ve granüler veri yönetimi için "yeni" kavramların bir başka cephesinin ardında, satıcıların proje veri yönetimini tekelleştirme niyetini gizleyebilir ve kullanıcılar kendilerini format seçiminin gerçek ihtiyaçlardan çok kurumsal çıkarlarla ilişkili olduğu bir konumda bulabilir.

Temel gerçeklerin analizi [93], bu değişikliklerin ana amacının kullanıcı kolaylığından ziyade, 40 yıldır CAD veritabanlarına erişim sağlayamayan satıcıların yararına ekosistemler ve veri akışları üzerindeki kontrolü sürdürmek olduğunu göstermektedir.

Belki de artık şirketlerin yazılım satıcılarından yeni kavramlar beklemeyi bırakıp veri merkezli yönde kendi kendilerini geliştirmeye odaklanmalarının zamanı gelmiştir. Tersine mühendislik araçlarıyla veri erişim sorunlarından kurtulan endüstri, yeni kavramlar dayatmadan veri üzerinde çalışmak ve analiz etmek için modern, ücretsiz ve kullanışlı araçlara bağımsız olarak geçebilecektir.



Şekil 6.2-7 CAD olgunluk seviyesi (BIM): yapılandırılmamış verilerden yapılandırılmış verilere ve havuzlara.

Veritabanlarına, açık verilere ve formatlara erişim, satıcıların süreci durdurma girişimlerine bakılmaksızın kaçınılmaz olarak inşaat sektöründe standart hale gelecektir - bu sadece bir zaman meselesidir (Şekil 6.2-7). Giderek daha fazla profesyonelin açık formatlara, veritabanı araçlarına ve mevcut tersine mühendislik SDK'larına aşina olması halinde bu geçişin hızı önemli ölçüde artabilir, CAD verilerine doğrudan erişim sağlayan -sistemler [92].

> Gelecek açık, birleşik ve analitik olarak erişilebilir verilerde yatmaktadır. Satıcı çözümlerine bağımlılıktan kaçınmak ve kapalı ekosistemlere rehin kalmamak için inşaat ve mühendislik şirketleri er ya da geç açıklık ve bağımsızlığa güvenmek, veriler üzerinde tam kontrol sağlayan formatları ve çözümleri seçmek zorunda kalacaklardır.

Bugün inşaat sektöründe yaratılmakta olan veriler, gelecekte iş kararları için kilit bir kaynak olacaktır. İnşaat şirketlerinin gelişimini ve verimliliğini besleyen stratejik bir "yakıt" görevi görecektir. İnşaat sektörünün geleceği, veri formatlarının veya modellerinin seçiminde değil, verilerle çalışma becerisinde yatmaktadır.

Açık formatlar USD, glTF, DAE, OBJ ve tescilli parametrik CAD formatları arasındaki farkı anlamak için, görselleştirme ve tasarım hesaplamalarında en karmaşık ve kilit veri unsurlarından biri olan geometri ve üretim süreçlerini dikkate almak önemlidir. Geometrik verilerin analitiklerinin ve inşaat hesaplamalarının temelini nasıl oluşturduğunu anlamak için geometri oluşturma, dönüştürme ve depolama mekanizmalarına daha derinlemesine bakmak gerekir.

BÖLÜM 6.3.
İNŞAATTA GEOMETRİ: ÇİZGİLERDEN METREKÜPLERE

Çizgiler paraya dönüştüğünde veya inşaatçılar neden geometriye ihtiyaç duyar?

İnşaatta geometri sadece bir görselleştirme değil, aynı zamanda doğru niceliksel hesaplamaların da temelidir. Proje modelinde geometri, eleman parametreleri listesini (Şekil 3.1-16) uzunluk, alan ve hacim gibi önemli hacimsel özelliklerle tamamlar. Bu hacimsel parametre değerleri geometri çekirdekleri kullanılarak otomatik olarak hesaplanır ve tahminler, programlar ve kaynak modelleri için başlangıç noktasıdır. Bu kitabın 5. Bölümünde ve " inşaat projelerinin Maliyetlendirilmesi ve Tahmini" bölümünde daha önce tartıştığımız gibi, modern ERP, PMIS sistemlerinin temelini oluşturan CAD modellerindeki nesne gruplarının hacimsel parametreleridir/ Geometri sadece tasarım aşamasında değil, aynı zamanda proje uygulama yönetimi, program kontrolü, bütçeleme ve işletmede de temel bir rol oynar. Binlerce yıl önce Mısır piramitleri inşa edilirken bir projenin doğruluğunun kübit ve arşın gibi uzunluk ölçülerine bağlı olması gibi, bugün de CAD programlarındaki geometri yorumunun doğruluğu, bütçe ve teslim tarihlerinden yüklenici seçimi ve teslimat lojistiğine kadar sonucu doğrudan etkilemektedir

> Son derece rekabetçi ve bütçe kısıtlı bir ortamda, doğrudan geometriye bağlı olan hacimsel hesaplamaların doğruluğu bir hayatta kalma faktörü haline gelmektedir. Modern ERP -sistemleri doğrudan CAD - ve BIM -modellerinden elde edilen doğru hacimsel özelliklere bağlıdır. Bu nedenle, elemanların doğru geometrik tanımı sadece bir görselleştirme değil, maliyet ve inşaat süresini yönetmek için önemli bir araçtır.

Tarihsel olarak geometri, mühendislik iletişiminin birincil dili olmuştur. Papirüs üzerindeki çizgilerden dijital modellere kadar, çizimler ve geometrik gösterimler tasarımcılar, şefler ve tahminciler arasında bilgi alışverişi aracı olarak hizmet etmiştir. Bilgisayarların ortaya çıkmasından önce hesaplamalar cetveller ve açıölçerler kullanılarak manuel olarak yapılıyordu. Günümüzde bu görev, hacimsel modelleme sayesinde otomatikleştirilmiştir: CAD yazılımının geometrik çekirdekleri, çizgileri ve noktaları, gerekli tüm özelliklerin otomatik olarak çıkarıldığı üç boyutlu gövdelere dönüştürmektedir.

CAD programlarında çalışarak, hesaplamalar için geometrik elemanların oluşturulması CAD- (BIM-) programlarının kullanıcı arayüzü aracılığıyla gerçekleştirilir. Noktaları ve çizgileri hacimsel cisimlere dönüştürmek için, temel görevi yerine getiren geometrik çekirdek kullanılır - geometrinin hacimsel modellere dönüştürülmesi, bu modellerden elemanın hacimsel özellikleri yaklaşımdan sonra otomatik olarak hesaplanır.

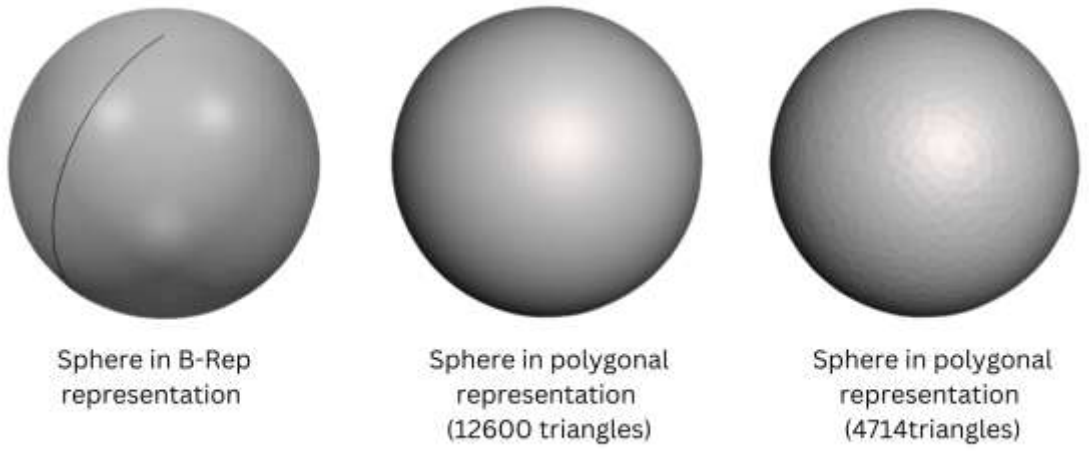
Çizgilerden hacimlere: Alan ve hacim nasıl veri haline gelir

Mühendislik uygulamalarında hacimler ve alanlar analitik olarak tanımlanan geometrik yüzeylerden

veya BREP (sınır elemanı gösterimi) çerçevesinde NURBS (tekdüze olmayan rasyonel B-splines) gibi parametrik modeller aracılığıyla hesaplanır.

> NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) eğrileri ve yüzeyleri tanımlamanın matematiksel bir yoludur, BREP ise NURBS kullanılarak tanımlanabilen sınırları da dahil olmak üzere bir nesnenin üç boyutlu geometrisinin tamamını tanımlamak için bir çerçevedir.

BREP ve NURBS'in doğruluğuna rağmen, güçlü hesaplama kaynakları ve karmaşık algoritmalar gerektirirler. Bununla birlikte, bu tür matematiksel olarak doğru tanımlardan doğrudan hesaplama yapmak genellikle hesaplama açısından zordur, bu nedenle pratikte neredeyse her zaman sonraki hesaplamaları basitleştiren mozaikleme - yüzeylerin üçgenlerden oluşan bir ızgaraya dönüştürülmesi - kullanılır. Mozaikleme karmaşık bir yüzeyin üçgenlere veya çokgenlere bölünmesidir. CAD /CAE ortamlarında bu yöntem görselleştirme, hacim hesaplamaları, çarpışma arama, MESH gibi formatlara aktarma ve çarpışma analizi için kullanılır. Doğadan bir örnek, karmaşık bir şeklin düzenli bir ızgaraya ayrıldığı bir arı peteğidir (Şekil 6.3-1).



Şekil 6.3-1 Parametrik tanımlamada aynı küre BREP ve farklı sayıda üçgen ile poligonal gösterim.

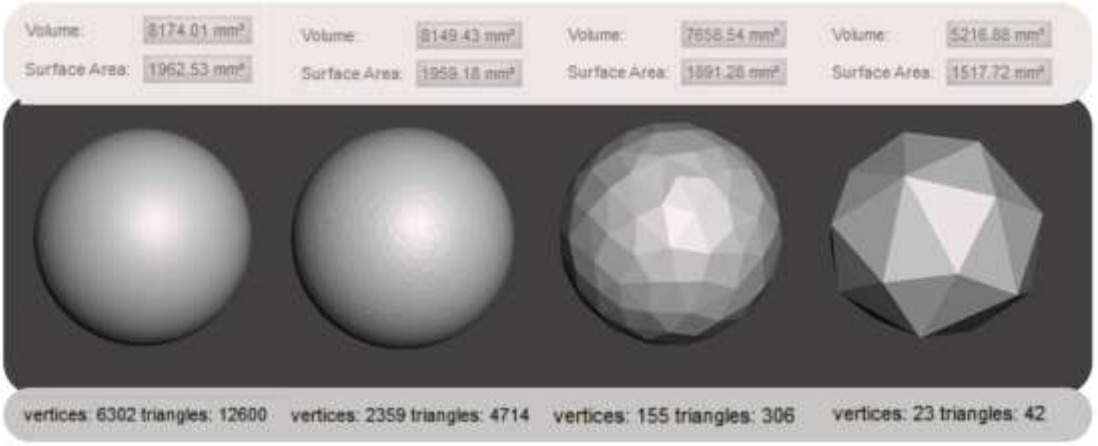
CAD 'de kullanılan BREP (NURBS), temel bir geometri modeli değildir. Daireleri ve rasyonel spline'ları temsil etmek ve geometri verilerinin depolanmasını en aza indirmek için uygun bir araç olarak yaratılmıştır. Bununla birlikte, sınırlamaları vardır - örneğin, sarmal çizgilerin ve yüzeylerin altında yatan sinüzoidi doğru bir şekilde tanımlayamaması ve karmaşık geometrik çekirdekleri kullanma ihtiyacı.

Buna karşılık, üçgen kafesler ve parametrik şekillerin mozaiklenmesi basitlik, belleğin verimli kullanımı ve büyük miktarda veriyi işleme yeteneği ile karakterize edilir (Şekil 6.3-2). Bu avantajlar, geometrik şekilleri hesaplarken karmaşık ve pahalı geometrik çekirdekler ve bunlara gömülü on milyonlarca satır kod olmadan yapmayı mümkün kılar.

> Çoğu bina örneğinde, hacimsel özelliklerin parametrik modeller (BREP, IFC) veya poligonlar (USD, glTF, DAE, OBJ) aracılığıyla tam olarak nasıl tanımlandığı önemli değildir. Geometri yaklaşım biçimi olarak kalır: ister NURBS ister MESH yoluyla olsun, her zaman şeklin yaklaşık bir tanımıdır.

Çokgenler veya BREP (NURBS) olarak tanımlanan geometri, bir dereceye kadar sadece sürekli bir şeklin yaklaşık bir tanımıyla yaklaşmanın bir yolu olarak kalır. Tıpkı Fresnel integrallerinin kesin bir analitik ifadesi olmadığı gibi, geometriyi çokgenler veya NURBS aracılığıyla ayrıklaştırmak, tıpkı üçgen MESH gibi her zaman bir yaklaşımdır.

BREP formatındaki parametrik geometri, özellikle minimum veri boyutunun önemli olduğu ve işlenmesi ve görüntülenmesi için kaynak yoğun ve pahalı geometri çekirdeklerinin kullanılmasının mümkün olduğu durumlarda gereklidir. Çoğu zaman CAD programlarının geliştiricileri için karakteristiktir, bu amaçla ürünlerinde MCAD satıcılarının geometrik çekirdeklerini uygularlar. Bu durumda, bu programlarda bile, görselleştirme ve hesaplamalar için mozaikleme sürecindeki BREP-modelleri genellikle üçgenlere dönüştürülür (PSD dosyalarının JPEG'e basitleştirilmesine benzer şekilde).



Şekil 6.3-2 Farklı sayıda çokgen içeren şekillerde hacimsel özelliklerin farkı.

Poligonal MESH ve parametrik BREP, kendi avantajlarına ve sınırlamalarına sahiptir, ancak amaç aynıdır - kullanıcının görevi göz önünde bulundurularak geometriyi tanımlamak. Sonuç olarak, bir geometrik modelin doğruluğu yalnızca temsil yöntemine değil, aynı zamanda belirli bir görevin gerekliliklerine de bağlıdır.

> Çoğu inşaat probleminde, parametrik geometri ve karmaşık geometrik çekirdeklere duyulan ihtiyaç gereksiz olabilir.

Her bir hesaplama otomasyonu görevinde, parametrik geometrinin öneminin kendi yazılım ürünlerini tanıtmak ve satmakla ilgilenen CAD geliştiricileri tarafından abartılıp abartılmadığını düşünmeye değer.

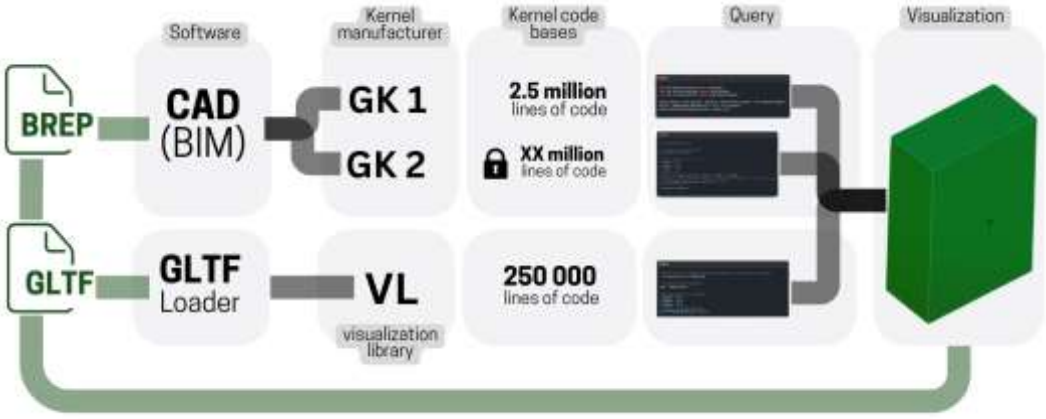
MESH, USD ve çokgenlere geçiş: geometri için mozaikleme kullanma

İnşaat sektöründe, tasarım bilgileri ve özellik geometrisi ile çalışan sistemler, veritabanları geliştirirken veya süreçleri otomatikleştirirken, belirli CAD editörlerinden ve geometri çekirdeklerinden bağımsız olmak için çaba sarf etmek önemlidir.

> Hem hesaplama departmanlarında hem de şantiyede kullanılacak değişim formatı belirli bir CAD- (BIM-) programına dayalı olmamalıdır. Geometrik bilgiler, geometrik çekirdeğe veya CAD mimarisine atıfta bulunulmaksızın doğrudan mozaikleme yoluyla formatta temsil edilmelidir.

CAD'den alınan parametrik geometri bir ara kaynak olarak düşünülebilir, ancak evrensel bir formatın temeli olarak değil. Çoğu parametrik tanımlama (BREP ve NURBS dahil) her durumda daha ileri işlemler için poligonal MESH'e dönüştürülür. Sonuç aynıysa (mozaikleme ve çokgenler) ve süreç daha basitse, seçim açıktır. Bu, grafik ontolojileri ve yapılandırılmış tablolar (dördüncü bölümde tartıştığımız) arasındaki seçime benzer: aşırı karmaşıklık nadiren haklı çıkar (Şekil 3.2-10, Şekil 6.1-8).

OBJ, STL, glTF, SVF, CPIXML, USD ve DAE gibi açık formatlar, kendilerine önemli avantajlar sağlayan evrensel bir üçgen ağ yapısı kullanır. Bu formatlar mükemmel birlikte çalışabilirliğe sahiptir - milyonlarca satır kod içeren karmaşık özel geometri çekirdeklerine ihtiyaç duymadan mevcut açık kaynak kütüphaneleri kullanılarak okunmaları ve görselleştirilmeleri kolaydır (Şekil 6.3-3). Bu çok yönlü geometri formatları, IKEA™'daki nispeten basit mutfak tasarım araçlarından sinema ve VR uygulamalarındaki karmaşık nesne görselleştirme sistemlerine kadar çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Önemli bir avantaj, bu formatlarla çalışmak için çoğu platform ve programlama dili için mevcut olan çok sayıda ücretsiz ve açık kaynaklı kütüphanenin bulunmasıdır.



Şekil 6.3-3 Aynı geometri gösterimi, parametrik formatlar ve geometri çekirdekleri veya üçgenleştirilmiş formatlar ve açık kaynak görselleştirme kütüphaneleri kullanılarak elde edilir.

Kullanıcıların yanı sıra CAD satıcıları da farklı geometrik çekirdekler nedeniyle yabancı parametrik CAD

formatlarını veya açık IFC yorumlamada sorunlarla karşılaşmaktadır. Uygulamada, istisnasız tüm CAD satıcıları, sistemler arasında veri aktarmak tersine mühendislik SDK'sını kullanmaktadır ve hiçbiri birlikte çalışabilirlik amacıyla IFC veya USD [93] gibi formatlara güvenmemektedir.

> CAD- satıcılarının ittifakları tarafından desteklenen ve kendilerinin kullanmadığı kavramları kullanmak yerine - CAD çözümleri geliştiricileri ve kullanıcıları için her bir yaklaşımın belirli bir bağlamdaki faydalarını anlamaya odaklanmak ve kullanım durumuna bağlı olarak bir veya diğer geometri türünü seçmek daha verimlidir. Farklı geometrik gösterimler arasında seçim yapmak doğruluk, hesaplama verimliliği ve belirli bir görevin pratik ihtiyaçları arasında bir değiş tokuş yapmaktır.

Tasarım verilerini işlerken geleneksel olarak büyük satıcılar tarafından inşaat sektörüne dayatılan geometrik çekirdeklerin kullanımıyla ilişkili karmaşıklığın çoğu zaman gereksiz olduğu ortaya çıkmaktadır. MESH geometrisine dayalı USD formatı, endüstri için bir tür "Pandora'nın kutusu" haline gelebilir ve geliştiricilere, CAD satıcıları için tipik olan IFC ve parametrik BREP yapıları çerçevesinin dışında veri alışverişini organize etmeleri için yeni olanaklar açabilir.

USD, DAE, gLTF, OBJ vb. formatların yapısına daha yakından bakıldığında, karmaşık parametrelere ve kapalı geometrik çekirdeklere ihtiyaç duymadan geometrik bilgilerin aktarımını ve kullanımını verimli bir şekilde düzenlemeye olanak tanıyan daha basit, açık formatlar olduğu açıkça görülmektedir. Bu yaklaşım sadece geliştiriciler için teknik giriş eşiğini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda dijital inşaat için esnek, ölçeklenebilir ve gerçekten açık çözümlerin geliştirilmesini de destekler.

LOD, LOI, LOMD - CAD'de detayının benzersiz sınıflandırması (BIM)

Geometrik temsil formatlarına ek olarak, farklı endüstrilerin farklı detay seviyeleri ve veri derinliği kullandığı bir dünyada, CAD - (BIM-) metodolojileri, bina modellerini bilgilendirme yaklaşımını yapılandıran kendi benzersiz sınıflandırma sistemlerini sunmaktadır.

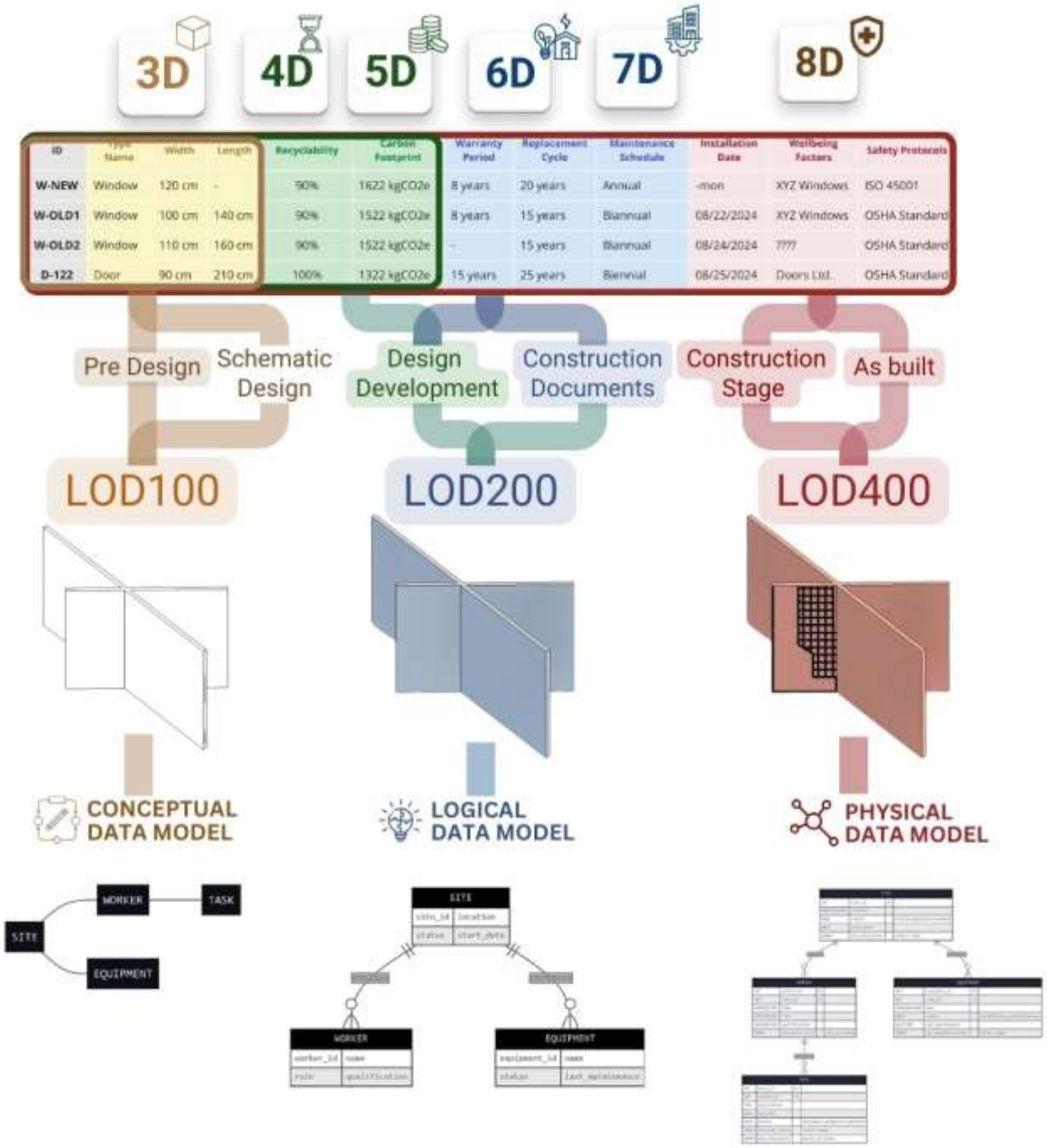
StandartlaĢtırmaya yönelik yeni yaklaĢımların örneklerinden biri, hem grafik hem de bilgi bileĢenlerinin hazır olma ve güvenilirlik derecesini yansıtan model geliĢtirme seviyelerinin ortaya konmasıdır. CAD - (BIM-) verileriyle yapılan çalışmalarda bilgi içeriğinin farklılaştırılması için LOD (Detay Seviyesi) - modelin grafik kısmının detay seviyesi ve LOI (Bilgi Seviyesi) - veri detaylandırma seviyesi ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak, entegre yaklaşım için LOA (Doğruluk Seviyesi) kavramı tanıtılmıştır - sunulan unsurların doğruluğu ve LOG (Geometri Seviyesi) grafiksel temsilin doğruluğunu belirlemek için.

Ayrıntı seviyeleri (LOD) model geliştirme derecesini yansıtan 100 ila 500 arasındaki sayılarla gösterilir. LOD 100 genel şekil ve boyutlara sahip kavramsal bir modeldir. LOD 200 daha kesin boyutlar ve şekiller içerir, ancak koşullu ayrıntıya sahiptir. LOD 300, kesin boyutlar, şekiller ve eleman konumları içeren ayrıntılı bir modeldir. LOD 400, elemanların imalatı ve montajı için gerekli ayrıntılı bilgileri içerir. LOD 500, inşaattan sonra tesisin gerçek durumunu yansıtır ve işletme ve bakım için kullanılır. Bu seviyeler, 3D, 4D, 5D ve ötesi dahil olmak üzere yaşam döngüsünün farklı aşamalarında CAD (BIM) model bilgi doygunluğunun yapısını tanımlar.

Gerçek projelerde, yüksek detay seviyesi (LOD400) genellikle aşırıdır ve LOD100 geometrisini veya hatta düz çizimleri kullanmak yeterli olurken, verilerin geri kalanı ya hesaplamalı olarak ya da belirgin bir geometriye sahip olmayan ilgili unsurlardan elde edilebilir. Örneğin, mekanlar ve oda unsurları (Oda unsuru kategorileri) görsel geometriye sahip olmayabilir, ancak birçok iş sürecinin etrafında inşa edildiği önemli miktarda bilgi ve veritabanı içerir.

> Bu nedenle, tasarıma başlamadan önce gerekli ayrıntı düzeyini açıkça tanımlamak önemlidir. 4D -7D kullanım durumları için, DWG çizimleri ve minimum LOD100 geometrisi bile genellikle yeterlidir. Gereksinim sürecindeki kilit görev, modelin zenginliği ve pratikliği arasında bir denge bulmaktır.

Özünde, CAD (BIM) verilerini bir veritabanı olarak düşünürsek (ki öyledir), yeni kısaltmalar yoluyla model doygunluğunun tanımı, kitabın üçüncü ve dördüncü bölümlerinde ayrıntılı olarak tartışılan, kavramsal düzeyden başlayıp fiziksel düzeyle biten, bilgi sistemleri için adım adım veri modellemesinden başka bir şey değildir (Şekil 6.3-4). LOD ve LOI 'deki her artış yeni görevler için gerekli bilgilerin eklenmesi anlamına gelir: hesaplamalar, inşaat yönetimi, işletme ve modelin kitabın beşinci bölümünde tartıştığımız çeşitli parametreler şeklinde ek bilgi katmanları (3D -8D) ile ardışık olarak zenginleştirilmesi ile karakterize edilir.



Şekil 6.3-4 Bir projenin detaylarını ortaya çıkarma süreci, kavramsaldan fiziksel veri modeline veri modelleme ile aynıdır.

Geometri, tasarım verilerinin yalnızca bir kısmıdır ve inşaat projelerinde bu verilere her zaman ihtiyaç duyulmamaktadır ve CAD verileriyle çalışmanın temel sorunu, modellerin nasıl görselleştirildiğinden ziyade, bu modellerden elde edilen verilerin CAD (BIM -) programları dışında nasıl kullanılabileceğidir.

2000'li yılların ortalarında inşaat sektörü, yönetim ve veri işleme sistemlerindeki, özellikle de CAD

departmanlarından gelen veri miktarındaki hızlı artış nedeniyle benzeri görülmemiş bir zorlukla karşı karşıya kalmıştır (BIM). Veri hacmindeki bu dramatik artış şirket yöneticilerini şaşırttı ve veri kalitesi ve yönetimi konusunda artan taleplere hazırlıksız yakalandılar.

Yeni CAD standartları (BIM) - AIA, BEP, IDS, LOD, COBie

CAD veritabanlarına açık erişimin olmamasından ve veri işleme pazarındaki sınırlı rekabetten faydalanan ve yeni BIM kısaltmasıyla ilişkili pazarlama kampanyalarını kullanan CAD verileriyle başa çıkma yaklaşımları geliştiren kuruluşlar, veri yönetimi uygulamalarını iyileştirmeyi amaçlayan yeni standartlar ve kavramlar oluşturmaya başlamıştır.

> CAD satıcıları ve geliştiricileri tarafından doğrudan veya dolaylı olarak desteklenen neredeyse tüm girişimler (BIM) iş akışlarını optimize etmeyi amaçlasa da, çeşitli paydaşlar tarafından lobi faaliyetleri yürütülen çok sayıda standartla sonuçlanmış ve inşaat sektörünü veri süreçleri konusunda bazı belirsizliklere ve kafa karışıklığına sürüklemiştir.

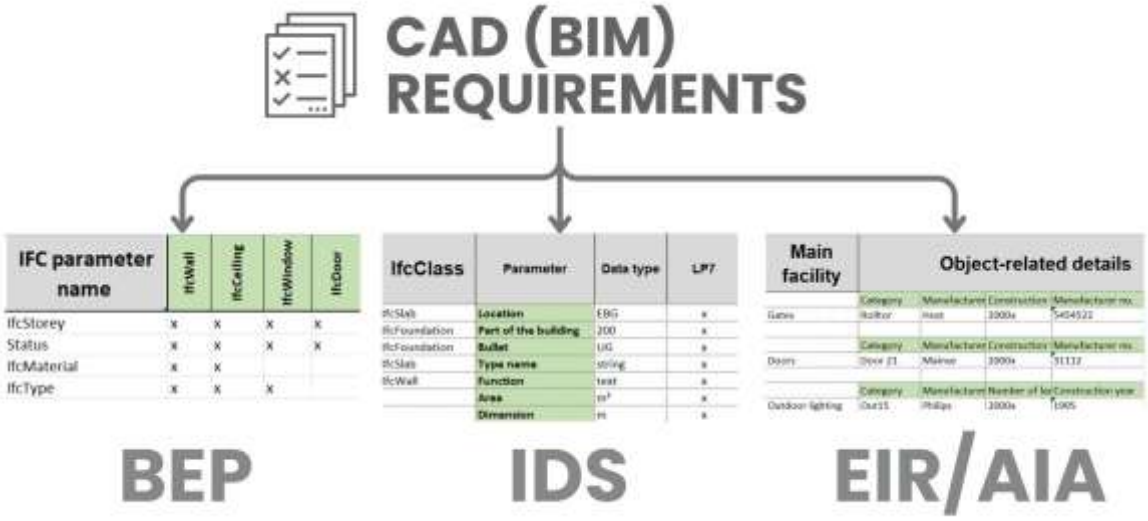
LOD, LOI, LOA, LOG 'a ek olarak inşaat sektöründe son yıllarda ortaya çıkan yeni veri standartlarından bazılarını listeleyelim:

- **BEP** (BIM Yürütme Planı) - CAD (BIM)'in bir projeye nasıl entegre edileceğini ve kullanılacağını açıklar, veri işleme yöntemlerini ve süreçlerini tanımlar.
- **EIR belgesi /AIA** (Müşterinin Bilgi Gereklilikleri) - ihale çağrısından önce müşteri tarafından hazırlanır ve yüklenicinin bilgi hazırlaması ve sunması için gereklilikleri içerir. İlgili projedeki BEP için bir temel teşkil eder.
- **AIM** (Varlık Bilgi Modeli) BIM sürecinin bir parçasıdır. Proje teslim edilip tamamlandığında, veri modeli Varlık Bilgi Modeli veya AIM olarak adlandırılır. AIM'nin amacı, gerçekleştirilen varlığı yönetmek, bakımını yapmak ve işletmektir.
- **IDS** (Bilgi Teslim Şartnamesi) - 'un gereksinimlerini ve bir inşaat projesinin farklı aşamalarında hangi verilerin ve hangi formatta gerekli olduğunu tanımlar.
- iLOD, BIM -modelinde bilgilerin temsil edildiği ayrıntı LOD seviyesidir. Temel geometrik gösterimlerden ayrıntılı spesifikasyonlara ve verilere kadar modeldeki bilgilerin ne kadar ayrıntılı ve eksiksiz olduğunu tanımlar.
- eLOD - LOD bir CAD modelindeki (BIM) münferit unsurların detay seviyesi. Her bir elemanın ne ölçüde modellendiğini ve boyutlar, malzemeler, performans özellikleri ve diğer ilgili nitelikler gibi ilgili bilgileri tanımlar.
- **APS** (Platform Hizmetleri) ve büyük CAD satıcılarının diğer ürünleri (BIM) - bağlantılı ve açık veri modelleri oluşturmak için gereken araçları ve altyapıyı tanımlar.

CAD (BIM) standartlarının - LOD, LOI, LOA, LOG, BEP, EIR, AIA, AIM, IDS, iLOD, eLOD gibi - uygulanmasının beyan edilen amacı veri yönetiminin kalitesini artırmak ve otomasyon yeteneklerini

genişletmek olsa da, uygulamada bunların kullanımı genellikle aşırı karmaşıklığa ve süreçlerin parçalanmasına yol açmaktadır. CAD (BIM) modelini bir tür veri tabanı olarak düşünürsek, bu standartların çoğunun bilgi sistemleriyle çalışırken diğer endüstrilerde kullanılan köklü ve etkili yaklaşımları tekrarladığı ortaya çıkar. Basitleştirme ve birleştirme yerine, bu tür girişimler genellikle ek terminolojik yük yaratmakta ve gerçekten açık ve esnek çözümlerin uygulanmasını engellemektedir.

Özellikle, bu yeni kavramların birçoğu aslında kitabın ilk bölümlerinde ayrıntılı olarak tartışılan ve ekonominin diğer sektörlerinde uzun süredir kullanılan modelleme ve veri doğrulama süreçlerinin yerini almaktadır. Öte yandan inşaat sektöründe standardizasyon süreci genellikle ters yönde ilerlemektedir - veri doğrulama için yeni veri tanımlama formatları, yeni standartlar ve yeni kavramlar yaratılmakta ve bunlar her zaman gerçek bir tekdüzelik ve pratik uygulanabilirlik sağlamamaktadır. Sonuç olarak, işlemlerin basitleştirilmesi ve otomatikleştirilmesi yerine, sektör ek düzenleme ve bürokrasi seviyeleriyle karşı karşıya kalmaktadır (Şekil 6.3-1) ve bu da her zaman verimliliğin artmasına yardımcı olmamaktadır.



Şekil 6.3-1 Veri ve bilgi içeriği gereksinimleri, tablolar kullanılarak açıklanan özniteliklerin ve bunların sınır değerlerinin tanımına indirgenir.

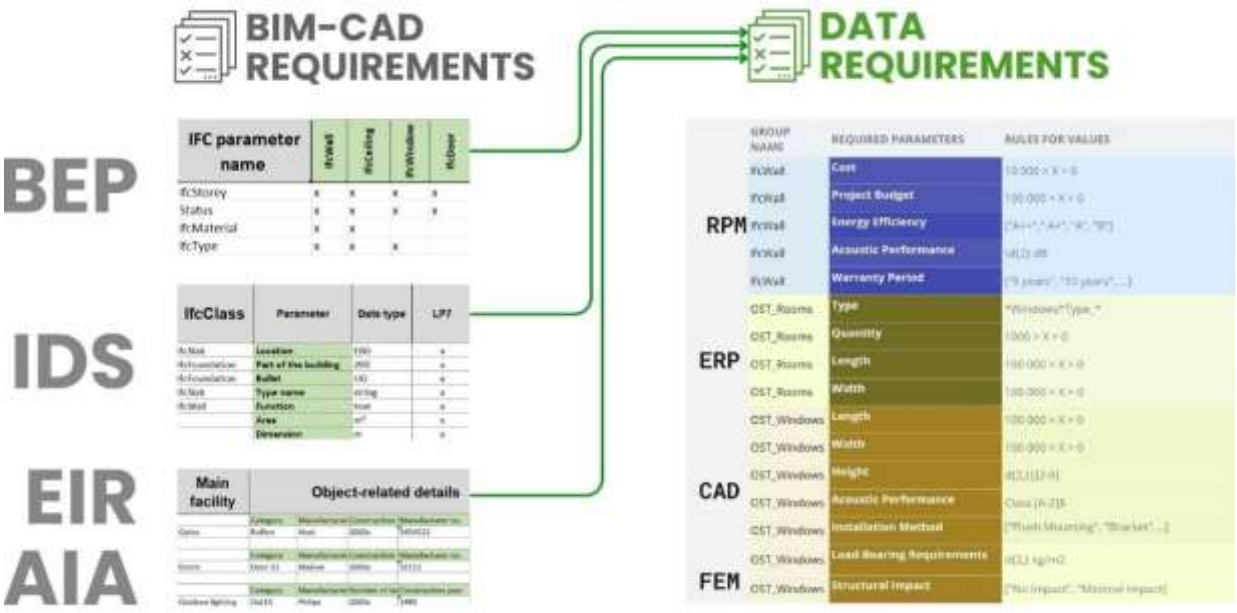
> Veri işlemeyi basitleştirmek yerine, CAD (BIM) verileriyle ilgili yeni kavramlar çoğu zaman daha yorumlama ve temel tanımlar aşamasında ek karmaşıklıklar ve anlaşmazlıklar yaratmaktadır.

Yeni konseptlerin en son örneklerinden biri, açık BIM konseptinde bir bilgi modelinin öznitelik bileşimi için gerekliliklerin tanımlanmasına olanak tanıyan IDS formatı (2020'de tanıtılmıştır) 'dir. IDS gereksinimleri, öznitelikler ve bunların sınır değerleri hakkındaki bilgileri yapılandırılmış bir tablo (Excel veya MySQL) biçiminde tanımlar; bu tablo daha sonra XML'den IDS özel kısaltmasına dönüştürülen yarı yapılandırılmış bir XML biçiminin işaretlemesine çevrilir.

> Satıcılar tarafından öne sürülen ve BIM ve açık BIM tarafından desteklenen, CAD ve BIM gibi özel araçların kullanımı nedeniyle inşaat sektöründeki veri işlemenin benzersiz olduğu görüşünün aksine, bu sektördeki veri formatları ve veri yönetimi uygulamaları diğer sektörlerdekinden farklı değildir

Projeler ve CAD (BIM) formatları için gereksinimlerin sayısı, orijinal olarak yapılandırılmış gereksinimlerini tablo olmayan formatlara çevirmek zorunda kalmadan (IDS başlangıçta bir tablo aracılığıyla tanımlanmıştır), "Gereksinimleri Yapılandırılmış Forma Çevirme" bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan öznitelik sütunlarına sahip tek bir gereksinim tablosu kullanılarak basitleştirilebilir.

Önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınan (Şekil 4.4-9, Şekil 4.4-16, Şekil 7.3-10) varlık tanımlayıcıları, özellikleri ve sınır değerleri için sütunları içeren basitleştirilmiş yaklaşım (Şekil 6.3-2), gereksinimleri IDS-XML formatına dönüştürme ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu yöntem, veri kalitesi kontrolü için doğrudan, daha az külfetli ve daha şeffaf bir mekanizma sağlar. Düzenli ifadelerden (RegEx) veri çerçevelerine, Pandas'a ve standart ETL'ye kadar yaygın olarak kullanılan araçlara dayanır -payplanes- tıpkı ekonominin diğer sektörlerindeki profesyoneller tarafından verilerle çalışmak için kullanılanlar gibi.



Şekil 6.3-2 Diğer endüstrilerdeki veri gereksinimleri, niteliklerin ve bunların sınır değerlerinin yapılandırılmış bir tanımıyla basitleştirilmiştir.

İnşaat sektöründe zaman içinde, verilerin kapalı yapısı nedeniyle, inşaat projelerindeki veriler temelde diğer alanlardaki verilerle aynı olmasına rağmen, bu çeşitli verileri kontrol etmek ve yönetmek için giderek daha fazla yeni yaklaşım ve teknik ortaya çıkmaktadır. Diğer sektörler veri işlemeye yönelik standartlaştırılmış yaklaşımlarla başarılı bir şekilde idare ederken, inşaat sektörü yeni ve benzersiz veri formatları, gereksinimleri ve doğrulama kavramları geliştirmeye devam etmektedir.

> İnşaat sektöründe veri toplamak, hazırlamak ve analiz etmek için kullanılan yöntem ve araçlar, ekonominin diğer sektörlerindeki uzmanlar tarafından kullanılanlardan temelde farklı olmamalıdır.

Sektör, eleştirel düşünme ve yeniden değerlendirme gerektiren farklı bir terminolojik ekosistem geliştirmiştir:

- STEP formatı, STEP formatının kendi sınırlamaları dikkate alınmaksızın, inşaat kategorizasyonu ile desteklenen yeni IFC adı altında konumlandırılmıştır.
- Parametrik format IFC, görselleştirme ve hesaplama için gerekli birleşik bir geometrik çekirdek olmamasına rağmen veri iletişim süreçlerinde kullanılmaktadır.
- Veritabanlarına erişim CAD -sistemleri "BIM " terimi altında tanıtılmakta, bu veritabanlarının özellikleri ve bunlara erişim hakkında hiçbir tartışma yapılmamaktadır.
- Satıcılar, birlikte çalışabilirliği IFC ve USD formatları aracılığıyla teşvik etmekte, çoğu zaman bunları uygulamaya koymadan, kendilerinin de mücadele ettiği maliyetli tersine mühendislik yöntemlerini kullanmaktadır.
- LOD, LOI, LOA, LOG, BEP, EIR, AIA, AIM, IDS, iLOD, eLOD terimleri, diğer endüstrilerde uzun süredir kullanılan modelleme ve doğrulama araçlarına atıfta bulunmaksızın, aynı varlık parametrelerini tanımlamak için evrensel olarak kullanılmaktadır.

İnşaat sektörü, kulağa garip gelse de yukarıdakilerin hepsinin inşaat sektöründe mümkün olduğunu göstermektedir - özellikle de temel amaç, uzmanlaşmış hizmet ve yazılımların satışı yoluyla veri işlemenin her aşamasından para kazanmaksa. İş açısından bakıldığında bunda yanlış bir şey yoktur. Ancak CAD (BIM) ile ilgili bu tür kısaltmaların ve yaklaşımların gerçekten değer katıp katmadığı ve profesyonel süreçleri basitleştirip basitleştirmediği açık bir soru olmaya devam etmektedir.

> İnşaat sektöründe böyle bir sistem işliyor çünkü sektörün kendisi spekülatif kârlarının çoğunu bu sistemler ve kısaltmalar labirentinde elde ediyor. Şeffaf süreçler ve açık verilerle ilgilenen şirketler nadirdir. Bu karmaşık durum, müşteriler, müşteriler, yatırımcılar, bankalar ve özel sermaye bilgi yönetimi konusunda daha net ve daha bilgili yaklaşımlar talep etmeye başlayana kadar muhtemelen sonsuza kadar devam edecektir.

Sektörde aşırı sayıda kısaltma birikmiştir, ancak bunların hepsi aynı süreçleri ve veri gereksinimlerini farklı derecelerde tanımlamaktadır. İş akışlarını basitleştirmedeki gerçek yararlılıkları tartışmalıdır.

Kavramlar ve pazarlama kısaltmaları gelip geçse de, veri gereksinimleri doğrulama süreçlerinin kendisi sonsuza kadar iş süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olmaya devam edecektir. İnşaat sektörü daha fazla özel format ve yönetmelik oluşturmak yerine, finans, endüstri ve BT gibi diğer alanlarda zaten etkili olduğu kanıtlanmış araçlara bakmalıdır.

Terimlerin, kısaltmaların ve formatların bolluğu, derinlemesine işlenmiş dijital yapı süreçleri yanılsaması yaratır. Bununla birlikte, pazarlama kavramları ve karmaşık terminoloji genellikle basit ama rahatsız edici bir gerçeği gizler: verilere erişmek zor, yetersiz belgelenmiş ve belirli yazılım çözümlerine

sıkı sıkıya bağlı kalır.

Kısaltmalardan ve formatlar uğruna formatlardan oluşan bu kısır döngüden kurtulmak için CAD (BIM) sistemlerine sihirli bilgi yönetimi araçları olarak değil, gerçekte oldukları gibi - uzmanlaşmış veri tabanları olarak bakmak gerekir. İşte bu prizma aracılığıyla pazarlamanın nerede bittiği ve bilgiyle gerçek çalışmanın nerede başladığı anlaşılabilir.

BÖLÜM 6.4.
TASARIM PARAMETRELENDİRMESİ VE CAD ÇALIŞMASI İÇİN LLM KULLANIMI

CAD verilerinin benzersizliği yanılsaması (BIM): analitik ve açık formatlara giden yol

Modern CAD (BIM) platformları tasarım ve inşaat bilgi yönetimi yaklaşımını önemli ölçüde değiştirmiştir. Önceleri bu araçlar ağırlıklı olarak çizimler ve 3D modeller oluşturmak için kullanılırken, günümüzde tam teşekküllü proje veri havuzları olarak işlev görmektedirler. Tek Doğruluk Kaynağı konsepti kapsamında, parametrik model giderek artan bir şekilde proje bilgilerinin ana ve çoğu zaman tek kaynağı haline gelmekte ve projenin tüm yaşam döngüsü boyunca bütünlüğünü ve uygunluğunu sağlamaktadır.

> CAD - (BIM -) platformları ile diğer inşaat veri yönetim sistemleri arasındaki temel fark, bilgiye (gerçeğin tek kaynağı) erişmek için özel araçlara ve API'lere ihtiyaç duyulmasıdır. Bu veri tabanları geleneksel anlamda evrensel değildir: açık bir yapı ve esnek entegrasyon yerine, belirli bir platforma ve formata bağlı kapalı bir ortamdır.

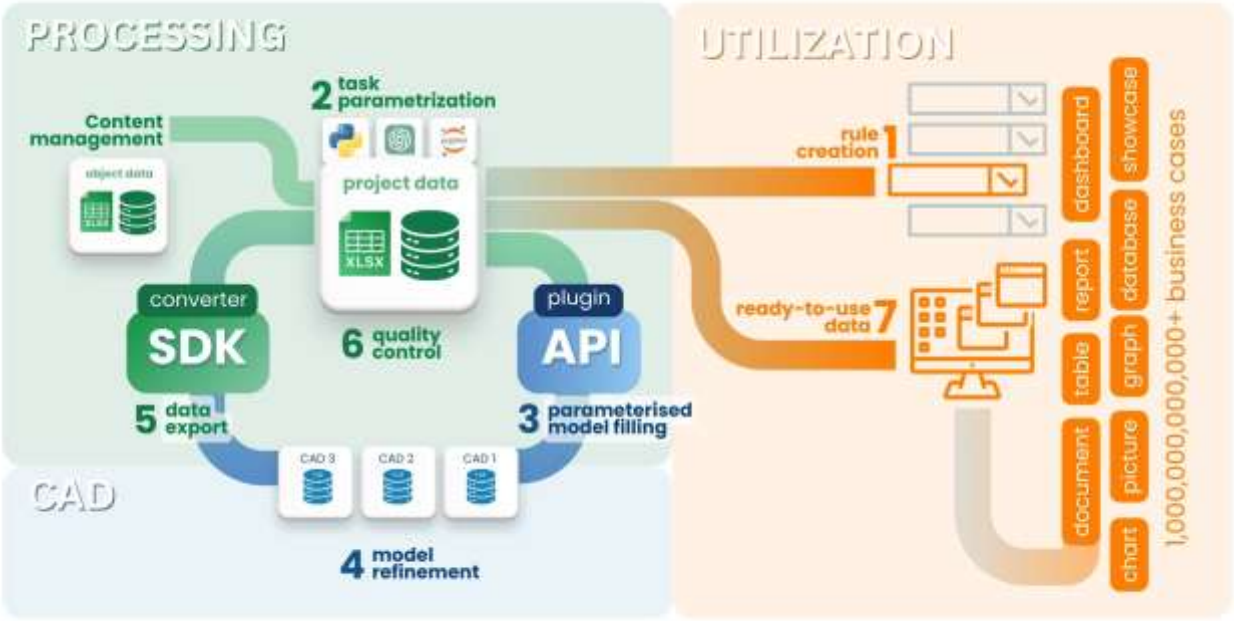
CAD verileriyle çalışmanın karmaşıklığına rağmen, teknik realizasyonun ötesine geçen daha önemli bir soru vardır: CAD veritabanları (BIM) gerçekte nedir? Bu soruyu yanıtlamak için, yazılım geliştiricileri tarafından dayatılan olağan kısaltmaların ve kavramların ötesine geçmek gerekir. Bunun yerine, proje bilgileriyle çalışmanın özüne odaklanmaya değer: veri ve onun işlenmesi.

> İnşaatta iş süreci CAD - veya BIM - araçlarında çalışmayla değil, proje gereksinimlerinin ve veri modellemesinin oluşturulmasıyla başlar. İlk olarak, görev parametreleri tanımlanır: varlıkların listesi, başlangıç özellikleri ve belirli bir görevi çözerken dikkate alınması gereken sınır değerleri. Ancak bundan sonra CAD (BIM) sistemlerinde belirtilen parametreler temelinde modeller ve elemanlar oluşturulur

CAD - (BIM-) veritabanlarında bilgi oluşturulmasından önceki süreç, kitabın dördüncü bölümünde ve "Veri modelleme: kavramsal, mantıksal ve fiziksel model" bölümünde ayrıntılı olarak ele alınan veri modelleme süreciyle tamamen aynıdır (Şekil 4.3-1).

Veri modellemede daha sonra veritabanında işlemek istediğimiz veriler için gereksinimler oluşturduğumuz gibi, CAD veritabanları için de yöneticiler tasarım gereksinimlerini birkaç tablo sütunu veya anahtar-değer çiftleri listesi şeklinde oluştururlar (Şekil 6.4-1, adım 1-2). Ve sadece API 'yi otomatik veya manuel olarak kullanarak bu başlangıç parametrelerine dayanarak tasarımcı CAD-(BIM) veritabanlarında nesneler oluşturur (veya daha doğrusu iyileştirir) (adım 3-4), ardından başlangıç gereksinimlerine uygunluk açısından tekrar kontrol edilirler (adım 5-6). Bu süreç -

tanımlama→ oluşturma→ doğrulama→ ayarlama (adım 2-6) - tıpkı veri modellemede olduğu gibi veri kalitesi hedef sistem - belgeler, tablolar veya gösterge tabloları - için istenen seviyeye ulaşana kadar yinelemeli olarak tekrarlanır (adım 7).

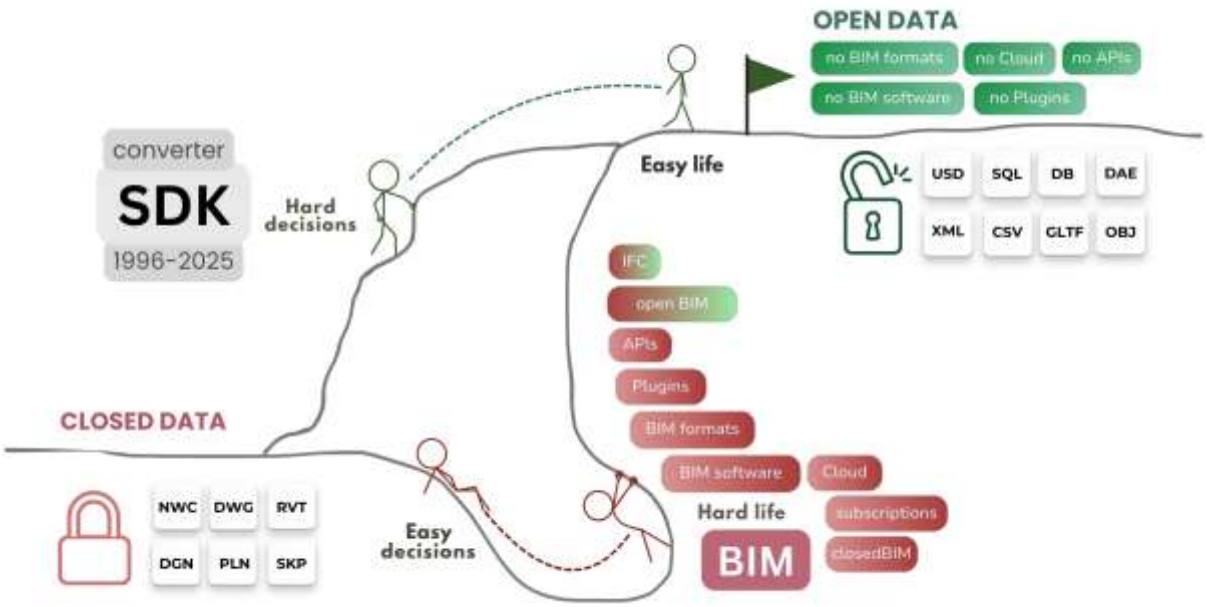


Şekil 6.4-1 İnşaat projelerinin uygulanmasında iş süreçleri için veri tabanlarının bilgi doygunluğu döngüsü.

CAD (BIM) adresini, tasarım ortamının dışında tanımlanan gereksinimler temelinde oluşturulan bir dizi anahtar-değer çifti biçiminde parametre aktarımı için bir mekanizma olarak düşünürsek (Şekil 6.4-1, adım 1-2), tartışmanın odağı belirli yazılım çözümlerinden ve bunların sınırlamalarından daha temel hususlara - veri yapısı, veri modelleri ve veri gereksinimleri - kayar. Özünde, veritabanının parametre doygunluğundan ve klasik veri modelleme sürecinden bahsediyoruz (adım 2-3 ve 5-6). Tek fark, CAD veritabanlarının kapalı yapısı ve kullanılan formatların özellikleri nedeniyle, bu sürece özel BIM araçlarının kullanımının eşlik etmesidir. Burada şu soru ortaya çıkmaktadır: Diğer sektörlerde benzer yaklaşımlar yoksa BIM'in benzersizliği nedir?

Son 20 yıldır, BIM tek bir veri kaynağından daha fazlası olarak konumlandırılmıştır. CAD -BIM paketi genellikle inşaat projelerinin tasarım, modelleme ve yaşam döngüsü yönetimi süreçlerini otomatikleştirebilen, doğası gereği entegre bir veritabanına [64] sahip parametrik bir araç olarak pazarlanmaktadır. Ancak gerçekte BIM, uygun bir veri ve süreç yönetimi yönteminden ziyade kullanıcıları satıcıların platformunda tutmaya yarayan bir araç haline gelmiştir.

Sonuç olarak, CAD- (BIM-) verileri, proje bilgilerini tescilli API'lerinin ve geometri çekirdeklerinin arkasına saklayarak platformları içinde izole edilmiştir. Bu durum, kullanıcıları veritabanlarına bağımsız olarak erişme ve satıcı ekosistemlerini atlayarak verileri çıkarma, analiz etme, otomatikleştirme ve diğer sistemlere aktarma becerisinden mahrum bırakmıştır.



Şekil 6.4-2 İnşaatta, modern formatlar sofistike geometri çekirdekleri, yıllık olarak güncellenen bir API ve CAD -(BIM -) yazılımı için özel lisanslar gerektirir.

Modern CAD araçlarıyla çalışan şirketler, istisnasız tüm CAD tedarikçilerinin pratikte kullandıkları verilerle çalışma yaklaşımını kullanmalıdır: SDK - tersine mühendislik araçları kullanarak veri dönüşümü, CAD tedarikçilerinin 1995'ten beri mücadele ettiği bir yöntemdir [75]. CAD veritabanına tam erişime sahip olarak ve tersine mühendislik araçlarını kullanarak, [127] niteliklere sahip düz bir varlık kümesi elde edebilir ve bunları tasarım öğelerinin hem geometrisi hem de parametreleri dahil olmak üzere herhangi bir uygun açık formata (Şekil 6.4-2) aktarabiliriz. Bu yaklaşım, bilgi ile çalışma paradigmasını temelden değiştirmektedir - dosya odaklı mimariden veri merkezli mimariye:

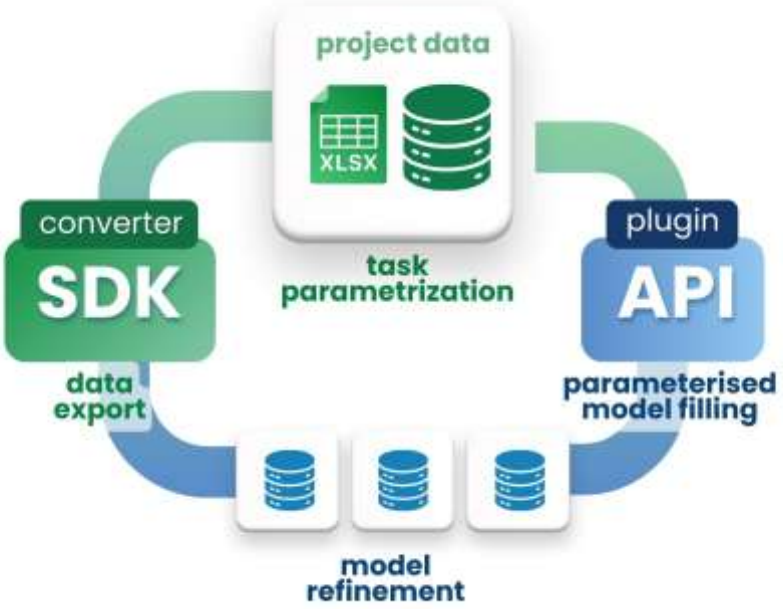
- RVT, IFC, PLN, DB1, CP2, CPIXML, USD, SQLite, XLSX, PARQUET ve diğerleri gibi veri formatları aynı projenin unsurları hakkında aynı bilgileri içerir. Bu, belirli bir format ve şeması hakkında bilgi sahibi olmanın verinin kendisiyle çalışmaya engel olmaması gerektiği anlamına gelir.
- Herhangi bir formattan gelen veriler, geometrik çekirdeklerinin kısıtlamaları olmaksızın MESH üçgen geometrisini ve tüm nesne varlıklarının özelliklerini içeren tek bir açık yapılandırılmış ve granüler yapıda (Şekil 9.1-10) birleştirilebilir.
- Veri analitiği evrensellik için çabalar: açık veri kullanarak kullanılan formattan bağımsız olarak proje verileriyle çalışabilirsiniz.
- API'lerine ve satıcı eklentilerine bağımlılığın yanı sıra minimizasyon: verilerle çalışmak artık API becerilerine bağlı değildir.

ve CAD -veri gereksinimleri analizi kolay yapılandırılmış temsil formatlarına geliştiriciler artık belirli

veri şemalarına ve kapalı ekosistemlere bağımlı değildir.

Parametreler aracılığıyla tasarım: CAD'in geleceği ve BIM

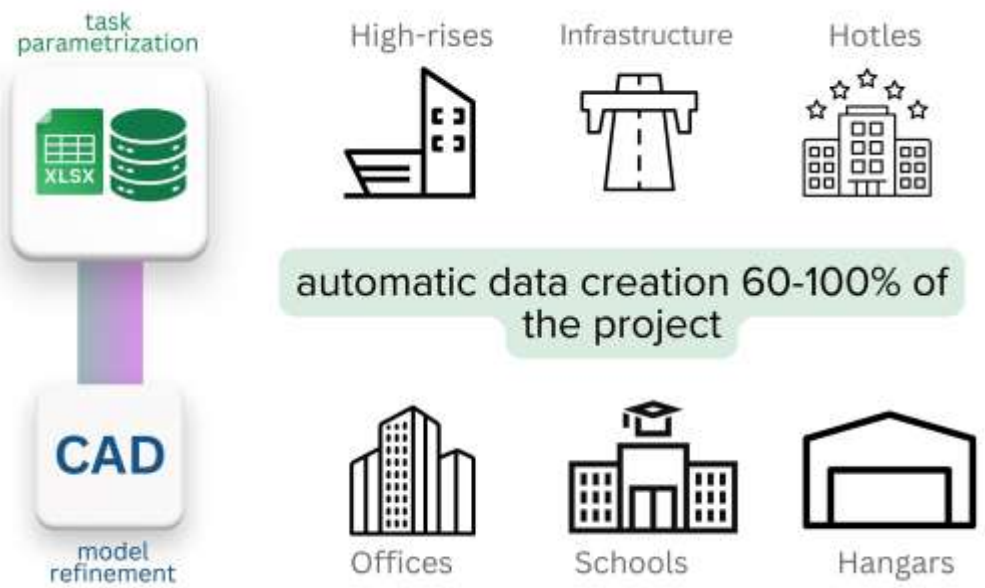
Dünyada hiçbir inşaat projesi bir CAD programında başlamamıştır. Bir çizim veya model CAD'de şekillenmeden önce, kavramsallaştırma aşamasından geçer (Şekil 6.4-1, 1-2. aşamalar), burada odak noktası gelecekteki nesnenin temel fikrini ve mantığını tanımlayan parametrelerdir. Bu aşama veri modellemedeki kavramsal seviyeye karşılık gelir (Şekil 4.3-6). Parametreler yalnızca tasarımcının zihninde var olabilir, ancak ideal olarak yapılandırılmış listeler, tablolar şeklinde düzenlenir veya veritabanlarında saklanır (Şekil 6.4-3), bu da tasarım sürecinin şeffaflığına, tekrarlanabilirliğine ve daha fazla otomasyonuna olanak tanır.



Şekil 6.4-3 Tasarım süreci, CAD veritabanının değer zincirindeki gereksinimler kullanılarak dışarıdan gelen bilgilerle doldurulduğu yinelemeli bir süreçtir.

CAD modellemesine başlamadan önce (veri modellemesinin mantıksal ve fiziksel aşaması (Şekil 4.3-7)), projenin temelini oluşturan sınır parametrelerinin tanımlanması önemlidir. Bu nitelikler, diğer gereksinimlerde olduğu gibi, veri kullanım zincirinin en ucundan (örneğin sistemler) toplanır ve bunlar aracılığıyla projedeki gelecek nesnelerin kısıtlamaları, hedefleri ve temel özellikleri zaten tanımlanmıştır.

Gereksinimler iyi tanımlanmışsa, modellemenin kendisi parametrik modelleme araçları yardımıyla%60-100 oranında tamamen otomatikleştirilebilir (Şekil 6.4-3). Proje parametreler şeklinde tanımlanır tanımlanmaz, örneğin modern CAD ortamlarına gömülü Grasshopper Dynamo gibi görsel programlama dilleri veya Blender, UE, Omniverse'deki ücretsiz çözümler yardımıyla oluşumu teknik olarak mümkün hale gelir.



Şek. 6.4-4 Parametrik programlama araçları sayesinde günümüzde tip projelerin çoğu zaten tamamen otomatik olarak oluşturulmaktadır.

Günümüzde, büyük endüstriyel ve tipik projeler tasarım departmanının elleriyle değil, parametrik araçlar ve görsel programlama yoluyla oluşturulmaktadır. Bu da belirli bir tasarımcı veya yöneticinin öznel kararları yerine verilere dayalı bir model oluşturmayı mümkün kılıyor.

> *İçerik tasarımdan önce gelir. İçeriksiz tasarım, tasarım değil dekorasyondur [128].*
>
> - Jeffrey Zeldman, web tasarımcısı ve girişimci

Süreç çizim veya 3D modelleme ile değil, gereksinimlerin oluşturulmasıyla başlar. Projede hangi unsurların kullanılacağını, hangi verilerin diğer departmanlara ve sistemlere aktarılması gerektiğini belirleyen gereksinimlerdir. Yalnızca yapılandırılmış gereksinimlerin varlığı, modellerin düzenli olarak otomatik olarak kontrol edilmesini mümkün kılar (örneğin, tasarımcıyı işinden alıkoymadan her 10 dakikada bir bile).

> Belki de gelecekte CAD- (BIM-) sistemi sadece veri tabanını doldurmak için bir arayüz haline gelecek ve modellemenin hangi CAD aracında (fiziksel seviye) önemli olmayacaktır.

Benzer şekilde, makine mühendisliğinde 3D modelleme sıklıkla kullanılır, ancak projenin gerekli veya zorunlu bir unsuru değildir. Çoğu durumda, klasik 2D dokümantasyon yeterlidir ve gerekli bilgi modeli bunun temelinde oluşturulur. Bu model, endüstri standartlarına göre yapılandırılmış bileşenlerden bir araya getirilir ve tasarım ve üretim organizasyonunu anlamak için gerekli tüm bilgileri içerir. Fabrika bilgi modeli daha sonra, teknoloji uzmanlarının ihtiyaçlarına yönelik özel ürünlerin ve akış şemalarının eklendiği bir fabrika bilgi modeli oluşturmak için kullanılır. Tüm süreç gereksiz karmaşıklık olmadan,

gerçek avantajlar sağlamadıkları durumlarda sistemi 3D grafiklerle aşırı yüklemeden organize edilebilir.

> 3D modelin kendisinin ve CAD sisteminin ana rolü oynamaması gerektiğini anlamak önemlidir - bu sadece nicel ve geometrik analiz için bir araçtır. Varlığı tanımlayan geometri dışındaki diğer tüm parametreler, mümkünse CAD ortamı dışında saklanmalı ve işlenmelidir (BIM).

Parametreler aracılığıyla tasarım sadece bir trend değil, inşaat sektörünün kaçınılmaz geleceğidir. Tasarımcılar, karmaşık 3D modellerini manuel olarak oluşturmak yerine verilerle çalışacak, bunları doğrulayacak ve süreçleri otomatikleştirerek inşaatı programlama dünyasına yaklaştıracak. Zaman içinde tasarım süreçleri yazılım geliştirme ilkeleri üzerine inşa edilecektir:

- Gereksinimleri oluştur → Modeli oluştur→ Sunucuya yükle →değişiklikleri kontrol et→ Çekme isteği
- Çekme talebi, tasarım sürecinden önce veya tasarım süreci sırasında oluşturulan gereksinimlere karşı model kontrollerini otomatik olarak çalıştırır
- Veri kalitesi kontrolleri ve onaydan sonra değişiklikler projeye, ortak veritabanına uygulanır veya otomatik olarak diğer sistemlere aktarılır

Halihazırda makine mühendisliğinde bu tür tasarım değişiklikleri bir değişiklik bildiriminin oluşturulmasıyla başlamaktadır. İnşaat sektörünü de benzer bir plan beklemektedir: tasarım, her adımın parametrik gereksinimlerle desteklendiği yinelemeli bir süreç olacaktır. Böyle bir sistem, tasarımcıların otomatik kontroller ve belirli gereksinimler için otomatik bir çekme talebi oluşturmasına olanak tanıyacaktır.

> Geleceğin tasarımcısı her şeyden önce bir veri operatörüdür, manuel bir modelleyici değil. Görevi, projeyi geometrinin niteliklerden yalnızca biri olduğu parametrik varlıklarla doldurmaktır.

Bu dönüşümde önemli bir rol oynayacak olan, kitabın önceki bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınan veri modelleme, sınıflandırma ve standardizasyonun öneminin anlaşılmasıdır. Geleceğin tasarım düzenlemeleri, XLSX veya XML -şemaları şeklinde anahtar-değer parametre çiftleri olarak resmileştirilecektir.

> İnşaat sektörünün geleceği veri toplamak, analiz etmek, doğrulamak ve analitik araçları kullanarak süreçleri otomatikleştirmekle ilgilidir. BIM (veya CAD) nihai hedef değil, yalnızca bir evrim aşamasıdır. Profesyoneller, geleneksel CAD araçlarını atlayarak doğrudan verilerle çalışabileceklerini fark ettiklerinde, "BIM" teriminin kendisi yavaş yavaş yerini yapılandırılmış ve ayrıntılı inşaat projesi verilerini kullanma kavramlarına bırakacaktır.

Dönüşümü hızlandıran temel faktörlerden biri, büyük dil modellerinin (LLM) ve bunlara dayalı araçların ortaya çıkması olmuştur. Bu teknolojiler tasarım verilerinin ele alınma şeklini değiştirmekte ve API'leri veya satıcı çözümleri hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmaya gerek kalmadan bilgiye erişim sağlamaktadır. LLM'ler sayesinde bir gereksinim oluşturma ve CAD verileriyle etkileşim kurma süreci sezgisel ve erişilebilir hale gelmektedir.

Tasarım CAD veri işleme süreçlerinde LLM 'nin ortaya çıkışı

CAD veritabanı erişim araçlarının ve açık ve basitleştirilmiş CAD formatlarının geliştirilmesine ek olarak, LLM araçlarının (Büyük Dil Modelleri) ortaya çıkması tasarım verilerinin işlenmesinde devrim yaratmaktadır. Geçmişte bilgiye erişim çoğunlukla karmaşık arayüzler aracılığıyla gerçekleşirken ve programlama becerileri ile API bilgisi gerektirirken, artık doğal dil kullanarak verilerle etkileşim kurmak mümkündür.

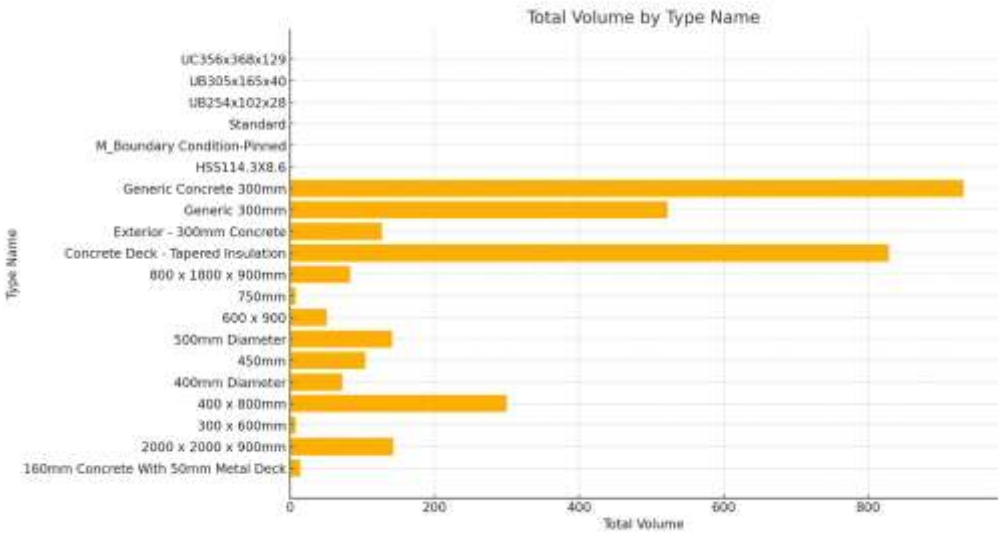
Teknik altyapısı olmayan mühendisler, yöneticiler ve planlamacılar, proje verilerinden gerekli bilgileri sıradan bir dilde sorgular formüle ederek elde edebilirler. Verilerin yapılandırılmış ve erişilebilir olması koşuluyla (Şekil 4.1-13), LLM *sohbetinde şu şekilde bir* soru sormak yeterlidir: "*Hacmi 10 metreküpten fazla olan tüm duvarları türe göre gruplandırarak bir tabloda göster*" - ve model bu sorguyu otomatik olarak SQL veya Pandas koduna dönüştürerek bir özet tablo, grafik veya hatta tamamlanmış bir belge oluşturacaktır.

Aşağıda LLM -modellerinin farklı CAD- (BIM-) formatlarında temsil edilen tasarım verileriyle nasıl etkileşime girdiğine dair bazı gerçek hayat örnekleri yer almaktadır.

- Bir tablo veri çerçevesine (CHATGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN veya herhangi biri) dönüştürüldükten sonra (Şekil 4.1-13) RVT formatındaki bir CAD projesine LLM sohbetinde bir sorgu örneği:

> RVT dosyasından elde edilen Dataframe'deki verileri "Volume" parametresini toplarken "Type name" ile gruplayın ve gruptaki eleman sayısını gösterin. Ve lütfen tüm bunları sıfır değerleri olmadan yatay bir histogram olarak gösterin.

- LLM yanıtı yatay çubuk grafik olarak (PNG formatı):



Şekil 6.4-5 Eklentilerin kullanımıyla 17 fare tıklaması veya 40 satır kod yerine, LLM 'de QTO tablosunu bir metin sorgusu aracılığıyla anında alıyoruz.

- "Duvarlar" kategorisinden toplam alan ve miktara sahip duvar türlerinin bir QTO tablosunu oluşturmak için LLM -chat için bir metin sorgusu formüle edelim:

> Proje veri çerçevesinden yalnızca "Kategori" parametresinde "OST_Duvarlar" olan öğeleri alın, bunları "Tür Adı" na göre gruplayın, "Alan" sütununun değerini toplayın, miktarı ekleyin ve null değerleri kaldırarak tabloda görüntüleyin.

- LLM yanıtı bitmiş bir QTO tablosu şeklinde:

Type Name	Total Area	Count
CL_W1	393.12 sq m	10
Cavity wall_sliders	9.37 sq m	1
Foundation - 300mm Concrete	30.90 sq m	1
Interior - 165 Partition (1-hr)	17.25 sq m	3
Interior - Partition	186.54 sq m	14
Retaining - 300mm Concrete	195.79 sq m	10
SH_Curtain wall	159.42 sq m	9
SIP 202mm Wall - conc clad	114.76 sq m	4
Wall - Timber Clad	162.91 sq m	8

Şekil 6.4-6 Doğal dilde bir QTO tablosu oluşturmak, CAD - (BIM-) araçlarını kullanırken olduğu gibi aynı kalitede sonuç sağlar.

- Projeyi IFC formatında bir tablo veri çerçevesine dönüştürdükten sonra sorgulayalım ve benzer bir metin sorgusunu herhangi bir LLM sohbetine girelim:

> Projeden yalnızca "Parent" parametresinde Level 1 ve Level 2 değerlerine sahip öğeleri alın ve "Category" parametresinde IfcSlab değerlerine sahip öğeleri alın, ardından bu öğeleri "ObjectType" parametresine göre gruplayın, "PSet_RVT _Dimensions Area" parametresindeki değerleri toplayın ve bunları pasta grafik olarak gösterin.

- LLM yanıtı IFC verilerinden eleman gruplarının tamamlanmış bir Pasta grafiği olarak:

Şekil 6.4-7 Yapılandırılmış bir formattaki IFC verilerinin sorgusunun sonucu, verilerin anlaşılması için uygun olan herhangi bir grafik türü olabilir.

Ortaya çıkan hazır çözümlerin her birinin arkasında (Şekil 6.4-5 - Şekil 6.4-7) Pandas kütüphanesini kullanan bir düzine Python kodu satırı bulunmaktadır. Ortaya çıkan kod LLM sohbet odasından kopyalanabilir ve LLM sohbet odası dışında aynı sonuçları elde etmek için herhangi bir yerel veya çevrimiçi IDE'de kullanılabilir.

Aynı LLM sohbetinde sadece 3D CAD (BIM) formatlarından elde edilen projelerle değil, aynı zamanda DWG formatındaki düz çizimlerle de çalışabiliriz, örneğin, yapılandırılmış bir forma dönüştürüldükten sonra çizgi veya 3D geometriler biçimindeki eleman grupları hakkındaki verileri görüntülemek için LLM sohbetini sorgulayabiliriz.

DWG dosyalarının LLM ve Pandas ile otomatik analizi

Bilginin yapılandırılmamış doğası nedeniyle DWG dosyalarından veri işleme süreci her zaman karmaşık bir görev olmuş, özel yazılım ve genellikle manuel analiz gerektirmiştir. Bununla birlikte, yapay zeka ve LLM araçlarının geliştirilmesiyle, günümüzde çoğunlukla manuel olan bu sürecin birçok adımını otomatikleştirmek mümkün hale gelmiştir. Projeyle çalışmanıza olanak tanıyan DWG çizimleriyle çalışmak için LLM'ye (bu örnekte ChatGPT) gelen taleplerden oluşan gerçek bir Boru Hattı düşünelim:

- DWG verilerini katman, kimlik ve koordinatlara göre filtreleme
- Elemanların geometrisini görselleştirin

- Çizimlere parametrelere göre otomatik olarak açıklama ekleme
- Duvar çoklu çizgilerini yatay düzleme genişletme
- Etkileşimli 3D oluşturun - düzlemsel verilerin görselleştirilmesi
- Karmaşık CAD araçları olmadan inşaat verilerini yapılandırın ve analiz edin

Bizim durumumuzda, Boru Hattı oluşturma süreci LLM aracılığıyla sıralı kod üretimi ile başlar. İlk olarak, görevi tanımlayan bir sorgu oluşturulur. ChatGPT Python kodu üretir, bu kod çalıştırılır ve analiz edilir, sonucu sohbet odası içinde gösterir. Sonuç beklendiği gibi değilse, istek düzeltilir ve işlem tekrarlanır

> **Pipeline** verileri işlemek ve analiz etmek için gerçekleştirilen otomatik adımlar dizisidir. Böyle bir süreçte her adım veriyi girdi olarak alır, dönüşümleri gerçekleştirir ve sonucu bir sonraki adıma aktarır.

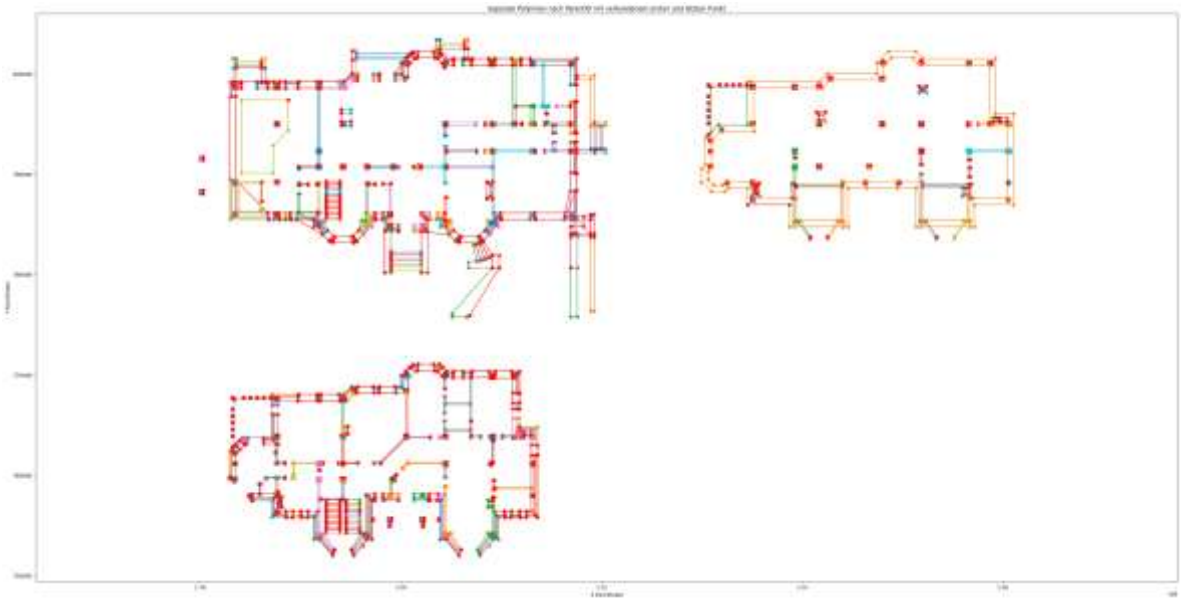
İstenen sonuç elde edildikten sonra, kod LLM'den kopyalanır ve uygun IDE'lerden herhangi birinde, bizim durumumuzda Kaggle platformunda.com bloklar şeklinde koda yapıştırılır. Ortaya çıkan kod parçaları, veri yüklemeden nihai analize kadar tüm süreci otomatikleştiren tek bir Boru Hattı halinde birleştirilir. Bu yaklaşım, derin programlama uzmanlığı olmadan analitik süreçlerin hızlı bir şekilde geliştirilmesine ve ölçeklendirilmesine olanak tanır. Aşağıdaki tüm parçaların tam kodu, örnek sorgularla birlikte Kaggle.com platformunda "DWG Analyse with ChatGPT | DataDrivenConstruction" [129] araması yapılarak bulunabilir. [129].

Yapılandırılmış forma dönüştürüldükten sonra DWG verileriyle çalışma sürecine başlayalım (Şekil 4.1-13), klasik bir adımla - görevimiz için gerekli olan tüm çizim verilerinin gruplandırılması ve filtrelenmesi duvar elemanları, özellikle çoklu çizgiler ('ParentID' parametresi çizgileri gruplar halinde gruplandırmaya izin verir), parametrede (veri çerçevesi sütunu) "Katman" aşağıdaki harf kombinasyonunu içeren bir dize değerine sahiptir (RegEx) - "duvar".

- Benzer bir görevin kodunu ve resim şeklinde sonucunu almak için LLM adresinde aşağıdaki sorguyu yazmalısınız:

> İlk olarak, DWG'den elde edilen veri çerçevesinin tanımlanan sütunları içerip içermediğini kontrol edin: 'Layer', 'ID', 'ParentID' ve 'Point'. Ardından 'Layer' sütunundan 'wall' dizesini içeren ID'leri filtreleyin. 'ParentID' sütununda bu tanımlayıcılarla eşleşen öğeleri bulun. 'Nokta' sütunundaki verileri temizlemek ve bölmek için bir fonksiyon tanımlayın. Bu, parantezleri kaldırmayı ve değerleri 'x', 'y' ve 'z' koordinatlarına bölmeyi içerir. Matplotlib kullanarak verileri çizin. Her bir benzersiz 'ParentID' için 'Nokta' koordinatlarını birleştiren ayrı bir çoklu çizgi çizin. Mümkünse ilk ve son noktaların birbirine bağlı olduğundan emin olun. Uygun etiketleri ve başlıkları ayarlayın, x ve y eksenlerinin eşit ölçeklendirildiğinden emin olun.

- LLM cevabı size arkasında onu oluşturan Python kodunun gizli olduğu hazır bir resim verecektir:

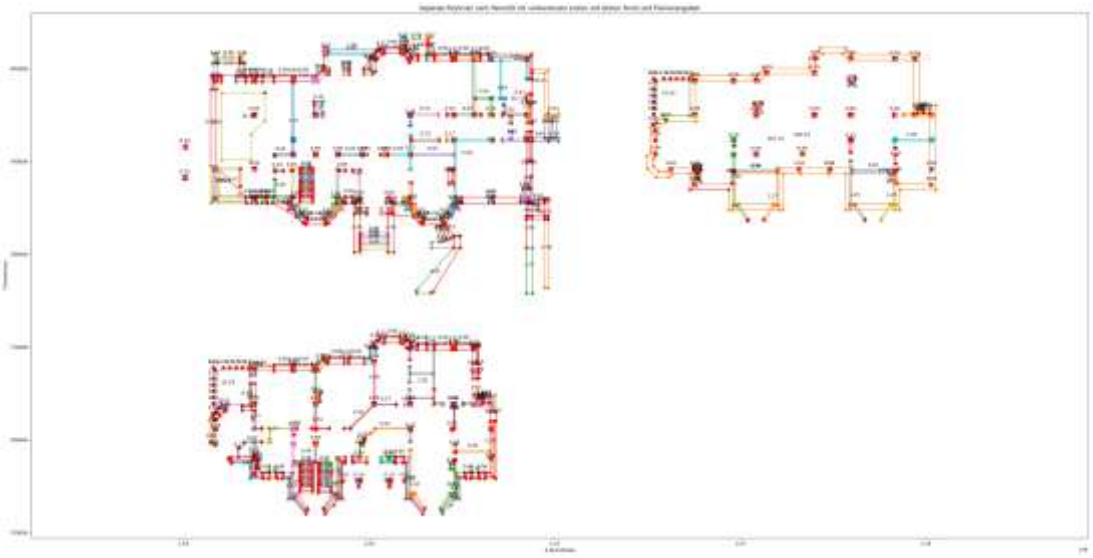


Şekil 6.4-8 LLM kodu, DWG dosyasından "duvar" katmanının tüm çizgilerini çıkardı, koordinatlarını temizledi ve Python kütüphanelerinden birini kullanarak çoklu çizgileri oluşturdu.

- Şimdi her bir çoklu çizginin özelliklerinde (veri çerçevesi sütunlarından birinde) sahip olduğu alan parametresini çizgilere ekleyelim:

> Şimdi her bir çoklu çizgiden sadece bir "ParentID" alın - bu ID'yi "ID" sütununda bulun, "Area" değerini alın, 1.000.000'a bölün ve bu değeri grafiğe ekleyin

- LLM yanıtı her bir çoklu çizginin alanıyla birlikte bir başlığa sahip olacağı yeni bir grafik gösterecektir:

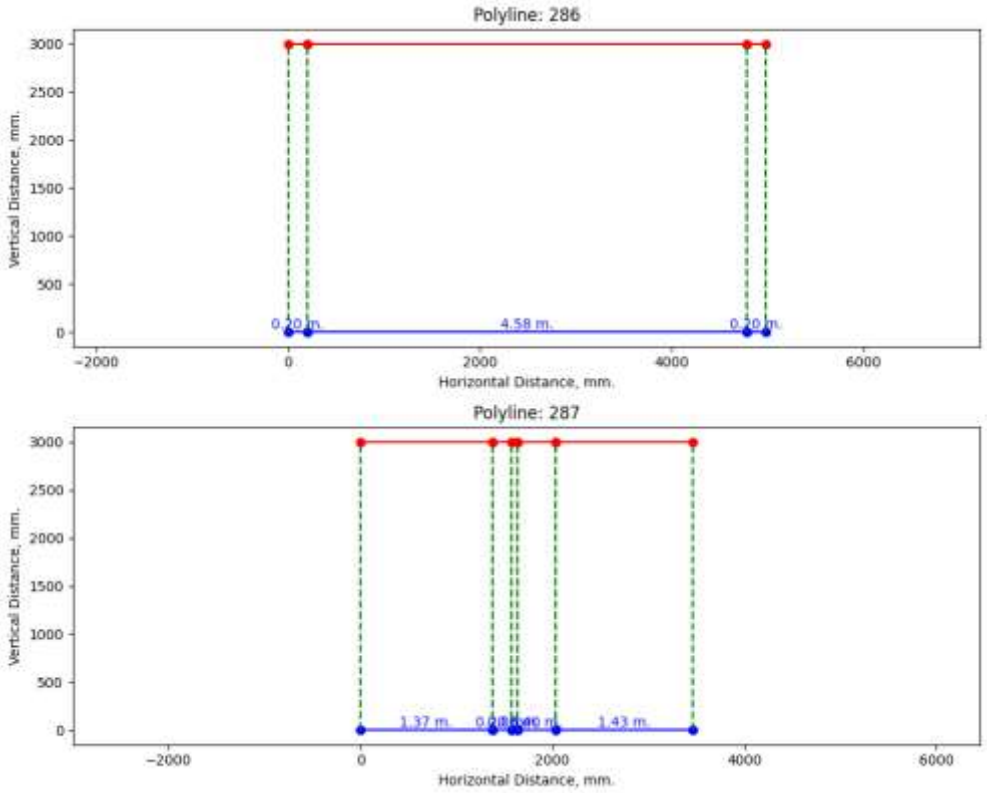


Şekil 6.4-9 LLM, her bir çoklu çizgi için alan değerlerini alan ve çizgi görselleştirmesi ile görüntüye ekleyen kod eklemiştir.

- Daha sonra her bir çoklu çizgiyi yatay bir çizgiye dönüştüreceğiz, 3000 mm yükseklikte bir paralel çizgi ekleyeceğiz ve bu şekilde duvar elemanlarının yüzeylerinin düzenini göstermek için bunları tek bir düzlemde birleştireceğiz:

> "Layer" sütunundan "wall" değerine sahip tüm öğeleri almanız gerekir. Bu ID'leri "ID" sütunundan bir liste olarak alın ve bu ID'leri "ParentID" sütunundaki tüm veri çerçevesinden bulun. Tüm elemanlar tek bir çoklu çizgide birleştirilen çizgilerdir. Her çizgi, "Point" sütunundaki ilk noktanın farklı bir x, y geometrisine sahiptir. Her bir çoklu çizgiyi sırayla almalı ve 0,0 noktasından yatay olarak çoklu çizgiden her bir parçanın uzunluğunu çizmelisiniz. çoklu çizginin her bir parçasının uzunluğunu tek bir çizgi haline getirin. Daha sonra aynı çizgileri sadece 3000 daha yükseğe çizin ve tüm noktaları tek bir düzlemde birleştirin.

LLM yanıtı, duvar çizimlerini düzlemde çizmenize olanak tanıyan kod çıktısı verecektir:

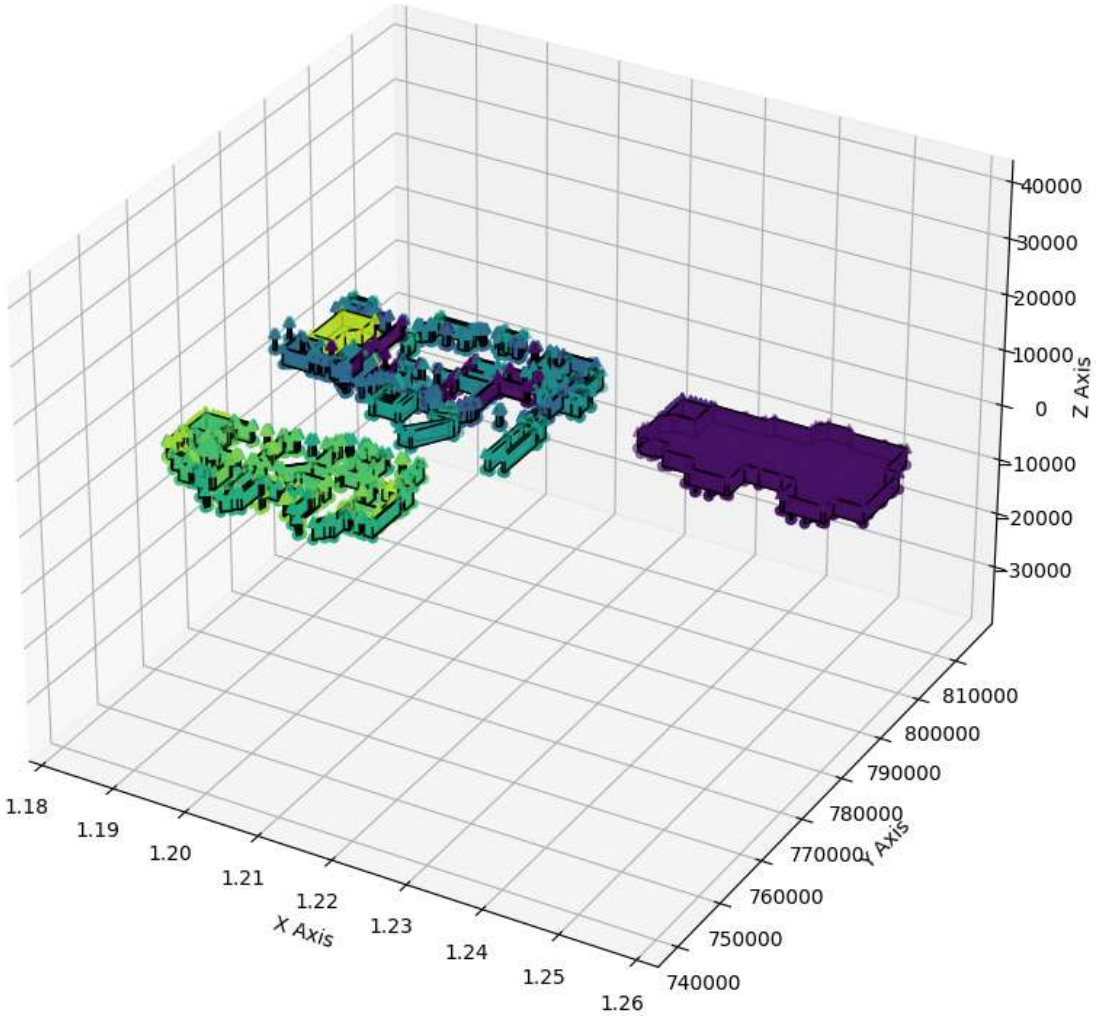


Şek. 6.4-10 İstemleri kullanarak her bir çoklu çizgiyi, duvar düzlemlerini doğrudan LLM sohbetinde görselleştiren bir düzene dönüştürüyoruz.

Şimdi 2D projeksiyondan 3D'ye geçelim - çoklu çizgilerin üst ve alt katmanlarını birleştirerek düz çizgilerden duvarları modelleyelim:

> Duvar elemanlarını 3D olarak görselleştirin, z = 0 ve z = 3000 mm yüksekliklerinde çoklu çizgileri birleştirin. Binanın duvarlarını temsil eden kapalı bir geometri oluşturmak için. Matplotlib 3D grafik aracını kullanın.

- LLM, her bir çoklu çizginin bir dizi düzlem olarak temsil edileceği etkileşimli bir 3D grafiği oluşturacaktır. Kullanıcı, bir bilgisayar faresi ile elemanlar arasında serbestçe hareket edebilecek ve kodu sohbetten IDE'ye kopyalayarak modeli 3D modunda keşfedebilecektir:



Şekil 6.4-11 LLM, düz çizim çizgilerini IDE içindeki 3D görüntüleyicide keşfedilebilecek bir 3D görünümünde görselleştirmek için kod [129] oluşturulmasına yardımcı oldu.

Mantıklı ve tekrarlanabilir bir Boru Hattı oluşturmak için - ilk dönüştürme ve DWG dosyasının yüklenmesinden nihai sonuca kadar - her adımdan sonra oluşturulan LLM kod bloğunun IDE'ye kopyalanması önerilir. Bu şekilde, sonucu yalnızca sohbette kontrol etmekle kalmaz, aynı zamanda geliştirme ortamınızda hemen çalıştırırsınız. Bu, süreci sırayla oluşturmanıza, gerektiğinde hata ayıklamanıza ve uyarlamanıza olanak tanır.

Tüm parçaların Boru Hattı kodunun tamamını (Şekil 6.4-8 ila Şekil 6.4-11) ve örnek sorguları Kaggle platformunda.com adresinde "DWG Analyse with ChatGPT | DataDrivenConstruction" araması yaparak bulabilirsiniz. [129]. Kaggle'da sadece kodu ve kullanılan istemleri görüntülemekle kalmaz,

aynı zamanda tüm Boru Hattını orijinal DWG veri çerçeveleriyle bulutta herhangi bir ek yazılım veya IDE'nin kendisini yüklemek zorunda kalmadan ücretsiz olarak kopyalayabilir ve test edebilirsiniz.

Bu bölümde sunulan yaklaşım, DWG -projelerine dayalı belgelerin kontrolünü, işlenmesini ve oluşturulmasını tamamen otomatikleştirmenize olanak tanır. Geliştirilen Boru Hattı hem tek tek çizimlerin işlenmesi hem de her proje için gerekli raporların ve görselleştirmelerin otomatik olarak oluşturulmasıyla onlarca, yüzlerce ve binlerce DWG dosyasının toplu olarak işlenmesi için uygundur.

Süreç sıralı ve şeffaf bir şekilde organize edilebilir: önce CAD dosyasındaki veriler otomatik olarak XLSX formatına dönüştürülür, ardından bir veri çerçevesine yüklenir, ardından gruplama, kontrol ve sonuç oluşturma - tüm bunlar herhangi bir popüler IDE'de tek bir Jupyter not defterinde veya Python komut dosyasında uygulanır. Gerekirse, süreç proje dokümantasyon yönetim sistemleriyle entegrasyon yoluyla kolayca genişletilebilir: CAD dosyaları belirlenen kriterlere göre otomatik olarak alınabilir, sonuçlar depolama sistemine geri gönderilebilir ve sonuçlar hazır olduğunda kullanıcılar e-posta veya mesajlaşma programları aracılığıyla bilgilendirilebilir.

> Tasarım verileriyle çalışmak için LLM sohbetlerini ve aracılarını kullanmak, özel CAD programlarına bağımlılığı azaltır ve arayüzle manuel etkileşime gerek kalmadan - fare tıklamaları ve karmaşık menü navigasyonunu hatırlamadan - mimari tasarımların analizini ve görselleştirmesini gerçekleştirmenize olanak tanır.

İnşaat sektörü her geçen gün LLM, granüler yapılandırılmış veriler, DataFrames ve sütunlu veritabanları hakkında daha fazla şey duyacak. Çeşitli veri tabanları ve CAD formatlarından oluşturulan birleşik iki boyutlu DataFrame'ler, diğer sektörlerdeki uzmanlar tarafından aktif olarak kullanılan modern analitik araçlar için ideal yakıt olacaktır.

Otomasyon sürecinin kendisi önemli ölçüde basitleştirilecektir - kapalı niş ürünlerin API 'sini incelemek ve parametreleri analiz etmek veya dönüştürmek için karmaşık komut dosyaları yazmak yerine, artık bir görevi, neredeyse her cihazda ücretsiz olarak çalışan gerekli programlama dili için gerekli Boru Hattı veya İş Akışı sürecine katlanacak bir dizi bireysel metin komutu şeklinde formüle etmek yeterli olacaktır. Artık CAD- (BIM-) araç satıcılarından yeni ürünler, formatlar, eklentiler veya güncellemeler beklemek yok. Mühendisler ve inşaatçılar, LLM sohbetleri ve temsilcileri tarafından desteklenen basit, ücretsiz ve anlaşılması kolay araçları kullanarak verilerle bağımsız olarak çalışma yetkisine sahip olacaklar.

Sonraki adımlar: kapalı formatlardan açık veriye geçiş

Geleceğin tasarım verileriyle çalışırken, herhangi birinin tescilli araçların geometrik çekirdeklerini anlamaya veya aynı bilgileri içeren yüzlerce uyumsuz formatı öğrenmeye gerçekten ihtiyacı olması pek olası değildir. Bununla birlikte, açık yapılandırılmış verilere geçişin neden önemli olduğunu anlamadan, yeni ücretsiz araçların, açık verilerin ve yazılım satıcıları tarafından teşvik edilmesi muhtemel olmayan yaklaşımların kullanımını savunmak zordur.

Bu bölümde CAD (BIM) verilerinin temel özelliklerini, sınırlamalarını ve fırsatlarını tartıştık ve satıcıların pazarlama vaatlerine rağmen mühendislerin ve tasarımcıların her gün tasarım bilgilerini çıkarma, aktarma ve analiz etme konusunda zorluklarla karşılaştıklarını gördük. Bu sistemlerin mimarisini anlamak ve LLM aracılığıyla açık formatlara ve otomasyona dayalı alternatif yaklaşımları öğrenmek, bırakın şirketleri, tek bir profesyonelin bile hayatını çok daha kolaylaştırabilir. Bu bölümü özetlemek gerekirse, bu bölümde tartışılan yaklaşımları günlük işlerinize uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var:

- Proje verileriyle çalışmak için araç setinizi genişletin
  - ☐ Kullandığınız CAD - (BIM-) sistemlerinden veri çıkarmak için mevcut eklentileri ve yardımcı programları keşfedin
  - ☐ Özel yazılımları manuel olarak açmanıza gerek kalmadan kapalı formatlardan veri çıkarma işlemini otomatikleştirmenizi sağlayan mevcut SDK'ları ve API'leri keşfedin
  - ☐ Parametrik olmayan açık geometri formatları (OBJ, glTF, USD, DAE) ve ilgili açık kaynak kütüphaneleri ile çalışma konusunda temel beceriler
  - ☐ Analizi ve diğer sistemlerle entegrasyonu kolaylaştırmak için CAD (BIM) çözümleri dışında proje meta verilerini geometriden ayrı depolamak için bir sistem düşünmeye çalışın
  - ☐ Formatlar arasında veri dönüştürme sorunlarını otomatikleştirmek için LLM kullanın
- Proje bilgilerini işlemek için kendi süreçlerinizi oluşturun
  - ☐ Görevleri ve modelleme gereksinimlerini parametreler ve değerleri aracılığıyla basit ve yapılandırılmış formatlarda tanımlamaya başlama
  - ☐ Sık gerçekleştirilen işlemler için kişisel bir komut dosyası veya kod bloğu kitaplığı oluşturun
- Çalışmalarınızda açık standartların kullanımını teşvik edin
  - ☐ Meslektaşlarınızı ve iş ortaklarınızı yazılım satıcısı ekosistemi tarafından kısıtlanmayan açık formatlarda veri paylaşmaya davet edin
  - ☐ Belirli örneklerle yapılandırılmış veri kullanmanın faydalarını gösterme
  - ☐ Kapalı formatlarla ilgili sorunlar ve olası çözümler hakkında tartışmalar başlatmak

Şirketinizin CAD - (BIM-) platformlarına ilişkin politikasını değiştiremeseniz bile, proje verileriyle açık formatlarda çalışma ilkelerini kişisel olarak anlamanız, işinizin verimliliğini önemli ölçüde artırmanızı sağlayacaktır. Farklı formatlardan veri almak ve dönüştürmek için kendi araçlarınızı ve yöntemlerinizi oluşturarak, yalnızca iş akışlarınızı optimize etmekle kalmaz, aynı zamanda standart yazılım çözümlerinin sınırlamalarını aşma esnekliği de kazanırsınız.

VII KISIM

VERIYE DAYALI KARAR VERME, ANALITIK, OTOMASYON VE MAKINE ÖĞRENIMI

Yedinci bölüm, inşaat sektöründe veri analitiği ve süreç otomasyonuna odaklanmaktadır. Verilerin nasıl karar vermenin temeli haline geldiği tartışılmakta ve etkili analiz için bilgilerin görselleştirilmesi ilkeleri açıklanmaktadır. Anahtar performans göstergeleri (KPI), yatırım getirisini değerlendirme yöntemleri (ROI) ve proje izleme için gösterge tabloları oluşturma ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Farklı verileri analiz için yapılandırılmış bilgilere dönüştürmek üzere ETL süreçlerine (Extract, Transform, Load) ve bunların boru hatları (Pipeline) kullanılarak otomasyonuna özel önem verilmektedir. Apache Airflow, Apache NiFi ve n8n gibi derin programlama bilgisi olmadan otomatik veri boru hatları oluşturmaya izin veren iş akışı düzenleme araçları tartışılmaktadır. Büyük Dil Modelleri (LLM'ler) ve bunların veri analizini basitleştirmek ve rutin görevleri otomatikleştirmek için kullanımı önemli bir rol oynamaktadır

BÖLÜM 7.1.
VERI ANALITIĞI VE VERIYE DAYALI KARAR VERME

Bilgilerin toplanması, yapılandırılması, temizlenmesi ve doğrulanması aşamalarından sonra, tutarlı ve analiz edilebilir bir veri seti ortaya çıkmıştır. Kitabın önceki bölümlerinde PDF belgeleri ve toplantı metin kayıtlarından CAD modelleri ve geometrik verilere kadar heterojen kaynakların sistematize edilmesi ve yapılandırılması ele alınmıştır. Bilgilerin çeşitli sistemlerin ve sınıflandırıcıların gereksinimleri ile kontrol edilmesi ve hizalanması, mükerrerliklerin ve tutarsızlıkların ortadan kaldırılması süreci ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bu veriler üzerinde yapılan tüm hesaplamalar (kitabın üçüncü, dördüncü bölümleri) - basit dönüşümlerden zaman, maliyet ve ÇSY göstergelerinin hesaplamalarına kadar (beşinci bölüm) - toplu analitik görevlerdir. Bir projenin mevcut durumunu anlamak, parametrelerini değerlendirmek ve ardından kararlar almak için temel oluştururlar. Sonuç olarak veriler, hesaplamaların bir sonucu olarak, bir dizi farklı kayıttan temel iş sorularını yanıtlayabilen yönetilebilir bir kaynağa dönüşür.

Önceki bölümlerde tipik iş vakalarında ve inşaat sektörüne özgü süreçlerde kullanılmak üzere veri toplama ve kalite kontrol süreçleri detaylandırılmıştır. Bu bağlamda analitik, diğer sektörlerdeki uygulamalara birçok yönden benzemekle birlikte bir dizi spesifik özelliğe sahiptir.

Takip eden bölümlerde, bilginin ilk ediniminden dönüşümüne ve sonrasında hedef sistemlere ve belgelere aktarılmasına kadar olan otomasyon adımları da dahil olmak üzere veri analizi süreci detaylandırılacaktır. İlk olarak, veri güdümlü karar vermenin seçilmiş yönlerine odaklanan teorik bir bölüm sunulacaktır. Daha sonraki bölümlerde ETL'nin otomasyonu ve inşası ile ilgili pratik kısım - Pipeline.

Karar vermede bir kaynak olarak veri

Veri odaklı karar alma süreci genellikle yinelemeli bir süreçtir ve çeşitli bilgi kaynaklarından sistematik olarak bilgi toplanmasıyla başlar. Doğal bir döngü gibi, bireysel veri unsurları ve tüm bilgi sistemleri yavaş yavaş toprağa düşerek şirketlerin bilgi havuzlarında birikir (Şekil 1.3-2). Zamanla bu veriler, dökülen yapraklar ve dallar gibi değerli malzemelere dönüşür. Veri mühendisleri ve analistlerden oluşan miselyum, bilgileri düzenler ve gelecekte kullanılmak üzere hazırlar ve yeni filizler ve yeni sistemler yetiştirmek için düşen verileri ve sistemleri değerli komposta dönüştürür (Şekil 1.2-5).

Çeşitli sektörlerde analitik kullanımının yaygınlaşmasına yönelik eğilimler, verilerle çalışmanın mesleki faaliyetlerin temeli haline geldiği yeni bir dönemin başlangıcına işaret etmektedir (Şekil 7.1-1). İnşaat sektörü profesyonellerinin bu değişikliklere uyum sağlaması ve yeni bir çağa - veri ve analitik çağına geçmeye hazır olması önemlidir

Verilerin tablolar arasında manuel olarak taşınması ve hesaplamaların manuel olarak yapılması yavaş yavaş geçmişte kalıyor ve yerini otomasyona, veri akışı analizine, analitiğe ve makine öğrenimine bırakıyor. Bu araçlar modern karar destek sistemlerinin temel unsurları haline geliyor.

> McKinsey'in "Yeniden Başlamak. McKinsey'in Dijital Teknoloji ve Yapay Zeka Çağında Rekabetin Üstesinden Gelme Rehberi" [130] adlı kitabında, 2022 yılında çeşitli bölgelerden, sektörlerden ve işlevsel alanlardan 1.330 üst düzey yöneticiyle yapılan bir ankete atıfta bulunulmaktadır [130], 2022 yılında farklı bölgelerden, sektörlerden ve işlevsel alanlardan 1.330 üst düzey yönetici ile yapılan bir araştırmaya atıfta bulunmaktadır. Sonuçlara göre, liderlerin%70'i kendi fikirlerini üretmek için gelişmiş analitik kullanmakta ve%50'si karar alma süreçlerini iyileştirmek ve otomatikleştirmek için yapay zeka uygulamaktadır.

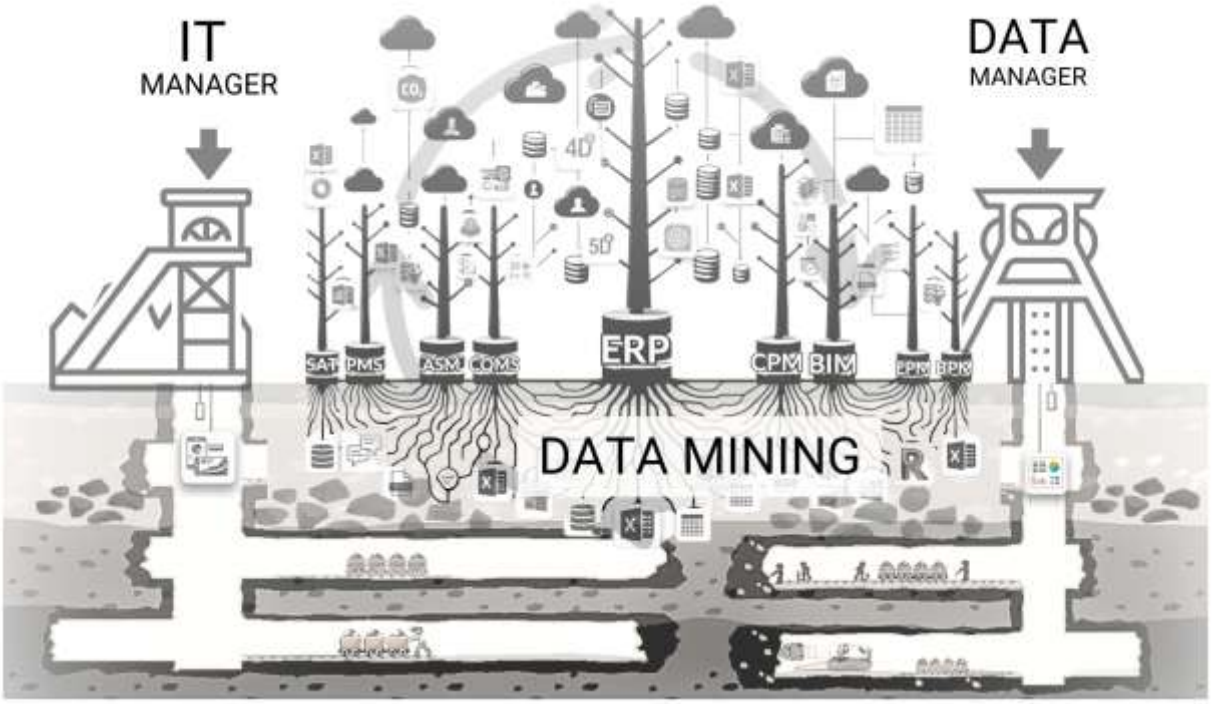
Şekil 7.1-1 Veri analizi ve analitik bir şirkette karar alma hızını artırmanın ana aracıdır.

Veri analizi miselyumun yayılması gibi geçmiş kararların humusuna nüfuz ederek bireysel sistemleri birbirine bağlamaya yardımcı olur ve yöneticileri değerli içgörülere yönlendirir. Bu bilgi, çürümüş veri sistemi ağaçlarından gelen besinler gibi, şirketteki yeni kararları besler, zengin ve sağlıklı topraktan çıkan yeni filizler ve filizler gibi etkili değişim ve kaliteli bilgi büyümesine yol açar (Şekil 1.2-5).

> *Rakamların anlatacak önemli bir hikayesi vardır. Onlara net ve ilgi çekici bir ses vermeniz için size güveniyorlar* [131].
>
> - Stephen Few, Veri Görselleştirme Uzmanı

Orta ölçekli ve küçük şirketlerde, daha ileri analizler için bilgi çıkarma ve hazırlama işi günümüzde on sekizinci yüzyıl kömür madenciliği ile karşılaştırılabilecek kadar yoğun emek gerektiren bir süreçtir (Şekil 7.1-2). Yakın zamana kadar veri madenciliği ve hazırlama işi, yapılandırılmamış, gevşek yapılandırılmış, karma ve kapalı kaynaklardan gelen farklı veri türleriyle çalışmak için küçük ve sınırlı bir araç setiyle son derece uzmanlaşmış bir alanda çalışan maceracılara ayrılmıştı.

Karar vericiler ve yöneticiler genellikle heterojen veriler ve sistemler konusunda deneyimsizdir, ancak bunlara dayanarak karar vermeleri gerekir. Sonuç olarak, son yıllarda modern inşaat sektöründe veriye dayalı karar alma süreci otomatikleştirilmiş bir süreçten çok, ilk kömür madenlerinde bir madencinin günlerce süren el emeğine benzemektedir.



Şekil 7.1-2 Veri madenciliği sürecinde uzmanlar, temizlemeden sonraki analizler için yapılandırmaya kadar karmaşık bir veri hazırlama yolundan geçerler.

İnşaat sektöründeki modern veri çıkarma yöntemleri 12. yüzyıl madencilerinin ilkel tekniklerinden kesinlikle daha gelişmiş olsa da, bu hala karmaşık ve yüksek riskli bir görevdir ve yalnızca büyük şirketlerin karşılayabileceği önemli kaynaklar ve uzmanlık gerektirir. Geçmiş projelerin birikmiş mirasından verilerinin çıkarılması ve analiz edilmesi süreçleri, yakın zamana kadar ağırlıklı olarak onlarca yıldır sürekli olarak veri toplayan ve depolayan büyük, teknolojik açıdan gelişmiş şirketler tarafından üstlenilmiştir

Daha önceleri analitik alanındaki öncü rol, onlarca yıldır veri biriktiren ve teknolojik açıdan olgunlaşmış şirketler tarafından oynanıyordu. Bugün ise durum değişiyor: verilere ve veri işleme araçlarına erişim demokratikleşiyor - eskiden karmaşık olan çözümler artık herkes tarafından ücretsiz olarak kullanılabiliyor.

Analitiğin uygulanması, şirketlerin gerçek zamanlı olarak daha doğru ve bilinçli kararlar almasını sağlar. Aşağıdaki vaka çalışması, geçmiş verilerin finansal açıdan sağlıklı kararlar alınmasına nasıl yardımcı

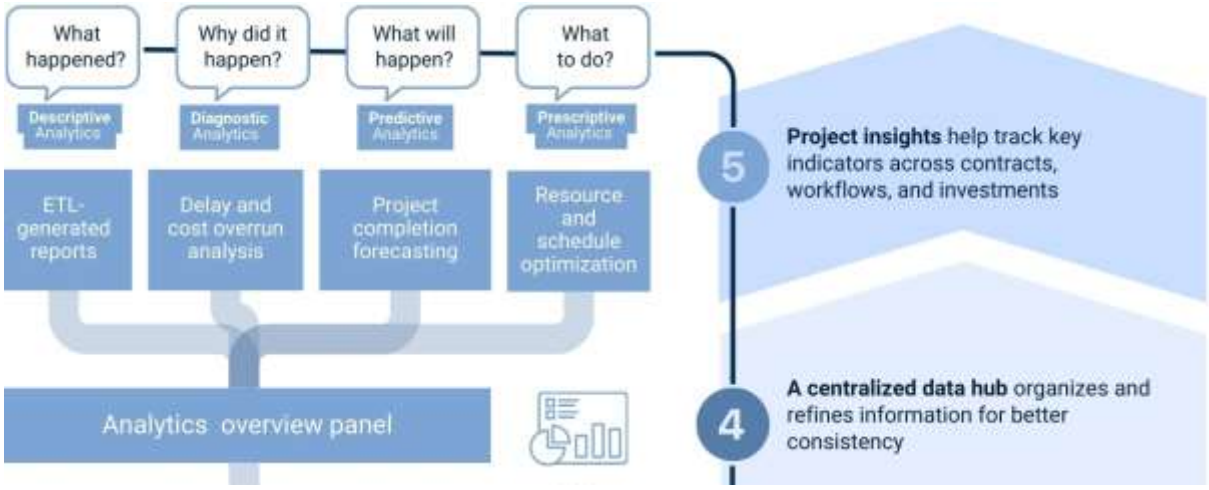
olabileceğini göstermektedir:

- **Proje Müdürü** - "*Şu anda şehirdeki ortalama beton fiyatı 82€ /m³, tahminimizde 95 €/m³ var.*"
- **Tahminci** - "*Önceki projelerde aşım%15 civarındaydı, bu yüzden geri adım attım*."
- **Veri yöneticisi veya müşteri tarafı kontrol mühendisi** - "*Son üç ihalenin analizlerine bakalım*."

Geçmiş projelerden DataFrame'i analiz ettikten sonra şunu elde ediyoruz:

- **Ortalama fiili satın alma fiyatı:** 84,80 /m³€
- **Ortalama fazla harcama oranı:** +%4,7
- **Tahminde önerilen oran:** ~ 85 /m³€

Böyle bir karar artık öznel duygulara değil, riskleri azaltmaya ve ihale teklifinin geçerliliğini artırmaya yardımcı olan belirli tarihsel istatistiklere dayanacaktır. Geçmiş projelerden elde edilen verilerin analizi, yeni ve daha doğru çözümlerin filizlendiği bir tür "organik gübre" haline gelir.



Şekil 7.1-3 Veri analitiği üç temel soruya yanıt verir: ne olduğu, neden olduğu ve bundan sonra ne yapılması gerektiği.

Karar vericiler ve yöneticiler genellikle yeterli teknik uzmanlığa sahip olmadan heterojen veri ve sistemlerle çalışma ihtiyacıyla karşı karşıya kalırlar. Bu gibi durumlarda, analitik sürecin ilk ve en önemli adımlarından biri olan görselleştirme, verilerin anlaşılmasında önemli bir yardımcıdır. Bilginin görsel ve anlaşılabilir bir biçimde sunulmasını sağlar.

verilerinin görselleştirilmesi: anlama ve karar vermenin anahtarı

Proje verilerinin karmaşık ve çok seviyeli bir yapıya sahip olduğu günümüz inşaat sektöründe görselleştirme kilit bir rol oynamaktadır. verilerinin görselleştirilmesi, proje yöneticilerinin ve mühendislerin büyük, heterojen veri hacimlerinde gizli olan karmaşık kalıpları ve eğilimleri görselleştirmelerine olanak tanır.

verilerinin görselleştirilmesi, bir projenin durumunu anlamayı kolaylaştırır: kaynak tahsisi, maliyet eğilimleri veya malzeme kullanımı. Grafikler ve çizelgeler karmaşık ve kuru bilgileri erişilebilir ve anlaşılabilir hale getirerek dikkat edilmesi gereken kilit alanları hızlı bir şekilde belirlemenize ve olası sorunları tespit etmenize olanak tanır.

verilerinin görselleştirilmesi sadece bilgilerin yorumlanmasını kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda analitik süreçte ve bilinçli yönetim karar alma sürecinde *önemli* bir a*dımdır ve* "ne oldu?" ve "nasıl oldu?" sorularının yanıtlanmasına yardımcı olur (Şekil 2.2-5). (Şekil 2.2-5).

> *Grafikler, mantıksal problemleri çözmek için kullanılan görsel araçlardır [132].*
>
> - Jacques Bertin, "Grafikler ve Grafiksel Bilgi İşleme

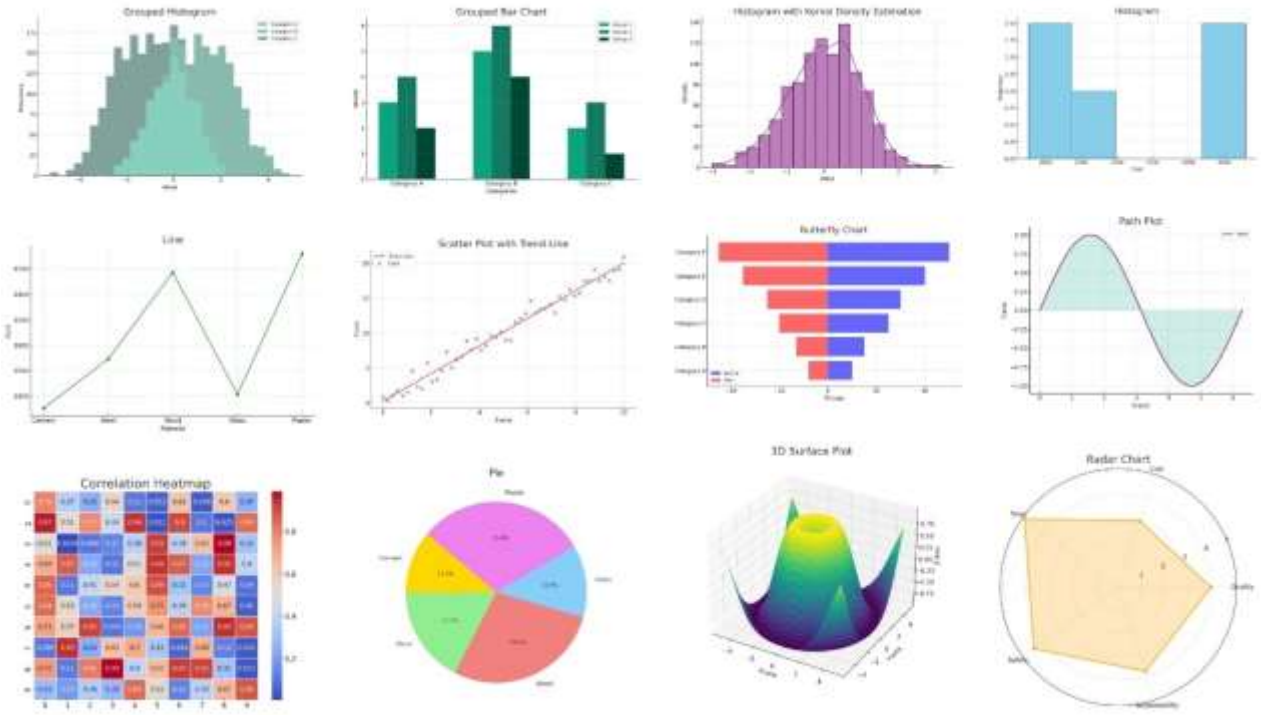
Önemli kararlar almadan önce, proje yöneticilerinin elektronik tablolardan veya metin mesajlarından gelen kuru ve yorumlanması zor rakamlar yerine verilerin görsel temsillerini kullanma olasılığı daha yüksektir.

Görselleştirme olmadan veri, bir inşaat sahasına gelişigüzel serpiştirilmiş yapı malzemeleri gibidir: potansiyelleri belirsizdir. Ancak tuğla ve betondan yapılmış bir ev gibi net bir şekilde görselleştirildiklerinde değerleri anlaşılır. Ev inşa edilene kadar, malzeme yığınının küçük bir kulübe mi, lüks bir villa mı yoksa bir gökdelen mi olacağını söylemek imkansızdır.

Şirketler çeşitli sistemlerden gelen verilere (Şekil 1.2-4 ila Şekil 2.1-10), finansal işlemlere ve kapsamlı metin verilerine sahiptir. Ancak bu verileri iş faydası için kullanmak genellikle zordur. Bu gibi durumlarda görselleştirme, verilerin anlamını iletmek için önemli bir araç haline gelir ve bilgilerin gösterge tabloları, grafikler ve çizelgeler gibi herhangi bir uzmanın anlayabileceği formatlarda sunulmasına yardımcı olur.

> PwC'nin "Hızla Değişen İş Dünyasında Başarılı Olmak İçin Öğrenciler Nelere İhtiyaç Duyuyor?" (2015) başlıklı çalışmasında [9] başarılı şirketlerin kendilerini veri analiziyle sınırlamadıkları, karar almayı desteklemek için grafikler, infografikler ve analitik gösterge tabloları gibi interaktif görselleştirme araçlarını aktif olarak kullandıkları vurgulanmaktadır. Rapora göre - veri görselleştirme, müşterilerin verilerin çizelgeler, grafikler, diyagramlar, gösterge panoları ve etkileşimli veri modelleri aracılığıyla anlattığı hikayeyi anlamalarına yardımcı olmaktadır.

Bilgilerin çizelgeler, grafikler ve diyagramlar gibi görsel grafik formlarına dönüştürülmesi süreci, insan beyninin verileri anlamasını ve yorumlamasını geliştirir (Şekil 7.1-4). Bu, proje yöneticilerinin ve analistlerin karmaşık senaryoları daha hızlı değerlendirmesine ve sezgiler yerine görsel olarak tanınabilir eğilimlere ve kalıplara dayalı bilinçli kararlar almasına olanak tanır.



Şekil 7.1-4 Çeşitli görselleştirme türleri, insan beyninin sayıların kuru bilgilerini daha iyi anlamasına ve anlamlandırmasına yardımcı olmak için tasarlanmıştır.

Verilerden görselleştirmelerin oluşturulması ve çeşitli ücretsiz görselleştirme kütüphanelerinin kullanımı, ETL -süreçleri ile ilgili bir sonraki bölümde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

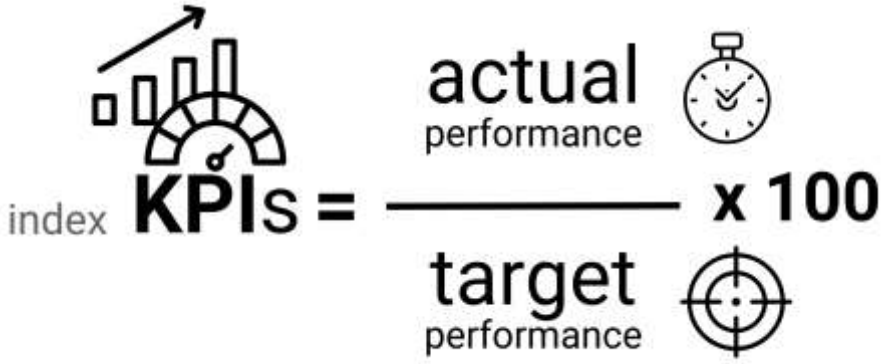
Görselleştirme, inşaat sektöründe verilerle çalışmanın ayrılmaz bir unsuru haline geliyor - sadece verileri "görmeye" değil, aynı zamanda yönetim görevleri bağlamında anlamını anlamaya da yardımcı oluyor. Ancak görselleştirmenin gerçekten faydalı olabilmesi için tam olarak neyin görselleştirilmesi gerektiğini ve proje performansının değerlendirilmesinde hangi ölçütlerin gerçekten önemli olduğunu önceden belirlemek gerekir. KPI'lar ve ROI gibi performans ölçütleri burada devreye girer. Bunlar olmadan, en güzel gösterge tabloları bile sadece "bilgi gürültüsü" olma riskini taşır.

KPI'lar ve ROI

Günümüz inşaat sektöründe, performans göstergelerinin (KPI ve ROI) yönetimi ve bunların raporlar ve gösterge tabloları aracılığıyla görselleştirilmesi, üretkenliğin ve proje yönetimi verimliliğinin artırılmasında kilit bir rol oynamaktadır.

Her işte olduğu gibi inşaatta da başarının, yatırım getirisinin ve performansın ölçüleceği metriklerin net bir şekilde tanımlanması gerekir. Çeşitli süreçler hakkında veri elde ederken, veri odaklı bir kuruluş öncelikle temel **KPI'ları (Temel Performans Göstergeleri)** - stratejik ve operasyonel hedeflere ne ölçüde ulaşıldığını yansıtan nicel ölçütler - belirlemeyi öğrenmelidir.

Bir KPI hesaplamak için, genellikle fiili ve planlanan göstergeleri içeren bir formül kullanılır (Şekil 7.1-5). Örneğin, bir proje, çalışan veya süreç için bireysel bir KPI hesaplamak için, fiili performansı planlanan performansa bölün ve sonucu%100 ile çarpın.



Şekil 7.1-5 KPI'lar bir projenin veya sürecin temel hedeflere ulaşmadaki başarısını ölçmek için kullanılır.

Daha ayrıntılı KPI'lar metrikleri site düzeyinde kullanılabilir:

- **Kilit kilometre taşlarının zamanlaması** (temel, kurulum, bitirme) - iş planlarına uygunluğun kontrol edilmesini sağlar.
- **Malzeme aşım yüzdesi** - tedarikin yönetilmesine ve israfın en aza indirilmesine yardımcı olur.
- **Planlanmamış makine duruşlarının sayısı** - üretkenliği ve maliyetleri etkiler.

Yanlış ölçütlerin seçilmesi hatalı "*ne yapmalı?*" kararlarına yol açabilir (Şekil 2.2-5). Örneğin, bir şirket yalnızca metrekare başına maliyete odaklanır ancak tadilat maliyetini dikkate almazsa, malzemelerden yapılan tasarruflar gelecekteki projelerde daha düşük kaliteye ve daha yüksek maliyetlere yol açabilir.

Hedefleri belirlerken neyin ölçüldüğü konusunda net olmak önemlidir. Muğlak ifadeler yanlış sonuçlara yol açar ve kontrolü zorlaştırır. İnşaat sektöründe başarılı ve başarısız KPI örneklerine bakalım.

İyi KPI'lar:

- "*Yıl sonuna kadar, yeniden dekore etme işlerinin oranını* yüzde 10 *azaltın*."
- "*Önümüzdeki çeyrekte kaliteden ödün vermeden cephe montaj hızını yüzde 15 artırın*"
- "*Yıl sonuna kadar çalışma programlarını optimize ederek makine duruş süresini%20 azaltın*"

Bu metrikler açıkça ölçülebilir, belirli değerlere ve zaman dilimlerine sahiptir.

Kötü KPI'lar:

- "*Daha hızlı inşa edeceğiz*" (Ne kadar hızlı? "Daha hızlı" ne demek?).
- "*Beton işinin kalitesini artıracağız*" (Kalite tam olarak nasıl ölçülüyor?)
- "*Sahadaki yüklenici etkileşimini iyileştireceğiz*" (Hangi kriterler iyileşme gösterecek?)

> İyi bir KPI ölçülebilen ve objektif olarak değerlendirilebilen bir göstergedir. İnşaat sektöründe bu özellikle önemlidir, çünkü net göstergeler olmadan performansı izlemek ve istikrarlı sonuçlar elde etmek mümkün değildir.

KPI 'a ek olarak, yatırımların etkinliğini değerlendirmek için ek bir ölçüt daha vardır: **ROI (Yatırım Getirisi)** - kâr ile yatırılan fonlar arasındaki oranı yansıtan bir yatırım getirisi göstergesi. ROI, dijital çözümler ve otomasyondan (örneğin Şekil 7.3-2) yeni yapı malzemelerinin kullanımına kadar yeni yöntemlerin, teknolojilerin veya araçların kullanılmasının haklı olup olmadığının değerlendirilmesine yardımcı olur. Bu gösterge, işletme karlılığı üzerindeki gerçek etkilerine dayalı olarak daha fazla yatırım hakkında bilinçli kararlar alınmasına yardımcı olur

> İnşaat proje yönetimi bağlamında, bir şirketin hedefi bir projenin, teknolojinin veya süreç iyileştirmesinin yatırım getirisini ölçmekse, ROI (yatırım getirisi) temel performans göstergelerinden biri olarak kullanılabilir (KPI). Örneğin, yeni bir inşaat yönetimi tekniği uygulanıyorsa, ROI bunun karlılığı ne kadar artırdığını gösterebilir.

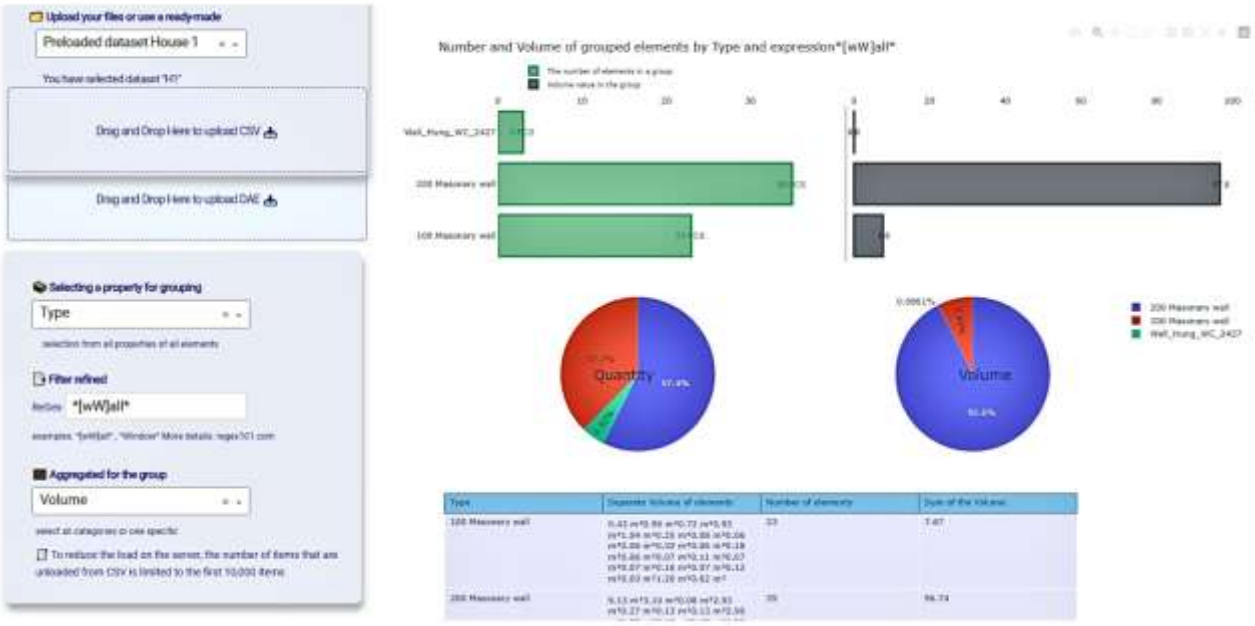
Malzeme tüketimi, çalışma saatleri ve maliyetler gibi çeşitli kaynaklardan toplanan verilere dayalı olarak KPI'ların ve ROI'lerin düzenli olarak ölçülmesi, proje yönetiminin kaynakları etkin bir şekilde yönetmesini ve hızlı kararlar almasını sağlar. Bu verilerin uzun vadede saklanması, gelecekteki eğilimlerin analiz edilmesine ve süreçlerin optimize edilmesine olanak tanır.

KPI'ları, ROI'leri ve diğer ölçümleri görselleştirmek için çeşitli çizelgeler ve grafikler kullanılır ve bunlar genellikle gösterge tablolarında birleştirilir.

Gösterge tabloları ve panolar: etkili yönetim için ölçümlerin görselleştirilmesi

Göstergeleri ve ölçümleri görselleştirmek için çeşitli çizelgeler ve grafikler kullanılır ve bunlar genellikle veri vitrinleri ve gösterge tabloları halinde birleştirilir. Bu gösterge panoları, temel göstergeleri (ideal olarak gerçek zamanlı olarak) görüntüleyerek bir projenin veya bir projenin bölümlerinin durumunun merkezi bir görünümünü sağlar. Güncel ve sürekli güncellenen gösterge tabloları ekibin değişikliklere hızlı bir şekilde yanıt vermesini sağlar.

Gösterge Tabloları nicel değerlendirmeleri görselleştirerek tüm proje katılımcıları için kolayca erişilebilir ve anlaşılabilir hale getiren araçlardır.



Şek. 7.1-6 KPI'ları yönetmek ve bunları gösterge tabloları aracılığıyla görselleştirmek, proje üretkenliğini ve verimliliğini artırmanın anahtarıdır.

İşte gösterge tabloları oluşturabileceğiniz popüler araçlardan bazı örnekler:

- **Power BI**, etkileşimli raporlar ve gösterge panoları oluşturmak için Microsoft tarafından sunulan bir araçtır.
- **Tableau ve Google Data Studio**, kod yazmak zorunda kalmadan verileri görselleştirmek ve gösterge tablo**ları** oluşturmak için güçlü araçlardır.
- **Plotly** (Şekil 7.1-6, Şekil 7.2-12) etkileşimli grafikler oluşturmaya yönelik bir kütüphanedir ve Dash veri analizi için web uygulamaları oluşturmaya yönelik bir çerçevedir. Etkileşimli gösterge panoları oluşturmak için birlikte kullanılabilirler.
- **Çok sayıda Python kütüphanesi** (Şekil 7.2-9 - Şekil 7.2-11) - Python, Matplotlib, Seaborn, Plotly, Bokeh ve diğerleri gibi veri görselleştirme için birçok açık kaynaklı ve ücretsiz kütüphaneye sahiptir. Bunlar, Flask veya Django gibi çerçeveler kullanarak grafikler oluşturmak ve bunları bir web uygulamasına entegre etmek için kullanılabilir.
- **JavaScript Kütüphaneleri**: D3.js veya Chart.js gibi Açık Kaynak JavaScript kütüphanelerini kullanarak etkileşimli gösterge tabloları oluşturmanıza ve bunları bir web uygulamasına entegre etmenize olanak tanır.

> KPI'ları değerlendirmek ve gösterge tabloları oluşturmak için güncel verilere ve bilgi toplama ve analiz etmeye yönelik net bir zaman çizelgesine ihtiyacınız vardır.

Genel olarak, KPI, ROI ve inşaat sektöründeki gösterge tabloları, proje yönetimine analitik bir yaklaşımın temelini oluşturur. Bunlar yalnızca mevcut durumun izlenmesine ve değerlendirilmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda gelecekteki planlama ve optimizasyon süreçleri için de değerli içgörüler sağlar - bu süreçler doğrudan verilerin yorumlanmasına ve doğru ve zamanında soruların sorulmasına bağlıdır.

Veri analizi ve soru sorma sanatı

Veri yorumlama, bilginin anlam kazandığı ve "konuşmaya" başladığı analizin son aşamasıdır. Anahtar soruların cevapları burada formüle edilir: *"Ne yapmalı?"* ve *"Nasıl yapmalı?"* (Şekil 2.2-5). Bu aşama, sonuçların özetlenmesine, kalıpların belirlenmesine, neden-sonuç ilişkilerinin kurulmasına ve görselleştirme ve istatistiksel analize dayalı sonuçlar çıkarılmasına olanak tanır.

> *Belki de şu anda gelişmekte olan büyük yeni karmaşık dünya devletlerinden birinin etkin bir vatandaşı olabilmek için, hesap yapabilmenin, ortalamalar, maksimumlar ve minimumlar açısından düşünebilmenin, şu anda okuma yazma bilmek kadar gerekli olduğunun farkına varılacağı zaman çok uzak değildir* [133].
>
> - Samuel S. Wilkes, 1951 yılında Amerikan İstatistik Derneği'nde yaptığı başkanlık konuşmasından alıntı

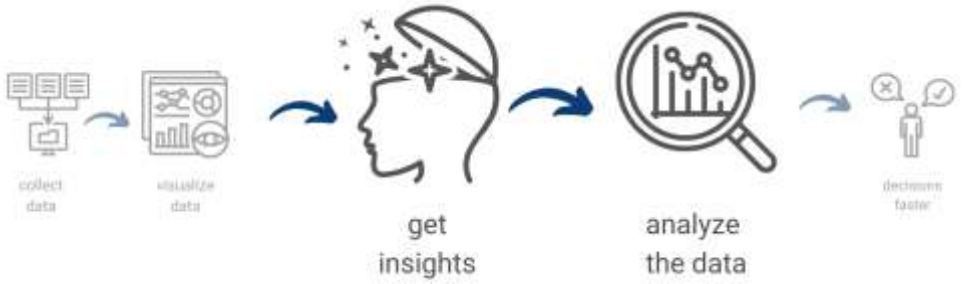
> Birleşik Krallık hükümeti tarafından yayınlanan "Kamu Projelerinin Uygulanmasında Veri Analitiği ve Yapay Zeka" (2024) raporuna göre [83], analitik veri ve yapay zekanın (AI) uygulanması, proje yönetimi süreçlerini önemli ölçüde iyileştirebilir, zaman ve maliyet tahmininin doğruluğunu artırabilir, risk ve belirsizliği azaltabilir. Rapor, gelişmiş analitik araçlar kullanan kamu kuruluşlarının altyapı girişimlerinde daha yüksek performans elde ettiğini vurgulamaktadır.

Dördüncü sanayi devriminin son derece rekabetçi ve düşük marjlı ortamında faaliyet gösteren modern inşaat işleri askeri operasyonlarla karşılaştırılabilir. Burada şirketin hayatta kalması ve başarısı, kaynaklara ve kaliteli bilgiye ulaşma hızına ve dolayısıyla zamanında ve bilinçli karar almaya bağlıdır (Şekil 7.1-7).

Veri görselleştirme genel bakış sağlayan 'istihbarat' ise, veri analitiği eylem için gereken 'mühimmat'tır. *Ne yapmalı* ve *nasıl yapmalı* sorularını yanıtlayarak pazarda rekabet avantajı elde etmenin temelini oluşturur.

> Analitik, farklı verileri kararlara temel oluşturacak yapılandırılmış ve anlamlı bilgilere dönüştürür.

Analistlerin ve yöneticilerin görevi sadece bilgileri yorumlamak değil, aynı zamanda bilinçli kararlar vermek, eğilimleri belirlemek, farklı veri türleri arasındaki ilişkileri tespit etmek ve bunları projenin hedeflerine ve özelliklerine uygun olarak kategorize etmektir. Görselleştirme araçlarını ve istatistiksel analiz yöntemlerini kullanarak verileri şirket için stratejik bir varlığa dönüştürürler.



Şekil 7.1-7 Nihai olarak toplanan bilgileri karar verme için bir kaynağa dönüştüren veri analizidir.

analitik sürecinde gerçekten bilgiye dayalı kararlar verebilmek için verilere sorulan soruların nasıl doğru formüle edileceğini öğrenmek gerekir. Bu soruların kalitesi, elde edilen içgörülerin derinliğini ve sonuç olarak yönetim kararlarının kalitesini doğrudan etkiler.

> *Geçmiş ancak bugünün kayıtlarında mevcut olduğu ölçüde vardır. Ve bu kayıtların neyi temsil ettiği sorduğumuz sorular tarafından belirlenir. Bundan başka bir tarih yoktur [134].*
>
> - John Archibald Wheeler, fizikçi 1982

Derin sorular sorma ve eleştirel düşünme sanatı, verilerle çalışırken kritik bir beceridir. Çoğu insan cevaplamak için çok az çaba gerektiren basit, yüzeysel sorular sorma eğilimindedir. Ancak gerçek analiz, birden fazla mantık katmanının ardına gizlenmiş olabilecek bilgilerdeki gizli ilişkileri ve neden-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarabilecek anlamlı ve düşünceli sorularla başlar.

> "Data-Driven Transformation: Accelerating at Scale Now" (BCG, 2017) [135] adlı çalışmaya göre, başarılı bir dijital dönüşüm için analitik yeteneklere, değişim yönetimi programlarına yatırım yapılması ve iş hedeflerinin BT girişimleriyle uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Veri odaklı bir kültür yaratan şirketler, veri analitiği yeteneklerine yatırım yapmalı ve yeni düşünce, davranış ve çalışma biçimlerini aşılamak için değişim yönetimi programları başlatmalıdır.

Analitik bir kültür geliştirmeye, veri araçlarını iyileştirmeye ve uzmanları eğitmeye yatırım yapmayan şirketler, güncel olmayan veya eksik bilgilere dayanarak veya HiPPO yöneticilerinin öznel görüşlerine güvenerek karar verme riskini almaya devam edecektir (Şekil 2.1-9).

> Analitiklerin ve gösterge tablolarının alaka düzeyinin ve sürekli olarak güncellenme ihtiyacının farkına varılması, yönetimin kaçınılmaz olarak analitik süreçleri otomatikleştirmenin önemini anlamasına yol açmaktadır. Otomasyon karar verme hızını artırır, insan faktörünün etkisini azaltır ve verilerin uygunluğunu sağlar. Bilgi hacminin katlanarak artmasıyla birlikte hız sadece bir rekabet avantajı değil, aynı zamanda sürdürülebilir başarı için kilit bir faktör haline gelmektedir.

Genel olarak veri analizi ve işleme süreçlerinin otomasyonu, ETL (Extract, Transform, Load) konusuyla ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır. Tıpkı otomasyon sürecinde verileri dönüştürmemiz gerektiği gibi, ETL sürecinde de veriler çeşitli kaynaklardan çıkarılır, gerekli gereksinimlere göre dönüştürülür ve daha sonra kullanılmak üzere hedef sistemlere yüklenir.

BÖLÜM 7.2.
MANUEL ÇABA OLMADAN VERİ AKIŞI: ETL NEDEN GEREKLİ

ETL otomasyonu: maliyetleri düşürme ve veri işlemeyi hızlandırma

Veri hacimlerindeki ve ekip büyüklüğündeki artışa rağmen temel performans göstergeleri (KPI'lar) büyümeyi durdurduğunda, şirket yönetimi kaçınılmaz olarak süreçleri otomatikleştirme ihtiyacının farkına varır. Er ya da geç bu farkındalık, temel amacı süreçlerin karmaşıklığını azaltmak, işlemlerini hızlandırmak ve insan faktörüne bağımlılığı azaltmak olan karmaşık otomasyonu başlatmak için bir teşvik haline gelir.

> McKinsey'in "How to Build a Data Architecture to Drive Innovation - Today and Tomorrow" (2022) [136] adlı çalışmasına göre, veri akışı mimarilerini kullanan şirketler, bilgileri gerçek zamanlı olarak analiz edebildikleri için önemli bir avantaj elde etmektedir. Akış teknolojileri, gerçek zamanlı mesajların doğrudan analiz edilmesine ve gerçek zamanlı sensör verilerini analiz ederek üretimde kestirimci bakımın uygulanmasına olanak tanır.

> Süreç basitleştirme, geleneksel manuel işlevlerin yerini algoritmaların ve sistemlerin aldığı otomasyondur.

Otomasyon ya da daha doğrusu "veri işlemede insanların rolünün en aza indirilmesi" konusu, her şirket için geri dönüşü olmayan ve son derece hassas bir süreçtir. Herhangi bir profesyonel alandaki uzmanlar, hızla gelişen teknolojik ortamda işlerini kaybetme riskinin farkında olarak, yöntemlerini ve çalışma inceliklerini diğer optimizasyon uzmanlarına tam olarak açıklamaktan genellikle çekinirler.

> *Eğer düşman kazanmak istiyorsanız, bir şeyleri değiştirmeye çalışın [137].*
>
> - Woodrow Wilson, satıcılar kongresinde yaptığı konuşma, Detroit, 1916

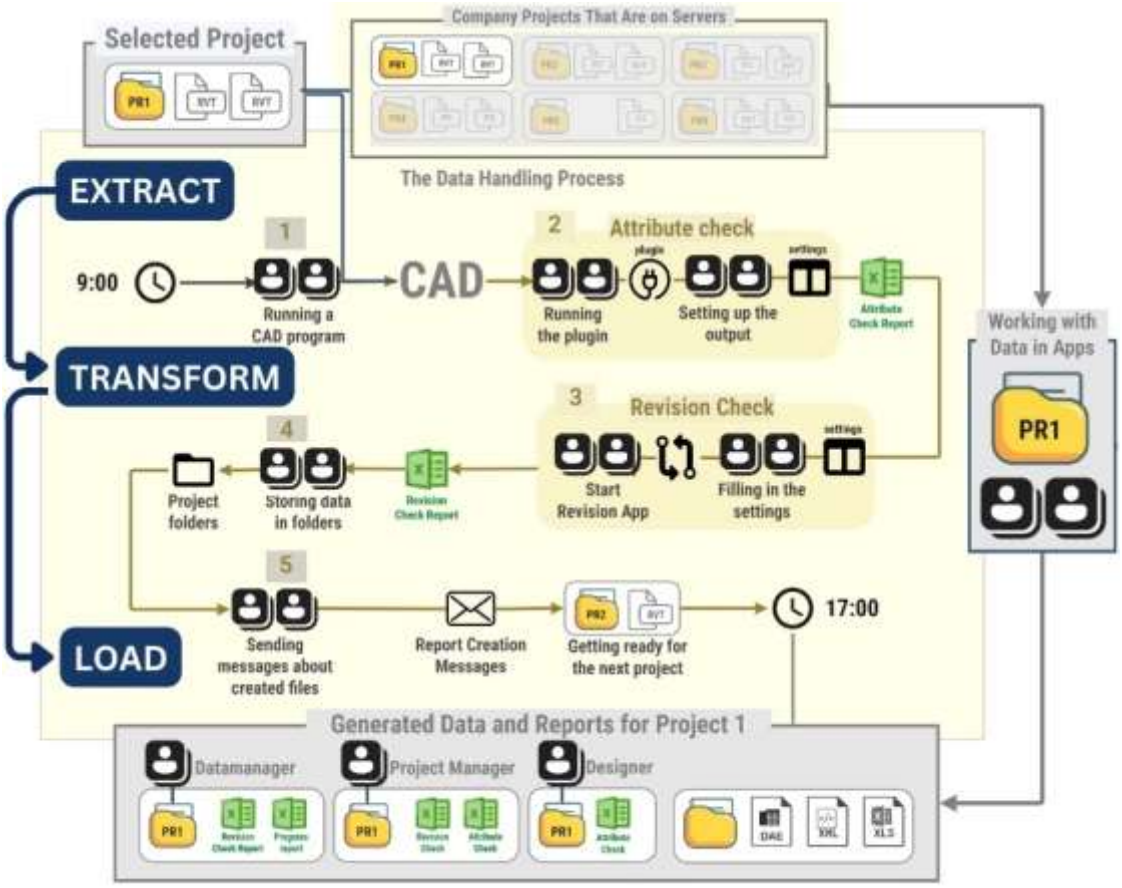
Otomasyonun bariz faydalarına rağmen, birçok şirket günlük uygulamalarında, özellikle de mühendislik verileri alanında hala yüksek oranda el emeği kullanmaktadır. Mevcut durumu açıklamak için, bu tür süreçlerde sıralı veri işlemenin tipik bir örneğine bakalım.

Manuel veri işleme, CAD veritabanlarından elde edilen bilgilerle etkileşim örneğiyle gösterilebilir. CAD (BIM) departmanlarında öznitelik tabloları oluşturmak veya tasarım verilerine dayalı dokümantasyon oluşturmak için geleneksel veri işleme ("manuel" ETL -süreci) aşağıdaki sırada gerçekleşir (Şekil 7.2-1):

1. Manuel **çıkarma (Extract**): kullanıcı projeyi manuel olarak açar - CAD uygulamasını başlatarak (BIM) (Şekil 7.2-1 adım 1).
2. **Doğrulama**: bir sonraki adım genellikle verileri hazırlamak ve kalitesini değerlendirmek için

birkaç eklentinin veya yardımcı uygulamasının manuel olarak çalıştırılmasını içerir (Şekil 7.2-1 adım 2-3).

3. Manuel **dönüşüm (Transform):** hazırlıktan sonra, verilerin yüklenmeye hazırlandığı çeşitli yazılım araçlarının manuel olarak çalıştırılmasını gerektiren veri işleme başlar (Şekil 7.2-1 adım 4).
4. Manuel **yükleme (Load):** dönüştürülen verilerin harici sistemlere, veri formatlarına ve belgelere manuel olarak yüklenmesi (Şekil 7.2-1 adım 5).



Şek. 7.2-1 Geleneksel manuel ETL işleme, bireysel teknisyenin istekleri ve fiziksel yetenekleri ile sınırlıdır.

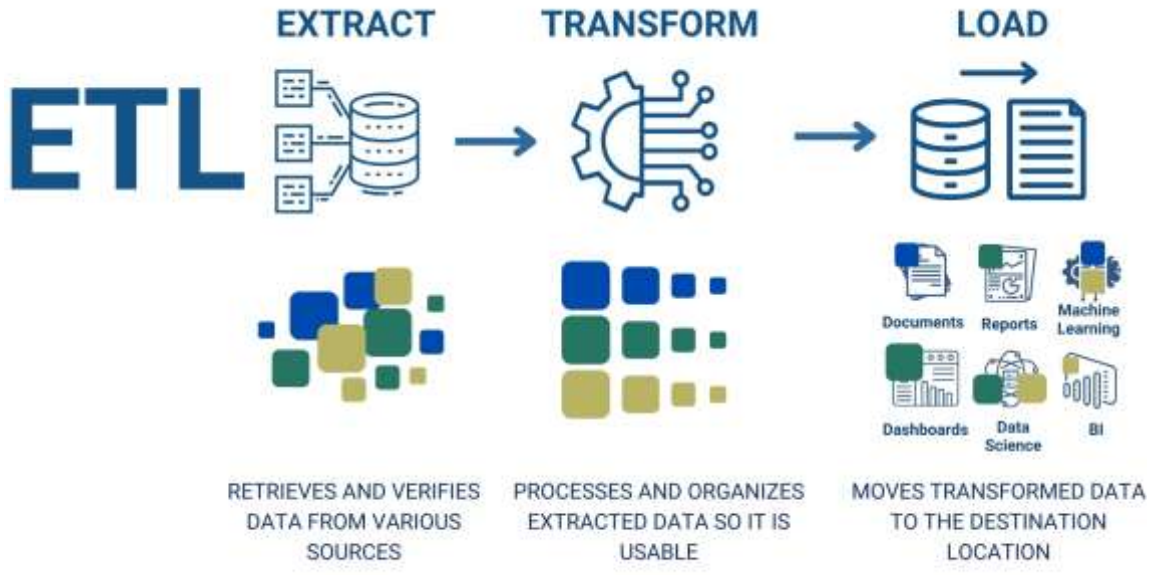
Böyle bir iş akışı, klasik bir ETL -süreç- çıkarma, dönüştürme ve yükleme (ETL) örneğidir. Otomatik ETL boru hatlarının uzun süredir standart olduğu diğer sektörlerin aksine, inşaat sektöründe hala süreçleri yavaşlatan ve maliyetleri artıran manuel işçilik hakimdir

> **ETL (Extract, Transform, Load**), verilerin çeşitli kaynaklardan çıkarılması, istenen formata dönüştürülmesi ve daha fazla analiz ve kullanım için hedef sisteme yüklenmesi işlemidir.

ETL veri işlemenin üç temel bileşenini ifade eden bir süreçtir: Extract, Transform, ve Load (Şekil 7.2-2):

- Extract - farklı kaynaklardan (dosyalar, veritabanları, API) veri ayıklayın.
- **Transform** - veri temizleme, toplama, normalleştirme ve mantıksal işleme.
- **Yükle** - yapılandırılmış bilgileri bir veri ambarına, rapora veya BI sistemine yükleyin.

Kitabın önceki bölümlerinde ETL kavramına sadece ara sıra değinilmişti: yapılandırılmamış taranmış bir belgenin yapılandırılmış bir tablo formatına dönüştürülmesinde (Şekil 4.1-1), hem yaşam hem de iş süreçlerinin algılanmasını sistematik hale getirmek için gereksinimlerin resmileştirilmesi bağlamında (Şekil 4.4-20) ve CAD çözümlerinden veri doğrulama ve veri işlemenin otomasyonunda. Şimdi ETL'yi tipik iş akışları bağlamında daha ayrıntılı olarak inceleyelim.



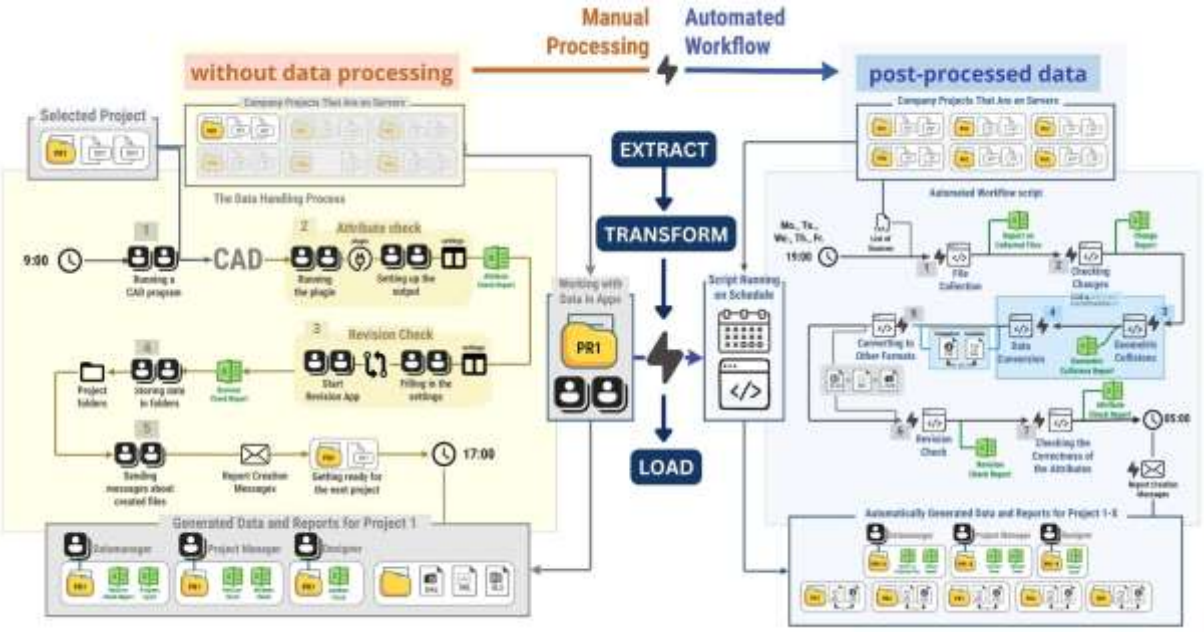
Şekil 7.2-2 ETL tekrarlayan veri işleme görevlerini otomatikleştirir.

Manuel veya yarı otomatik ETL -süreci, veri toplamadan rapor oluşturmaya kadar tüm adımları manuel olarak yöneten bir yönetici veya teknisyen anlamına gelir. Böyle bir süreç, özellikle çalışma saatleri sınırlı olduğunda (örneğin 9:00-17:00) önemli ölçüde zaman alır.

Şirketler genellikle düşük verimlilik ve yavaş hız sorununu modüler entegre çözümler (ERP, PMIS, CPM, CAFM, vb) satın alarak çözmeye çalışırlar ve bunlar daha sonra harici satıcılar ve danışmanlar tarafından geliştirilir. Ancak bu satıcılar ve üçüncü taraf geliştiriciler genellikle kritik bir bağımlılık noktası haline gelir: teknik sınırlamaları, tescilli sistemler ve formatlarla ilgili önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, tüm sistemin ve bir bütün olarak işletmenin performansını doğrudan etkiler. Parçalanma ve bağımlılığın yarattığı sorunlar "İnşaat İşletmeleri Veri Kaosunda Nasıl Boğulur" bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

> Bir şirket, tedarikçilerden birinden büyük bir modüler platform uygulamaya hazır değilse, alternatif otomasyon yolları aramaya başlar. Bunlardan biri, her aşamanın (çıkarma, dönüştürme, doğrulama, yükleme) bir programa göre yürütülen komut dosyaları olarak uygulandığı kendi modüler açık ETL - konveyörlerini geliştirmektir.

Aynı ETL iş akışının otomatikleştirilmiş versiyonunda (Şekil 7.2-1), iş süreci verilerin işlenmesi ve açık yapılandırılmış bir forma dönüştürülmesiyle başlayan modüler bir kod gibi görünür. Yapılandırılmış veriler alındıktan sonra, değişiklikleri kontrol etmek, dönüştürmek ve mesaj göndermek için çeşitli komut dosyaları veya modüller zamanlanmış olarak otomatik olarak çalıştırılır (Şekil 7.2-3).



Şek. 7.2-3 Solda manuel işleme, sağda ise geleneksel manuel işlemenin aksine kullanıcı yetenekleriyle sınırlı olmayan otomatik bir süreç görülmektedir.

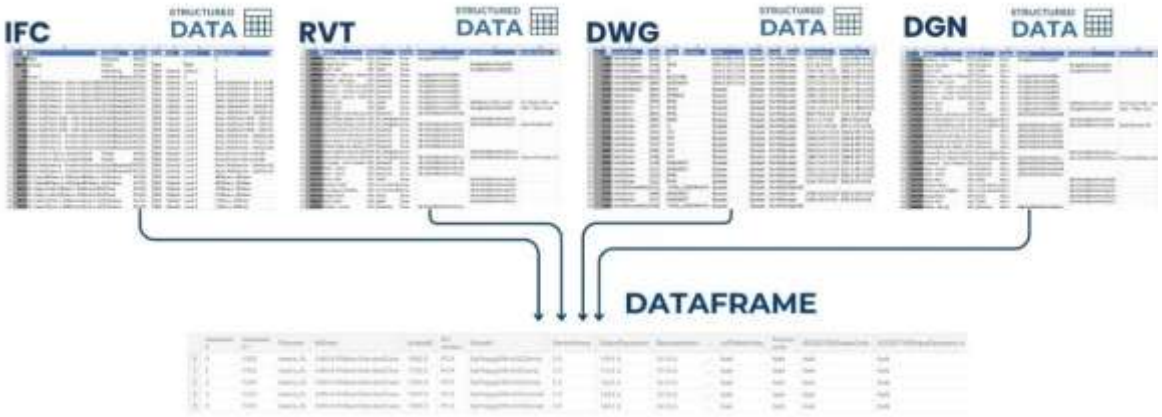
Otomatik bir iş akışında, veri işleme ET(L) veri ön işleme ile basitleştirilir: yapılandırma ve birleştirme.

> Geleneksel işleme yöntemlerinde uzmanlar, sistemlerden veya yazılımlardan alınan verilerle "olduğu gibi" çalışır. Buna karşın otomatikleştirilmiş süreçlerde veriler genellikle önce bir ETL -payplane'den geçer ve burada daha fazla kullanım ve analiz için uygun tutarlı bir yapı ve formata getirilir.

" verilerini ve doğrulama sonuçlarını doğrulama" bölümünde açıklanan veri tablosu doğrulama sürecini gösteren pratik bir ETL örneğini ele alalım (Şekil 4.4-13). Bunu yapmak için, otomatik veri analizi ve işleme süreçleri için LLM ile birlikte Pandas kütüphanesini kullanıyoruz.

ETL Extract: veri toplama

ETL sürecinin ilk aşaması - Extract) - daha sonra kontrol edilecek ve işlenecek veri setlerini toplamak için kod yazmakla başlar. Bunu yapmak için, üretim sunucusunun tüm klasörlerini tarayacağız, belirli bir format ve içerikteki belgeleri toplayacağız ve ardından bunları yapılandırılmış bir forma dönüştüreceğiz. Bu süreç "Yapılandırılmamış ve metinsel verilerin yapılandırılmış forma dönüştürülmesi" ve "CAD verilerinin (BIM) yapılandırılmış forma dönüştürülmesi" bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır (Şekil 4.1-1 - Şekil 4.1-12).



Şek. 7.2-4 CAD verilerini (BIM) tüm proje bölümlerini içerecek büyük bir veri çerçevesine dönüştürün.

Açıklayıcı bir örnek olarak, Extract veri yükleme adımını kullanıyoruz ve tüm CAD- (BIM-) projelerinin bir tablosunu elde ediyoruz (Şekil 7.2-4) ve tüm projelerden yapılandırılmış tablolar elde etmek ve bunları büyük bir DataFrame tablosunda birleştirmek için RVT ve IFC formatları için tersine mühendislik özellikli dönüştürücüler [138] kullanıyoruz.

Create in LLM Chat

Extract data from CAD-BIM.py

```python
import os
import subprocess
import time
import pandas as pd

path_conv = r'C:\DDC_2023\\'  # Where RvtExporter.exe|IfcExporter.exe is located
path = r'C:\IFCprojects\\'    # Where Revit|IFC files are stored

def convert_and_wait(path_conv, exporter_name, file_path, extension):
    # Start the conversion process
    subprocess.Popen([os.path.join(path_conv, exporter_name),
    file_path], cwd=path_conv)
    output_file = os.path.join(path,
    f"{os.path.splitext(os.path.basename(file_path))[0]}_{extension}.xlsx")

# Conversion process for RVT and IFC files
for file in os.listdir(path):
    full_path = os.path.join(path, file)
    if file.endswith('.ifc'):
        convert_and_wait(path_conv, 'IfcExporter.exe', full_path, 'ifc')
    elif file.endswith('.rvt'):
        convert_and_wait(path_conv, 'RvtExporter.exe', full_path, 'rvt')

# Combine converted Excel files into one dataframe
df = pd.concat([pd.read_excel(os.path.join(path, f)) for f in os.listdir(path)
if f.endswith('.xlsx')], ignore_index=True)
```

Run in IDE

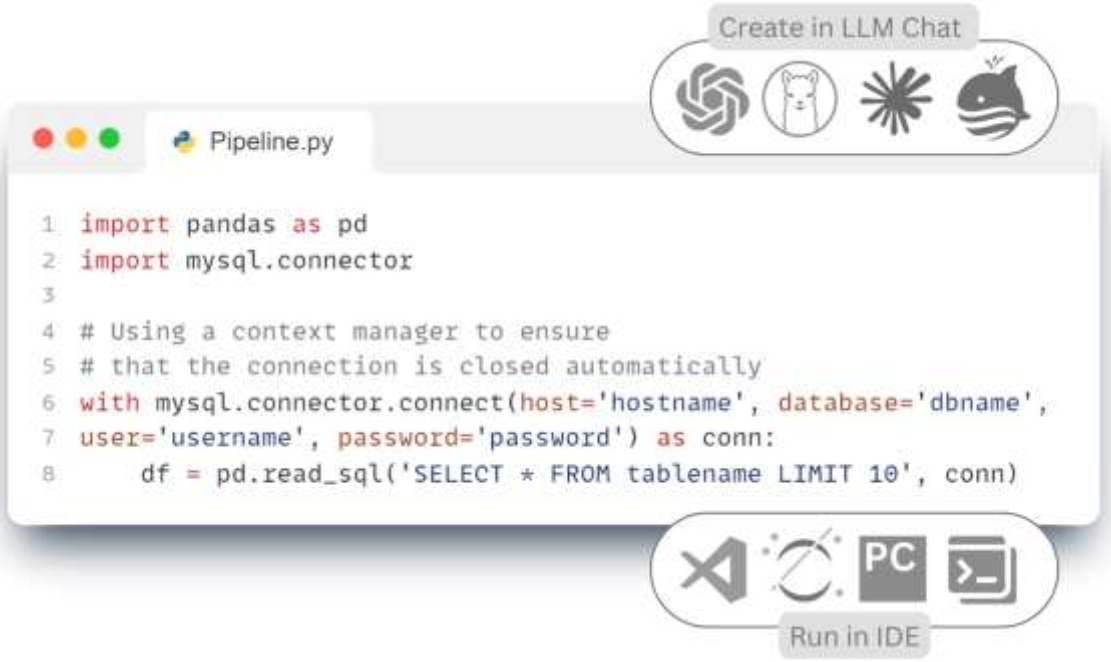
Şekil 7.2-5 Python kodu ve SDK tersine mühendislik aracı kullanılarak RVT ve IFC dosyalarının büyük bir yapılandırılmış (df) DataFrame haline dönüştürülmesi.

Pandas DataFrame CSV metin dosyaları, Excel elektronik tabloları, JSON - ve XML - dosyaları, Parquet ve HDF5 gibi büyük veri depolama biçimleri ve MySQL, PostgreSQL, SQLite, Microsoft SQL Server, Oracle ve diğer veritabanları dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan veri yükleyebilir. Ayrıca Pandas, API'lerden, web sayfalarından, bulut hizmetlerinden ve Google BigQuery, Amazon Redshift ve Snowflake gibi depolama sistemlerinden veri yüklenmesini de desteklemektedir.

- Veritabanlarına bağlanıp bilgi toplamak üzere kod yazmak için LLM sohbet odasına benzer bir metin isteği gönderin (CHATGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN veya başka herhangi biri):

Lütfen MySQL adresine bağlanma ve verileri 'e dönüştürme örneği yazınız ⏎

LLM'nin yanıtı:



Şekil 7.2-6 Python aracılığıyla bir MySQL veritabanına bağlanma ve MySQL veritabanından bir DataFrame içine veri aktarma örneği.

Ortaya çıkan kod (Şekil 7.2-5, Şekil 7.2-6) yukarıda bahsettiğimiz popüler IDE'lerden (entegre geliştirme ortamları) birinde çevrimdışı modda çalıştırılabilir: PyCharm, Visual Studio Code (VS Code), Jupyter Notebook, Spyder, Atom, Sublime Text, PyDev eklentili Eclipse, Thonny, Wing IDE, Python eklentili IntelliJ IDEA, JupyterLab veya popüler çevrimiçi araçlar: Kaggle.com, Google Collab, Microsoft Azure Notebooks, Amazon SageMaker.

Çok formatlı verileri "df" değişkenine yükleyerek (Şekil 7.2-5 - satır 25; Şekil 7.2-6 - satır 8), verileri Pandas DataFrame formatına dönüştürdük, bu format veri işleme için en popüler yapılardan biridir, satır ve sütunları olan iki boyutlu bir tablodur. ETL -Pipeline'larda kullanılan Parquet, Apache ORC, JSON, Feather, HDF5 gibi diğer depolama formatları ve modern veri ambarları hakkında "İnşaat Sektöründe Veri Depolama ve Yönetimi" bölümünde daha fazla konuşacağız (Şekil 8.1-2).

Veri çıkarma ve yapılandırma aşamasından sonra (Extract), daha sonraki işlemler için hazır olan tek bir bilgi dizisi oluşturulur (Şekil 7.2-5, Şekil 7.2-6). Ancak, bu verileri hedef sistemlere yüklemeden veya analiz için kullanmadan önce, kalitesinden, bütünlüğünden ve belirtilen gerekliliklere uygunluğundan emin olmak gerekir. Bu aşamada veri dönüşümü (Transform) gerçekleşir - sonraki sonuçların ve kararların güvenilirliğini sağlamak için önemli bir adımdır.

ETL Transform: doğrulama ve dönüştürme kurallarının uygulanması

Dönüştürme adımı verilerin işlendiği ve dönüştürüldüğü adımdır. Bu süreç doğruluk kontrolü, normalleştirme, eksik değerlerin doldurulması ve otomatik araçlar kullanılarak doğrulamayı içerebilir

> PwC çalışmasına göre "Veri Odaklı. Öğrencilerin Hızla Değişen İş Dünyasında Başarılı Olmak İçin İhtiyaç Duydukları Şeyler" (2015) [9] başlıklı çalışmasına göre, modern denetim firmaları rastgele veri doğrulamasından uzaklaşmakta ve otomatik araçlar kullanarak büyük miktarda bilgiyi analiz etmeye yönelmektedir. Bu yaklaşım, yalnızca raporlamadaki tutarsızlıkları tespit etmeyi değil, aynı zamanda iş süreçlerini optimize etmek için öneriler sunmayı da mümkün kılmaktadır.

İnşaat sektöründe de benzer yöntemler, örneğin tasarım verilerinin otomatik olarak doğrulanması, inşaat kalite kontrolü ve yüklenici performans değerlendirmesi için kullanılabilir. Veri işlemeyi otomatikleştirmek ve hızlandırmak için kullanılan araçlardan biri, ETL sürecinin veri dönüştürme aşamasında (Transform) düzenli ifadelerin (RegEx) kullanılmasıdır. RegEx, veri dizelerini verimli bir şekilde doğrulamanıza, tutarsızlıkları tespit etmenize ve minimum kaynak tüketimiyle bilgilerin bütünlüğünü sağlamanıza olanak tanır. RegEx hakkında daha fazla ayrıntı (Şekil 4.4-7) "Gereksinimlerin yapılandırılmış forma çevrilmesi" bölümünde ele alınmıştır.

Pratik bir örneği ele alalım: mülk nesne yönetim sisteminde (RPM) yönetici, nesnelerin temel nitelikleri için gereksinimleri belirler (Şekil 7.2-7). Dönüşüm aşamasında, aşağıdaki parametrelerin doğrulanması gerekir:

- nesne tanımlayıcı biçimlerinin doğrulanması (öznitelik "ID")
- değiştirme garanti süresi değerlerinin kontrolü ("Garanti süresi" niteliği)
- eleman değiştirme döngüsünün doğrulanması ("Bakım gereksinimleri" niteliği)

ID	Element	Warranty Period	Replacement Cycle	Maintenance Requirements
W-NEW	Window	-	20 years	Annual Inspection
W-OLD1	Window	8 years	15 years	Biannual Inspection
W-OLD2	Window	8 years	15 years	Biannual Inspection
D-122	Door	15 years	25 years	Biennial Varnishing

Şekil 7.2-7 Doğrulama kalite, nitelikler ve bunların sınır değerleri için gerekliliklerin belirlenmesiyle başlar.

Parametre doğrulaması için sınır değerleri belirlemek amacıyla, örneğin, adresinden edindiğimiz

deneyime göre "ID" özniteliği için geçerli değerlerin yalnızca "W-NEW", "W-OLD1" veya "D-122" dize değerlerini veya ilk karakterin bir harf ve ardından bir tire ve ardından üç alfabetik karakter 'NEW', 'OLD' veya herhangi bir üç basamaklı sayı olduğu benzer değerleri içerebileceğini bildiğimizi varsayalım (Şekil 7.2-7). Bu tanımlayıcıları doğrulamak için aşağıdaki düzenli ifade (RegEx) kullanılabilir:

```
^W-NEW$|^W-OLD[0-9]+$|^D-1[0-9]{2}$
```

Bu şablon, verilerdeki tüm tanımlayıcıların belirtilen kriterlerle eşleştiğinden emin olur. Herhangi bir değer kontrolü geçemezse, sistem bir hata kaydeder. Verileri dönüştürmek üzere Python kodu oluşturmak ve sonuç tablosu oluşturmak üzere elde edilen verileri kullanmak için LLM sohbetinde bir sorgu formüle etmeniz yeterlidir.

- LLM adresine istek metni gönderin:

> RegEx aracılığıyla 'W-NEW' veya 'W-OLD' biçimindeki tanımlayıcıları, 'A' ila 'G' harfleriyle enerji verimliliğini, yıl cinsinden sayısal değerlerle garanti süresini ve değiştirme döngüsünü kontrol eden düzenli ifadelerini kullanarak DataFrame sütunlarını doğrulamak için kod yazın ⏎

LLM'nin yanıtı:

Create in LLM Chat

Pipeline.py

```python
# RegEx
import re

# Define regex patterns for each column
patterns = {
    'Window_ID': r'^(W-NEW|W-OLD[0-9]+|D-1[0-9]{2})$',
    'Energy_Efficiency': r'^[A-G]\+*$',
    'Warranty_Period': r'^\d+\syears$',
    'Replacement_Cycle': r'^\d+\syears$'
}

# Define a verification function using regex
def verify_data(column, pattern):
    # Apply the regex pattern to the series and return the boolean results
    return column.apply(lambda x: bool(re.match(pattern, str(x))))

# Apply the verification function to the DataFrame for each column with its respective pattern
for column, pattern in patterns.items():
    df['verified_' + column] = verify_data(df[column], pattern)
```

Run in IDE

Şekil 7.2-8 Kodu, RegEx şablonlarını veri çerçevesi parametre sütunlarına uygulayarak doğrulama işlemini otomatikleştirir.

Yukarıda otomatik olarak oluşturulan Python kodu (Şekil 7.2-8), bir DataFrame içindeki bir veri öğesinin her bir niteliğini kontrol eden bir fonksiyon tanımlamak için "re" kütüphanesini (RegEx düzenli ifadeler) kullanır. Belirtilen her sütun (öznitelik) için fonksiyon, her kaydın beklenen biçime uygun olup olmadığını kontrol etmek için bir RegEx kalıbı uygular ve sonuçları DataFrame'in yeni öznitelik sütununa yeni değerler (False/True) olarak ekler.

> Bu tür otomatik doğrulama, resmi veri uyumluluğunu sağlar ve dönüşüm aşamasında kalite kontrol sisteminin bir parçası olarak kullanılabilir.

Transform adımının ve kalite kontrolünün başarıyla tamamlanmasının ardından veriler hedef sistemlere yüklenmeye hazır hale gelir. Dönüştürülen ve doğrulanan veriler daha sonra kullanılmak üzere CSV, JSON, Excel, veritabanları ve diğer formatlara yüklenebilir. Göreve bağlı olarak sonuçlar raporlar, grafikler veya analitik gösterge panolarında da sunulabilir.

ETL Load: sonuçlarını çizelge ve grafiklerde görselleştirin

Transform aşaması tamamlandıktan sonra, veriler yapılandırıldığında ve doğrulandığında, son aşama, verilerin hem hedef sistemine yüklenebildiği hem de analiz için görselleştirilebildiği Load aşamasıdır.

Verilerin görsel sunumu, sapmaların hızlı bir şekilde tespit edilmesine, dağılımların analiz edilmesine ve teknik geçmişi olmayanlar da dahil olmak üzere tüm proje katılımcılarına temel sonuçların iletilmesine olanak tanır.

Bilgileri tablolar ve sayılar olarak sunmak yerine infografikler, grafikler ve gösterge tabloları (dashboard) kullanabiliriz. Python'da yapılandırılmış verileri görselleştirmek için en yaygın ve esnek araçlardan biri Matplotlib kütüphanesidir (Şekil 7.2-9, Şekil 7.2-10). Statik, animasyonlu ve etkileşimli grafikler oluşturmanıza olanak tanır ve çok çeşitli grafik türlerini destekler.

- RPM sisteminden nitelik kontrolünün sonuçlarını görselleştirmek için (Şekil 7.2-7), dil modeline yönelik aşağıdaki sorguyu kullanabilirsiniz:

> Yukarıdaki DataFrame verilerini görselleştirmek için kod yazın (Şekil 7.2-7), sonuçların özniteliğin hata oranını göstermesi için bir histogram ile ⏎

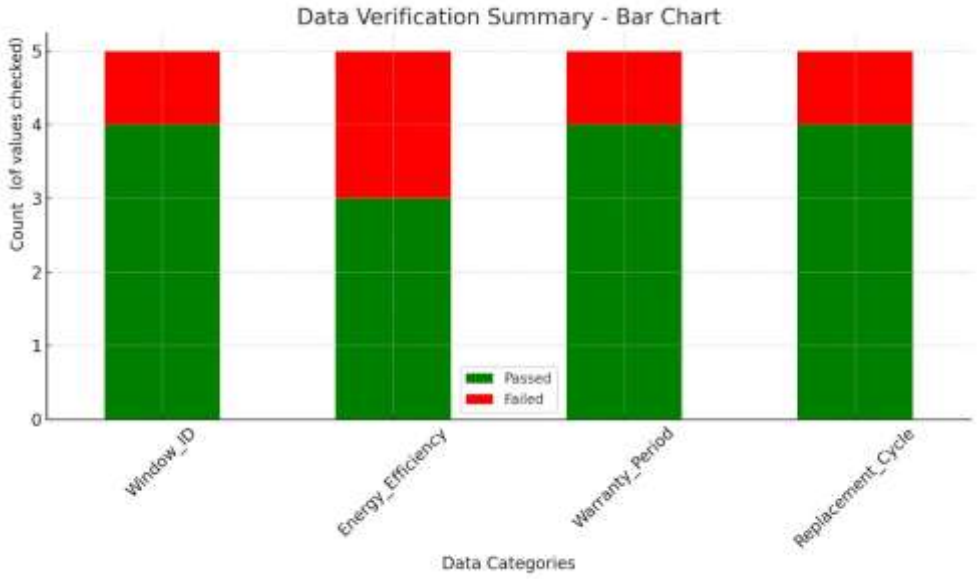
- Kod biçiminde LLM yanıtı ve kod yürütme sonuçlarının doğrudan LLM sohbet odasında hazır görselleştirilmesi:

Create in LLM Chat

Pipeline.py

```python
# Re-importing necessary libraries for visualization
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# Visualization 1: Bar Chart
plt.figure(figsize=(10, 6))
df_visual.plot(kind='bar', stacked=True, color=['green', 'red'])
plt.title('Data Verification Summary - Bar Chart')
plt.xlabel('Data Categories')
plt.ylabel('Count')
plt.xticks(rotation=45)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Run in IDE

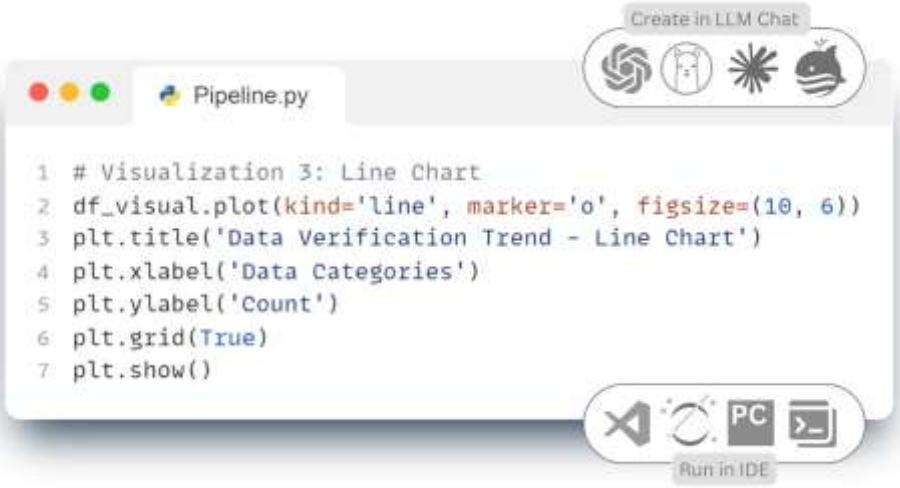


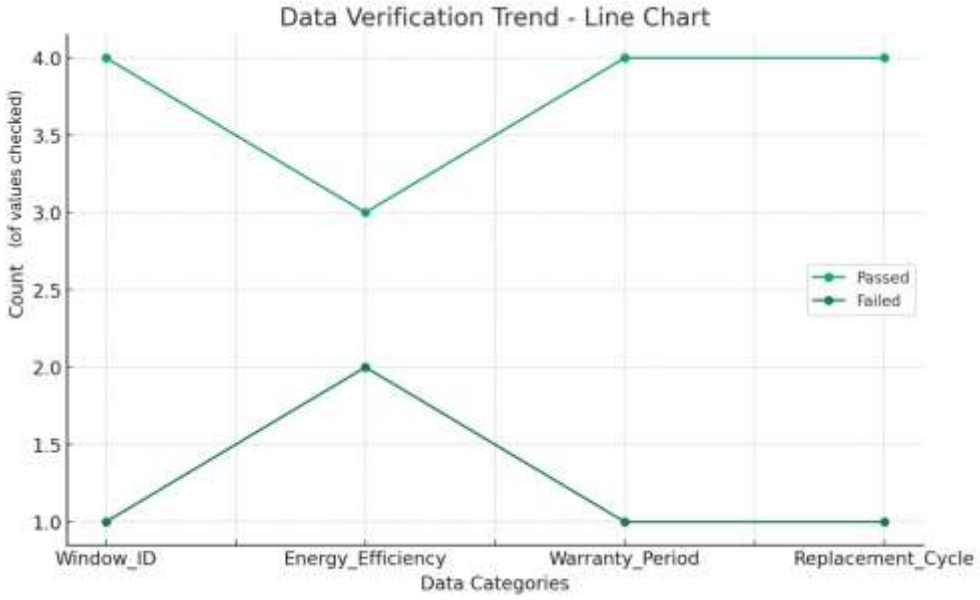
Şekil 7.2-9 RPM sistemindeki (Şekil 7.2-7) öznitelik değerlerini kontrol eden Dönüştürme adımının sonuçlarının Yükle adımında histogram olarak görselleştirilmesi.

- Yapılandırılmış verileri çeşitli biçimlerde temsil etmenize olanak tanıyan birçok açık kaynak kodlu ve ücretsiz görselleştirme kütüphanesi vardır. Sonuçları başka bir grafik türü ile görselleştirmeye sohbetinde aşağıdaki istemle devam edelim:

> Aynı verileri çizgilerden oluşan bir grafik olarak çizin ⏎

- LLM'nin yanıtı:





Şekil 7.2-10 Doğrulama verilerinin (Şekil 7.2-8) Matplotlib kütüphanesi kullanılarak elde edilen bir çizgi diyagramı olarak görselleştirilmesi.

Gibi birçok açık kaynaklı ve ücretsiz görselleştirme kütüphanesi vardır:

- Seaborn - istatistiksel grafikler için (Şekil 7.2-11)
- Plotly - interaktif web görselleştirmeleri için (Şekil 7.2-12, Şekil 7.1-6)
- Altair - bildirimsel görselleştirme için
- Dash veya Streamlit - tam gösterge tabloları oluşturmak için

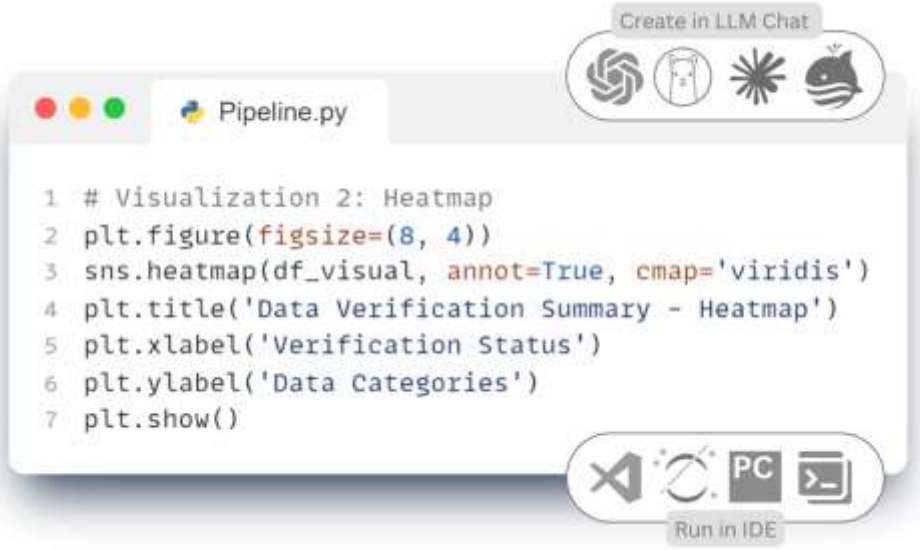
Görselleştirme için özel kütüphaneler hakkında bilgi sahibi olmak gerekli değildir - LLM dahil olmak üzere modern araçlar, görev tanımına dayalı olarak grafikler ve tüm uygulamalar için otomatik olarak kod oluşturmanıza olanak tanır.

Araç seçimi projenin hedeflerine bağlıdır: bir rapor, sunum veya çevrimiçi bir gösterge tablosu olup olmadığı. Örneğin, açık kaynak kütüphanesi Seaborn kategorik verilerle çalışmak için özellikle iyidir, kalıpları ve eğilimleri belirlemeye yardımcı olur.

- Seaborn kütüphanesini çalışır durumda görmek için adresinden LLM'den istediğiniz kütüphaneyi doğrudan kullanmasını isteyebilir ya da adresinden LLM'ye benzer bir metin isteği gönderebilirsiniz:

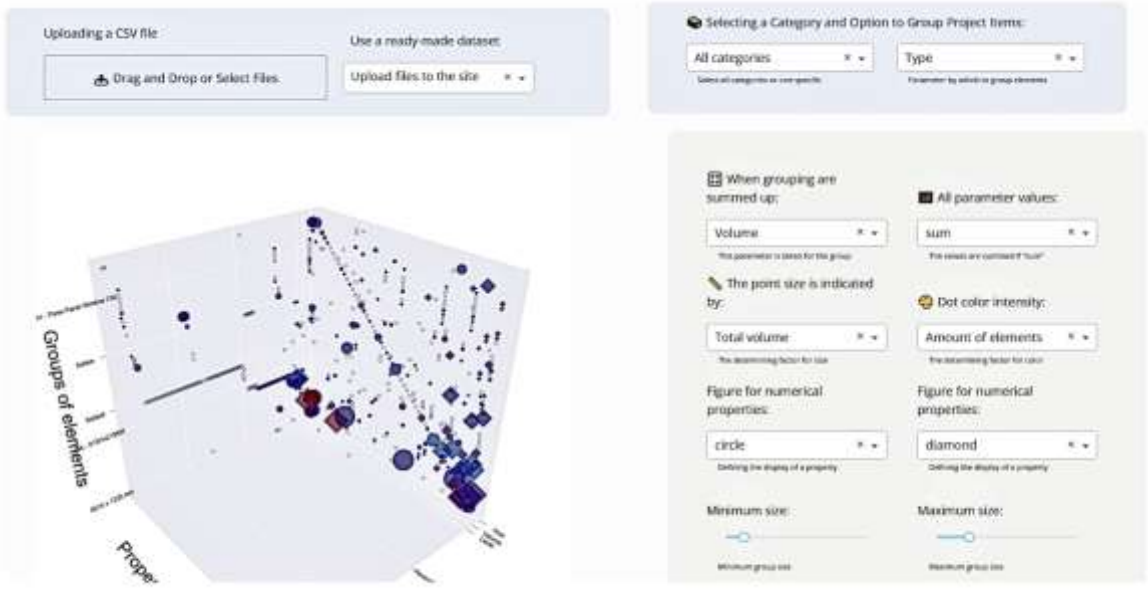
> için ısı haritasını göster ⏎

- LLM'nin kod ve bitmiş bir grafik şeklindeki cevabı, çizim kodu artık IDE'ye kopyalanabilir ve grafiğin kendisi kopyalanabilir veya bir belgeye yapıştırılmak üzere kaydedilebilir:



Şekil 7.2-11 Seaborn kütüphanesini kullanarak verileri doğrulama sonuçlarının görselleştirilmesi (Şekil 7.2-8).

Etkileşimli bir yaklaşımı tercih edenler için, etkileşim yeteneğine sahip dinamik diyagramlar ve paneller oluşturmanıza olanak tanıyan araçlar vardır. Plotly kütüphanesi (Şekil 7.1-6, Şekil 7.2-12), web sayfalarına gömülebilen ve kullanıcının verilerle gerçek zamanlı olarak etkileşime girmesine olanak tanıyan son derece etkileşimli grafikler ve paneller oluşturma olanağı sunar.



Şekil 7.2-12 Plotly kütüphanesi kullanılarak bir CAD- (BIM-) projesinden eleman niteliklerinin etkileşimli 3D görselleştirilmesi.

Özel açık kaynak kütüphaneleri Bokeh, Dash ve Streamlit web geliştirme konusunda derin bilgi gerektirmeden veri sunmak için uygun bir yol sağlar. Bokeh karmaşık etkileşimli grafikler için uygundur, Dash tam teşekküllü analitik gösterge tabloları oluşturmak için kullanılır ve Streamlit veri analizi için hızlı bir şekilde web uygulamaları oluşturmanıza olanak tanır.

Bu tür görselleştirme araçlarıyla, geliştiriciler ve analistler sonuçları meslektaşlarına ve paydaşlarına etkili bir şekilde dağıtabilir, verilerle sezgisel etkileşim sağlayabilir ve karar vermeyi basitleştirebilir.

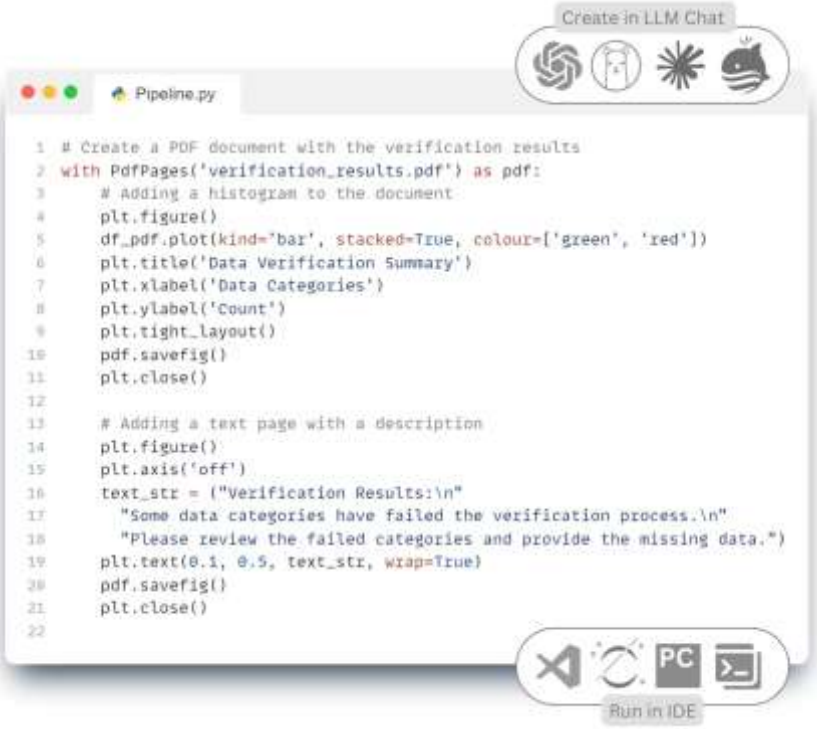
ETL Load: PDF belgelerinin otomatik oluşturulması

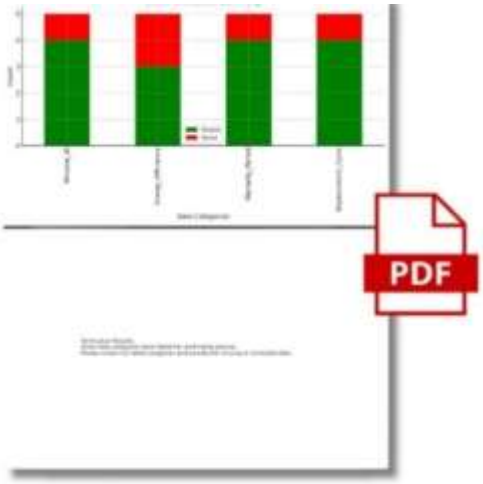
Veri yükleme aşamasında, sadece verileri görselleştirmek, tablolara veya veritabanlarına yüklemekle kalmaz, aynı zamanda denetim sonuçlarını bekleyen yönetici veya uzman tarafından alınacak gerekli grafikler, çizelgeler ve temel analitik göstergeleri içeren raporları otomatik olarak oluşturabilirsiniz. Otomatik raporlar hem yorumları hem de verilerin ve görselleştirme unsurlarının (tablolar, grafikler) metinsel yorumunu içerebilir.

- Histogramlı bir PDF raporu (Şekil 7.2-9) ve önceki bölümlerde gerçekleştirdiğimiz doğrulamaya dayalı bir analiz açıklaması oluşturmak için, LLM ile bir diyalog devamında bir talep formüle etmek yeterlidir, örneğin:

> Yukarıdaki veri doğrulama sonuçlarının histogramını ve açıklamasını içeren bir PDF dosyası oluşturmak için kod yazın (sohbette) ve bazı kategorilerin doğrulanmadığını ve eksik doldurulması gerektiğini belirten bir metin uyarısı yazın ⏎

- LLM'nin kod olarak yanıtı ve sonuçlarla birlikte bitmiş PDF :





Şekil 7.2-13 Otomatik kod, test verilerini içeren bir histogram ve test sonuçlarını içeren bir metin içeren bir PDF belgesi oluşturur.

LLM kullanılarak sadece 20 satır kodla otomatik olarak yazılan bir çözüm, doğrulamayı geçen ve geçemeyen veri sayısını gösteren bir öznitelik histogramı (Şekil 7.2-13) şeklinde görselleştirme ve sonuçları özetleyen bir metin bloğu ve daha fazla eylem için öneriler ekleyerek istenen PDF (veya DOC) belgesini anında oluşturur.

Otomatik belge üretimi, özellikle raporlama hızının ve doğruluğun kritik olduğu bir proje ortamında, Yük aşamasının önemli bir unsurudur.

ETL Load: FPDF'den otomatik belge oluşturma

ETL aşamasında raporlamayı otomatikleştirme Load, özellikle analiz sonuçlarının iletilmesi ve anlaşılması kolay bir formatta sunulması gerektiğinde, veri işlemede önemli bir adımdır. İnşaat sektöründe bu durum genellikle ilerleme raporları, proje veri istatistikleri, kalite güvence raporları veya finansal dokümantasyon için geçerlidir.

Bu tür görevler için en uygun araçlardan biri, hem Python hem de PHP için mevcut olan, FPDF açık kaynak kütüphanesidir.

> Açık kaynak kodlu **FPDF** kütüphanesi, kod aracılığıyla belge oluşturmanın esnek bir yolunu sunarak başlık, metin, tablo ve resim eklemenize olanak tanır. Manuel düzenleme yerine kod kullanmak hataları azaltır ve PDF formatında rapor hazırlama sürecini hızlandırır.

Bir PDF belgesi oluşturmanın en önemli adımlarından biri, yorum veya açıklama şeklinde başlıklar ve ana metin eklemektir. Ancak, bir rapor oluştururken sadece metin eklemek değil, aynı zamanda metni düzgün bir şekilde yapılandırmak da önemlidir. Başlıklar, girintiler, satır aralıkları - tüm bunlar belgenin okunabilirliğini etkiler. FPDF kullanarak biçimlendirme parametrelerini ayarlayabilir, öğelerin düzenini kontrol edebilir ve belgenin stilini özelleştirebilirsiniz.

FPDF prensip olarak HTML ile çok benzerdir. HTML'ye zaten aşina olanlar, kod yapısı HTML işaretlemesine çok benzediği için FPDF kullanarak herhangi bir karmaşıklıktaki PDF belgelerini kolayca oluşturabilirler: başlıklar, metin, resimler ve tablolar benzer şekilde eklenir. HTML'ye aşina olmayanların endişelenmesine gerek yoktur - istediğiniz belge düzenini oluşturmak için kodu oluşturmanıza anında yardımcı olacak LLM kullanabilirsiniz.

- Aşağıdaki örnekte başlık ve gövde metni içeren bir raporun nasıl oluşturulacağı gösterilmektedir. Bu kod Python desteği olan herhangi bir IDE'de çalıştırıldığında istenen başlık ve metni içeren bir PDF dosyası oluşturur:

```
from fpdf import FPDF     # FPDF kütüphanesini içe aktarın
pdf = FPDF()    # PDF oluştur -document
pdf.add_page()     # Sayfa ekle

pdf.set_font("Arial", style='B', size=16)  # Yazı tipini ayarla: Arial, kalın, boyut 16
pdf.cell(200, 10, "Proje Raporu", ln=True, align='C')  # Bir başlık oluşturun ve ortalayın
pdf.set_font("Arial", size=12)  # Yazı tipini normal Arial, boyut 12 olarak değiştirin
pdf.multi_cell(0, 10, "Bu belge proje dosyası doğrulama sonuçlarına ilişkin verileri içermektedir...")
# Çok satırlı metin ekleyin
pdf.output(r "C:\reports\report.pdf") # PDF Kaydet -file
```

Şekil 7.2-14 Birkaç satır Python kodu ile ihtiyacımız olan PDF metin belgesini otomatik olarak oluşturabiliriz.

Rapor hazırlarken, belgenin oluşturulduğu verilerin nadiren statik olduğunu göz önünde bulundurmak önemlidir. Başlıklar, metin blokları (Şekil 7.2-14) genellikle dinamik olarak oluşturulur ve ETL sürecinde Dönüştürme aşamasında değerler alır.

> Kodu kullanmak, güncel bilgileri içeren belgeler oluşturmanıza olanak tanır: proje adı, rapor oluşturma tarihi, katılımcılar veya mevcut durum hakkında bilgiler. Kodda değişkenlerin kullanılması, bu verileri raporun gerekli yerlerine otomatik olarak eklemenize olanak tanıyarak göndermeden önce manuel düzenleme ihtiyacını tamamen ortadan kaldırır.

Basit metin ve başlıklara ek olarak, tablolar proje dokümantasyonunda özel bir yere sahiptir. Neredeyse her belge yapılandırılmış veriler içerir: nesne açıklamalarından denetim sonuçlarına kadar. Dönüşüm

aşamasındaki verilere dayalı olarak tabloların otomatik olarak oluşturulması, yalnızca belge hazırlama sürecini hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda bilgi aktarımı sırasında hataları da en aza indirir. FPDF, PDF dosyalarına (metin veya resim olarak) tablo eklemeye, hücre kenarlıklarını, sütun boyutlarını ve yazı tiplerini ayarlamaya olanak tanır (Şekil 7.2-15). Özellikle dinamik verilerle çalışırken, satır ve sütun sayısı belge görevlerine bağlı olarak değişebildiğinde kullanışlıdır.

- Aşağıdaki örnekte, örneğin malzeme listesi, tahminler veya parametre test sonuçları gibi tabloların oluşturulmasının nasıl otomatikleştirileceği gösterilmektedir:

```
veri = [
    ["Ürün", "Miktar", "Fiyat"],   # Sütun başlıkları
    ["Beton", "10 m³", "$ 500."],   # İlk satır verileri
    ["İnşaat demiri", "2 ton","$ 600"],   # İkinci satır verileri.
    ["Tuğla," "5.000 adet," "$ 750."], # Satır 3 verileri.
]

pdf = FPDF ()   # PDF oluştur -document
pdf.add_page() # Sayfa ekle
pdf.set_font("Arial", size=12)   # Yazı tipini ayarlayın

for row in data:   # Tablo satırlarını ara
    for item in row:   # Satırdaki hücreler arasında gezin
        pdf.cell(60, 10, item, border=1)   # Kenarlıklı, genişliği 60 ve yüksekliği 10 olan bir hücre
oluşturun
    pdf.ln()   # Sonraki satıra geç
pdf.output(r "C:\reports\table.pdf")   # PDF Kaydet -file
```

Item	Quantity	Price
Concrete	10 m³	$500
Rebar	2 t.	$600
Brick	5000 pcs.	$750

Şekil 7.2-15 PDF içinde Dönüştürme adımından sadece metin değil herhangi bir tablo bilgisini de otomatik olarak oluşturabilirsiniz.

Gerçek raporlama senaryolarında, tablolar genellikle veri dönüştürme aşamasında elde edilen dinamik olarak oluşturulmuş bilgilerdir. Verilen örnekte (Şekil 7.2-15) tablo PDF belgesine statik bir biçimde eklenmiştir: örnek için veriler veri sözlüğüne (kodun ilk satırı) yerleştirilmiştir, gerçek koşullarda bu tür veri değişkeni örneğin veri çerçevesinin gruplandırılmasından sonra otomatik olarak doldurulur.

Uygulamada, bu tür tablolar genellikle çeşitli dinamik kaynaklardan gelen yapılandırılmış veriler temelinde oluşturulur: veritabanları, Excel dosyaları, API arayüzleri veya analitik hesaplamaların sonuçları. Çoğu zaman Transform (ETL) aşamasında veriler toplanır, gruplanır veya filtrelenir - ve

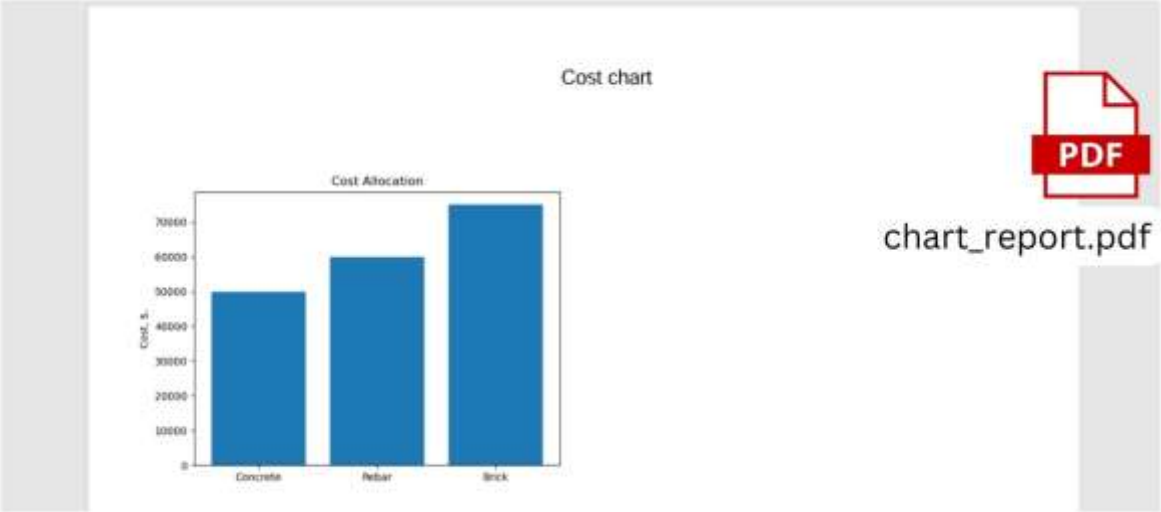
ancak daha sonra raporlarda görüntülenen grafikler veya iki boyutlu tablolar şeklinde toplamlara dönüştürülür. Bu, tablo içeriklerinin seçilen parametrelere, analiz dönemine, proje filtrelerine veya kullanıcı ayarlarına bağlı olarak değişebileceği anlamına gelir.

> Transform aşamasında dinamik veri çerçevelerinin ve veri kümelerinin kullanılması, Load aşamasındaki raporlama sürecini manuel müdahaleye gerek kalmadan mümkün olduğunca esnek, ölçeklenebilir ve kolayca tekrarlanabilir hale getirir.

Tablolara ve metne ek olarak FPDF, Matplotlib veya yukarıda bahsettiğimiz diğer görselleştirme kütüphaneleri ile oluşturulan görüntüleri rapora yerleştirmenize olanak tanıyan tablo verilerinin grafiklerini eklemeyi de destekler. Kod kullanılarak belgeye herhangi bir grafik, çizelge ve diyagram eklenebilir.

- Python kütüphanesi FPDF kullanarak, PDF belgesine Matplotlib ile önceden oluşturulmuş bir grafik ekleyelim:

```
import matplotlib.pyplot as plt  # Çizim oluşturmak için Matplotlibiçe aktarın

fig, ax = plt.subplots()  # Grafiğin şekil ve eksenlerini oluşturun
categories = ["Concrete", "Rebar", "Brick"]  # Kategori adları
values = [50000, 60000, 75000]  # Kategori değerleri
ax.bar(kategoriler, değerler)  # Bir çubuk grafik oluşturun
plt.ylabel("Değer,$.")  # Y eksenini işaretleyin
plt.title("Maliyet Dağılımı")  # Bir başlık ekleyin
plt.savefig(r "C:\reports\chart\chart\chart.png")  # Grafiği bir resim olarak kaydedin

pdf = FPDF ()  # PDF oluştur -document
pdf.add_page() # Sayfa ekle
pdf.set_font("Arial", size=12)  # Yazı tipini ayarlayın
pdf.cell(200, 10, "Maliyet Tablosu", ln=True, align='C')  # Bir başlık ekleyin

pdf.image(r "C:\reports\chart\chart\chart.png", x=10, y=30, w=100)  # Görüntüyü
PDF'ye ekle (x, y - koordinatlar, w - genişlik)
pdf.output(r "C:\reports\chart_report.pdf")  # PDF dosyasını kaydedin
```



Şek. 7.2-16 Bir düzine kod satırı ile bir grafik oluşturabilir, kaydedebilir ve ardından bir PDF belgesine yapıştırabilirsiniz.

FPDF ile belge hazırlama ve mantık süreci şeffaf, hızlı ve kullanışlı hale gelir. Kodun içine yerleştirilmiş şablonlar, manuel doldurma ihtiyacını ortadan kaldırarak güncel verilere sahip belgelerin oluşturulmasına olanak tanır.

> ETL otomasyonunu kullanarak - zaman alan manuel raporlama yerine, profesyoneller net bir kullanıcı arayüzü ile belirli bir veri silosuyla çalışmak için doğru aracı seçmek yerine verileri analiz etmeye ve karar vermeye odaklanabilirler.

Böylece, FPDF kütüphanesi, kısa teknik raporlardan tablo ve grafikler içeren karmaşık analitik özetlere kadar her türlü karmaşıklıktaki belgelerin otomatik olarak oluşturulması için esnek bir araç sağlar; bu da yalnızca belge akışını hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda manuel veri girişi ve biçimlendirmeyle ilişkili hata olasılığını da önemli ölçüde azaltır.

ETL Load: Raporlama ve diğer sistemlere yükleme

Yük aşamasında, sonuçlar tablolar, grafikler ve belirlenen gereksinimlere uygun olarak hazırlanan nihai PDF raporları şeklinde oluşturulmuştur. Ayrıca bu verileri ERP, CAFM, CPM, BI platformları ve diğer kurumsal veya sektörel çözümler gibi harici sistemlerle entegrasyon için gerekli olan makine tarafından okunabilir formatlara (örneğin CSV) aktarmak mümkündür. CSV'ye ek olarak, XLSX, JSON, XML veya doğrudan otomatik bilgi alışverişini destekleyen veritabanlarına yükleme yapılabilir.

- Yükleme adımını otomatikleştirmek üzere uygun kodu oluşturmak için LLM arayüzünü sorgulamanız yeterlidir, örneğin ChatGPT, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude veya QWEN:

> Ön eki 'verified_' olan sütunların sayıldığı, 'Geçti' ve 'Başarısız' olarak yeniden adlandırıldığı, eksik değerlerin 0 ile değiştirildiği ve ardından yalnızca tüm doğrulamaları geçen satırların bir CSV dosyasına aktarıldığı DataFrame içinde veri doğrulama sonuçlarının bir raporunu oluşturmak için kod yazın.

LLM'nin yanıtı:

Şekil 7.2-17 Dönüştürme adımında nihai veri çerçevesinden elde edilen doğrulanmış veriler, diğer sistemlerle entegrasyon için bir CSV dosyasına aktarılır.

Yukarıdaki kod (Şekil 7.2-17) ETL -sürecinin son aşaması olan Yüklemeyi uygulamaktadır; bu sırada doğrulanmış veriler çoğu harici sistem ve veritabanıyla uyumlu CSV formatında kaydedilmektedir. Böylece, verilerin çıkarılması, dönüştürülmesi, görselleştirilmesi, belgelenmesi ve ihtiyaç duyduğumuz sistemlere ve formatlara aktarılması da dahil olmak üzere ETL sürecinin tüm döngüsünü tamamladık; bu da tekrarlanabilirlik, şeffaflık ve bilgi ile çalışmanın otomasyonunu sağlar.

ETL boru hattı hem tekil projelerin işlenmesinde hem de büyük ölçekli uygulamalarda (belgeler, görüntüler, taramalar, CAD projeleri, nokta bulutları, PDF dosyaları veya dağıtık sistemlerden gelen diğer kaynaklar şeklinde yüzlerce veya binlerce gelen veriyi analiz ederken) kullanılabilir. Sürecin tamamen otomatikleştirilebilmesi ETL'yi sadece teknik bir işleme aracı değil, aynı zamanda dijital bir inşaat bilgi altyapısının temeli haline getirmektedir.

LLM ile ETL : PDF belgelerinden verilerini görselleştirme

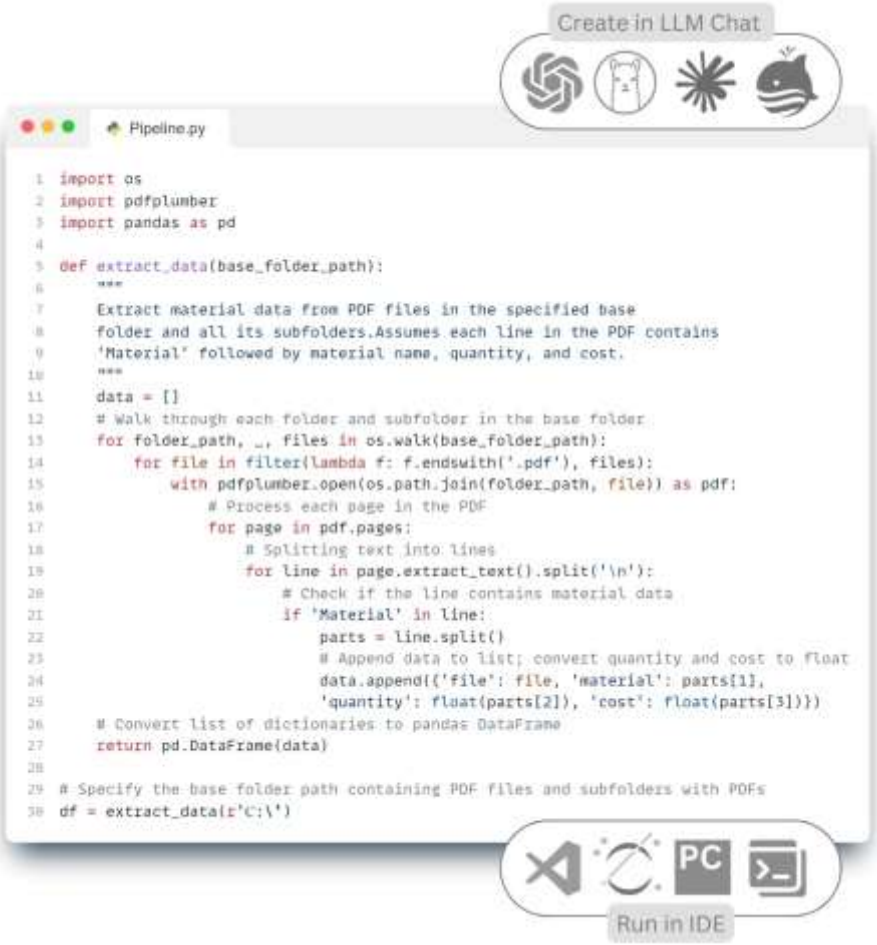
Tek bir senaryoda veri işlemenin tüm önemli aşamalarını kapsayan tam teşekküllü bir ETL süreci oluşturmanın zamanı geldi - ayıklama, dönüştürme ve yükleme. PDF belgelerini manuel çalışma olmadan işlemenizi sağlayan otomatik bir ETL-Pipeline oluşturalım - belgelerden veri ayıklayın, görselleştirin, analiz edin ve diğer sistemlere aktarın.

Örneğimizdeki ETL süreci, elde edilecek nihai sonucun bir açıklamasıyla birlikte tüm ETL süreçlerini dil modeline (LLM) açıklamak zorunda kalacak olan istemler aracılığıyla tanımlanacaktır. Bu durumda görev, belirtilen klasör ve alt klasörlerindeki tüm PDF dosyalarını bulmak, bunlardan ilgili bilgileri (örneğin malzeme adları, miktarları ve maliyetleri) çıkarmak ve sonucu daha fazla analiz için yapılandırılmış bir tablo (DataFrame) olarak sunmaktır

- LLM'deki ilk metin sorgusu birden fazla PDF belgesinden otomatik olarak veri ayıklamak ve Ayıkla adımı için bir veri çerçevesi oluşturmak için:

> Belirli bir klasör ve alt klasörlerindeki PDF dosyalarından malzeme bilgilerini çıkarmak için kod yazın. PDF'deki veriler malzeme adını, miktarını ve maliyetini içerir. Sonuç bir DataFrame içine kaydedilmelidir. ⏎

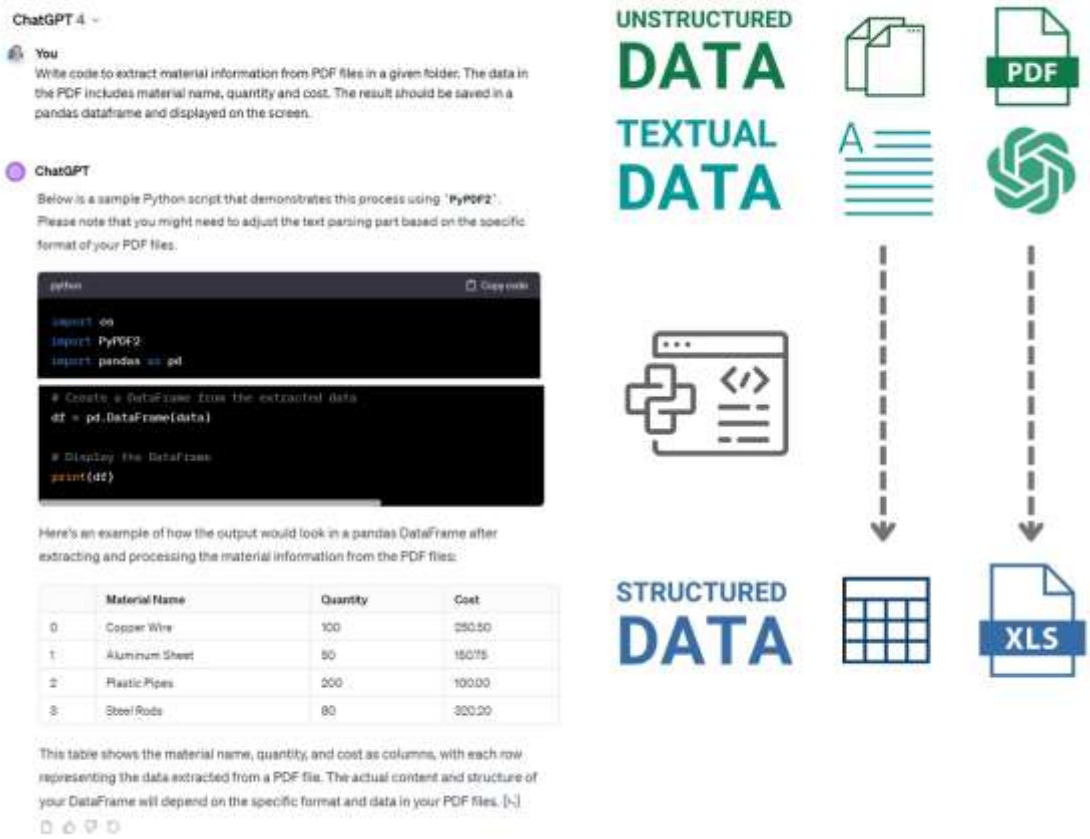
- LLM'nin yanıtı:



Şekil 7.2-18 LLM, belirli bir klasördeki ve tüm alt klasörlerindeki PDF dosyalarından veri ayıklamak için Python kodu oluşturur.

LLM yanıtı (Şekil 7.2-18), tüm klasörleri otomatik olarak gezen, bulunan PDF dosyalarını açan, bunlardan metinsel bilgileri çıkaran ve bir tabloya dönüştüren hazır bir Python komut dosyasıdır. Ortaya çıkan sohbet kodu PyCharm, Visual Studio Code (VS Code), Jupyter Notebook, Spyder, Atom, Sublime Text, PyDev eklentili Eclipse, Thonny, Wing IDE, Python eklentili IntelliJ IDEA, JupyterLab veya popüler çevrimiçi araçlar Kaggle.com, Google Collab, Microsoft Azure Notebooks, Amazon SageMaker gibi popüler IDE'lerden birinde çalıştırılabilir.

Alternatif olarak, toplama işlemini basitleştirmek için, kodu LLM adresinden kopyalamak ve IDE'de kullanmak yerine, bir düzine PDF dosyasını doğrudan LLM sohbetine yükleyebilir (Şekil 7.2-19) ve kodu görmek veya çalıştırmak zorunda kalmadan çıktı olarak bir tablo alabiliriz. Bu kodun çalıştırılmasının sonucu, seçtiğimiz nitelikleri içeren bir tablo olacaktır.



Şekil 7.2-19 PDF dosyalarındaki verileri seçilen özniteliklerle yapılandırılmış bir veri çerçevesi görünümünde ayıklayan LLM kodunun çalıştırılmasının sonucu.

Bir sonraki adımda, elde edilen veriler üzerinde bir dil modeli talep ediyoruz - örneğin, malzeme kullanımının maliyetini ve hacmini karşılaştırmak ve daha fazla analiz için temel oluşturacak bazı örnek görselleştirmeler oluşturmak için.

- LLM ile devam eden bir sohbette Dönüştürme adımında üretilen tablolardan bazı grafikler çizilmesini isteyin (Şekil 7.2-18):

DataFrame adresinden her bir malzemenin toplam maliyetini ve miktarını görselleştirin (Şekil 7.2-18⏎

Create in LLM Chat

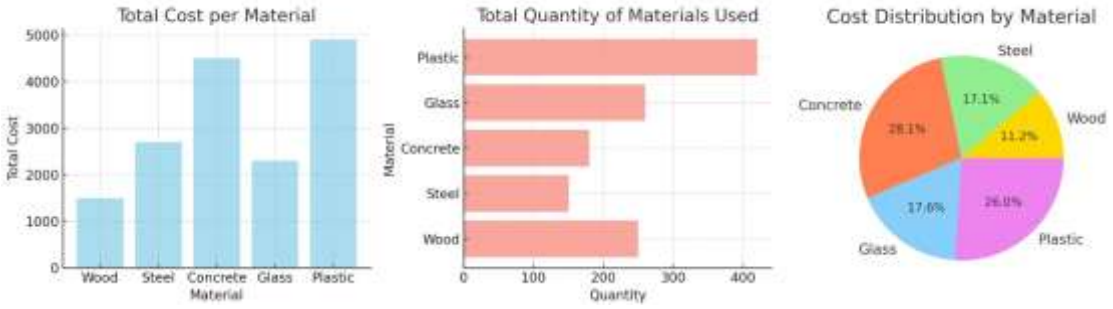
Pipeline.py

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Plotting total cost per material
# Group data by 'material' and sum up the 'cost' for each material
df.groupby('material')['cost'].sum().plot(kind='bar')
plt.title('Total Cost per Material')
plt.xlabel('Material')
plt.ylabel('Total Cost')
plt.show()

# Plotting total quantity of materials used
# Group data by 'material' and sum up the 'quantity' for each material
df.groupby('material')['quantity'].sum().plot(kind='barh')
plt.title('Total Quantity of Materials Used')
plt.xlabel('Quantity')
plt.ylabel('Material')
plt.show()
```

Run in IDE

Şekil 7.2-20 LLM yanıtı -matplotlib kütüphanesini kullanarak bir veri çerçevesindeki verileri görselleştirmek için Python kodu olarak modeller.

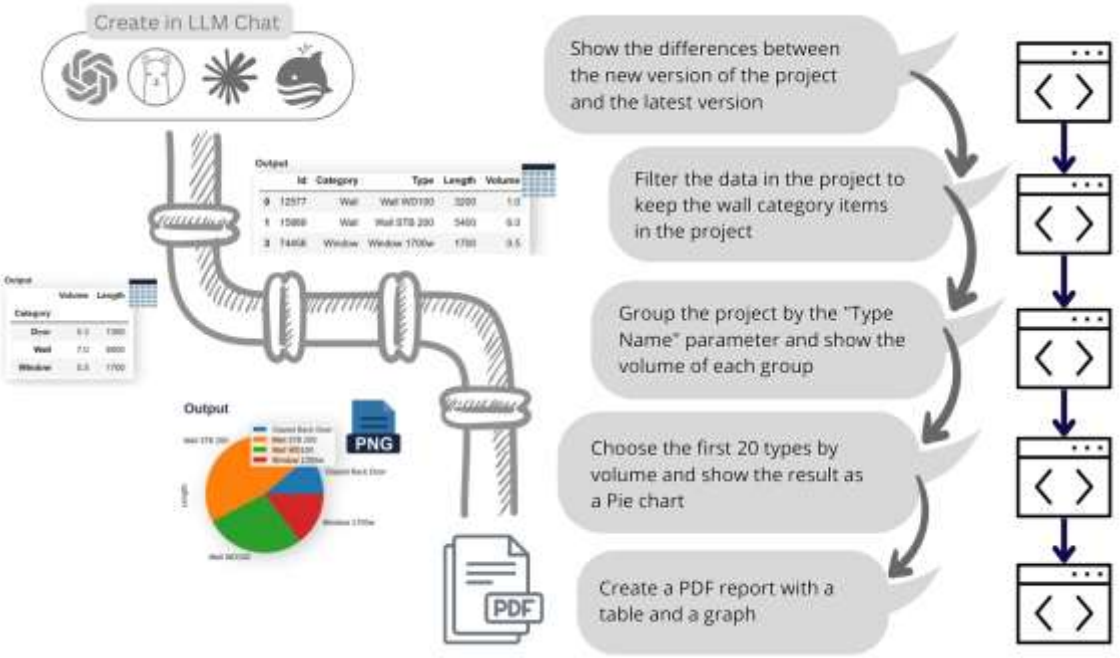
LLM matplotlib kütüphanesini kullanarak Python kodunu (Şekil 7.2-20) otomatik olarak üretir ve çalıştırır. Bu kodu çalıştırdıktan sonra, inşaat projelerindeki maliyetlerin ve malzeme kullanımının grafiklerini doğrudan sohbet ortamında elde ediyoruz (Şekil 7.2-21), bu da analitik çalışmayı büyük ölçüde basitleştiriyor.



Şekil 7.2-21 LLM yanıtının DataFrame içinde toplanan verilere dayalı grafikler olarak görselleştirilmesi.

ETL kodu yazmak, kodu analiz etmek ve çalıştırmak ve sonuçları görselleştirmek için fikir geliştirme desteği, programlamanın temellerini öğrenmeye gerek kalmadan LLM'deki basit metin sorguları aracılığıyla kullanılabilir. LLM gibi yapay zeka araçlarının ortaya çıkması, programlama ve veri işlemeyi otomatikleştirme yaklaşımını kesinlikle değiştirmektedir (Şekil 7.2-22).

> PwC'nin "Yapay zekanın işletmeniz için gerçek değeri nedir ve bundan nasıl faydalanabilirsiniz?" başlıklı raporuna göre (2017) [139] raporuna göre, süreç otomasyonu ve üretkenlik iyileştirmeleri ekonomik büyümenin ana itici güçleri olacaktır. Verimlilik artışlarının 2017 ve 2030 yılları arasında yapay zeka kaynaklı tüm GSYİH büyümesinin%55'inden fazlasını oluşturması beklenmektedir."



Şekil 7.2-22 AI LLM, bir LLM'ye gerek kalmadan gelecekteki projelere uygulanacak taslak kodun oluşturulmasına yardımcı olur.

> ChatGPT, LlaMa, Mistral, Claude, DeepSeek, QWEN, Grok gibi araçların yanı sıra açık veri ve açık kaynak yazılım kullanarak, daha önce yalnızca uzmanlaşmış, yüksek maliyetli ve bakımı zor modüler tescilli sistemlerle yapılan işlemleri otomatikleştirebiliriz.

İnşaat bağlamında bu, otomatikleştirilmiş Boru Hattı -veri süreçlerini ilk uygulayan şirketlerin, gelişmiş proje yönetimi verimliliğinden mali kayıpların azaltılmasına ve parçalanmış uygulamaların ve silo halindeki veri ambarlarının ortadan kaldırılmasına kadar önemli faydalar elde edeceği anlamına gelmektedir.

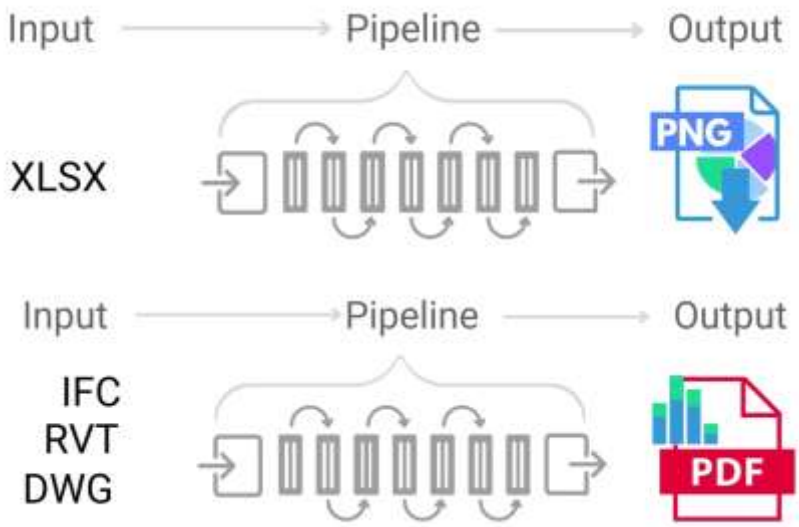
ETL sürecinde iş görevi yürütmenin açıklanan mantığı, daha geniş bir kavram olan boru hatlarının (Pipelines) belirli bir varyasyonu olan analitik ve veri işleme süreçlerinin otomasyonunun önemli bir parçasıdır.

BÖLÜM 7.3.
OTOMATIK ETL KONVEYÖR (BORU HATTI)

Boru Hattı: Otomatik ETL konveyör verileri

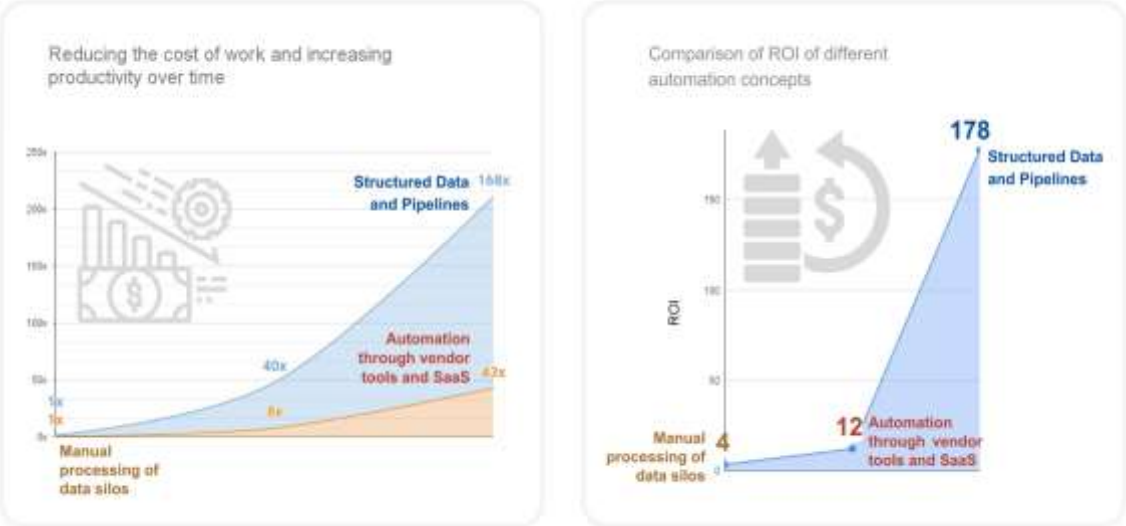
ETL süreci geleneksel olarak hem yapılandırılmış hem de yapılandırılmamış kaynakları kapsayan analitik sistemlerdeki verileri işlemek için kullanılmıştır. Bununla birlikte, günümüzün dijital ortamında, bir aşamanın çıktısının bir sonraki aşamanın girdisi haline geldiği herhangi bir sıralı işlem zincirini tanımlayan Boru Hattı (konveyör) gibi daha geniş bir terim giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Bu yaklaşım sadece veriler için değil, aynı zamanda diğer otomasyon türleri için de geçerlidir: görev işleme, raporlama oluşturma, yazılımla entegrasyon ve dijital iş akışı (Şekil 7.3-1).



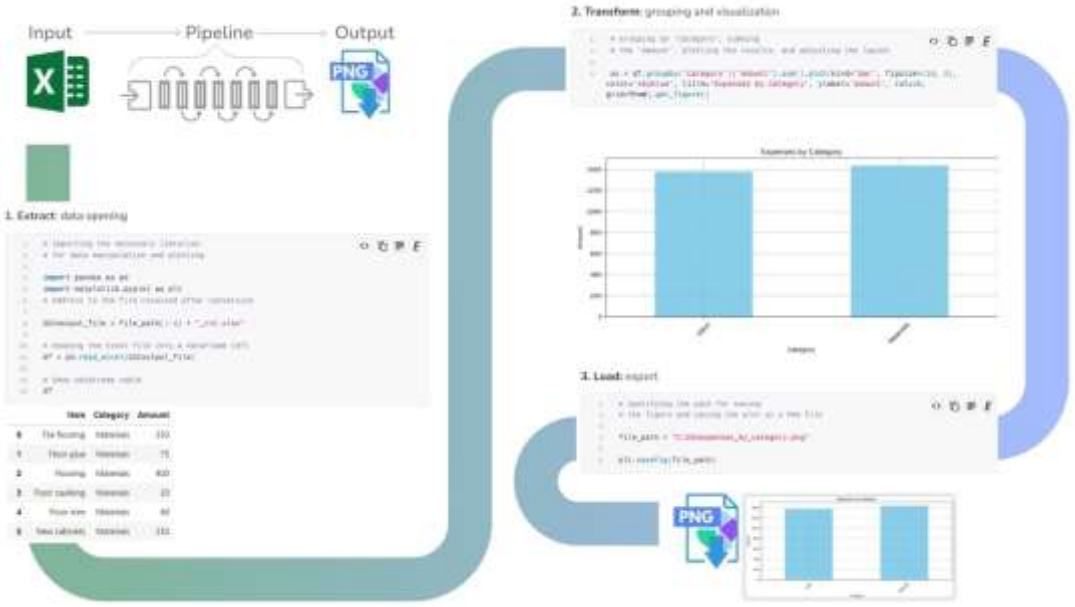
Şekil 7.3-1 Boru Hattı bir aşamanın çıktısının bir sonraki aşamanın girdisi haline geldiği bir işlem dizisidir.

Pipeline kullanımı, özellikle büyük miktarlarda heterojen veri ile çalışırken otomasyonun önemli bir unsurudur. Pipeline mimarisi, karmaşık işlem adımlarının modüler, tutarlı ve yönetilebilir bir formatta düzenlenmesini sağlayarak okunabilirliği artırır, kod bakımını basitleştirir ve aşamalı hata ayıklama ve ölçeklenebilir test imkanı sunar.



Şekil 7.3-2 ROI Boru hattı veri doğrulama süreci, klasik araçlarla işlemeye kıyasla yürütme süresini onlarca ve yüzlerce kat azaltır [74].

Tescilli sistemlerde (ERP, PMIS, CAD, vb.) manuel çalışmanın aksine, boru hattı oluşturma, görevlerin hızını önemli ölçüde artırmanıza (Şekil 7.3-2), tekrarlayan işlerden kaçınmanıza ve süreçlerin doğru zamanda başlamasını otomatikleştirmenize olanak tanır (Şekil 7.3-3).

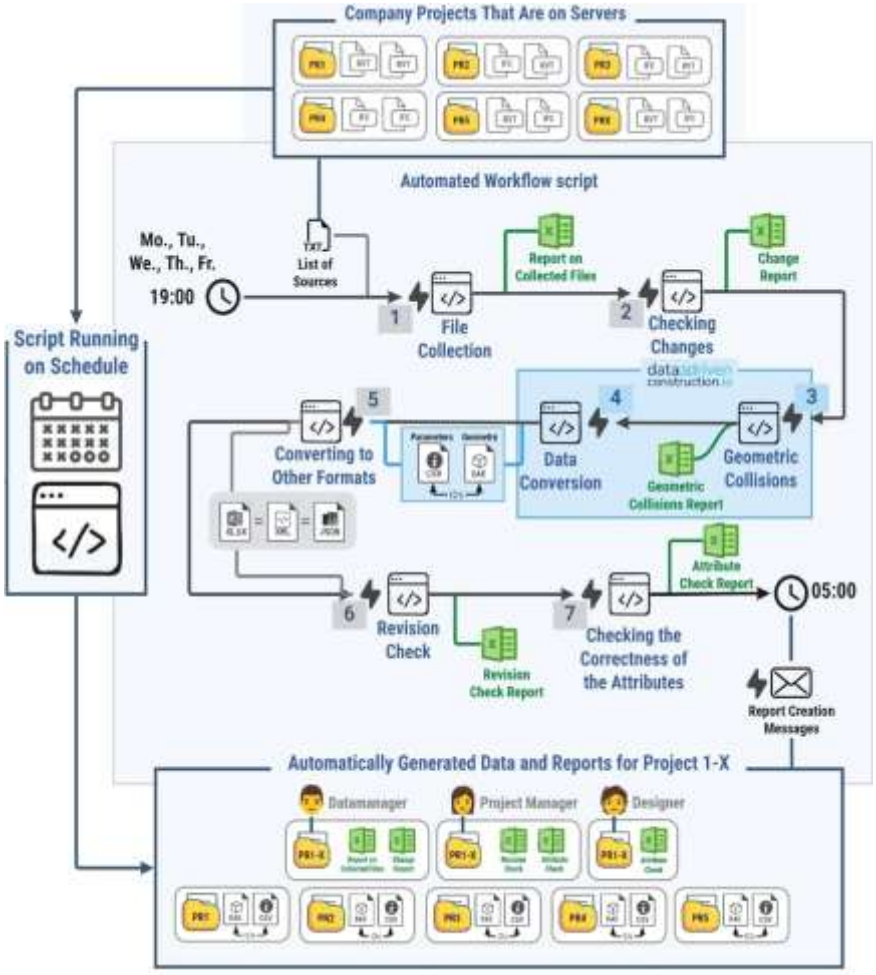


Şekil 7.3-3 ETL örneği Excel'i açmadan bir XLSX dosyasındaki tablo verilerinden otomatik olarak bir grafik türetmek için Boru Hattı.

Akış verilerini işlemek ve ETL sürecine benzer şekilde otomatik bir Boru Hattı oluşturmak için, veri kaynaklarını önceden belirlemeniz ve belirli bir iş süreci için veya tüm şirket genelinde veri toplamak için zaman dilimini belirlemeniz gerekir.

> İnşaat projelerinde veriler, farklı güncelleme aralıklarına sahip birçok heterojen kaynaktan gelir. Güvenilir bir veri vitrini oluşturmak için, bilgilerin ne zaman alındığını ve güncellendiğini kaydetmek kritik önem taşır. Bu, zamanında karar alınmasını sağlar ve proje yönetiminin verimliliğini artırır.

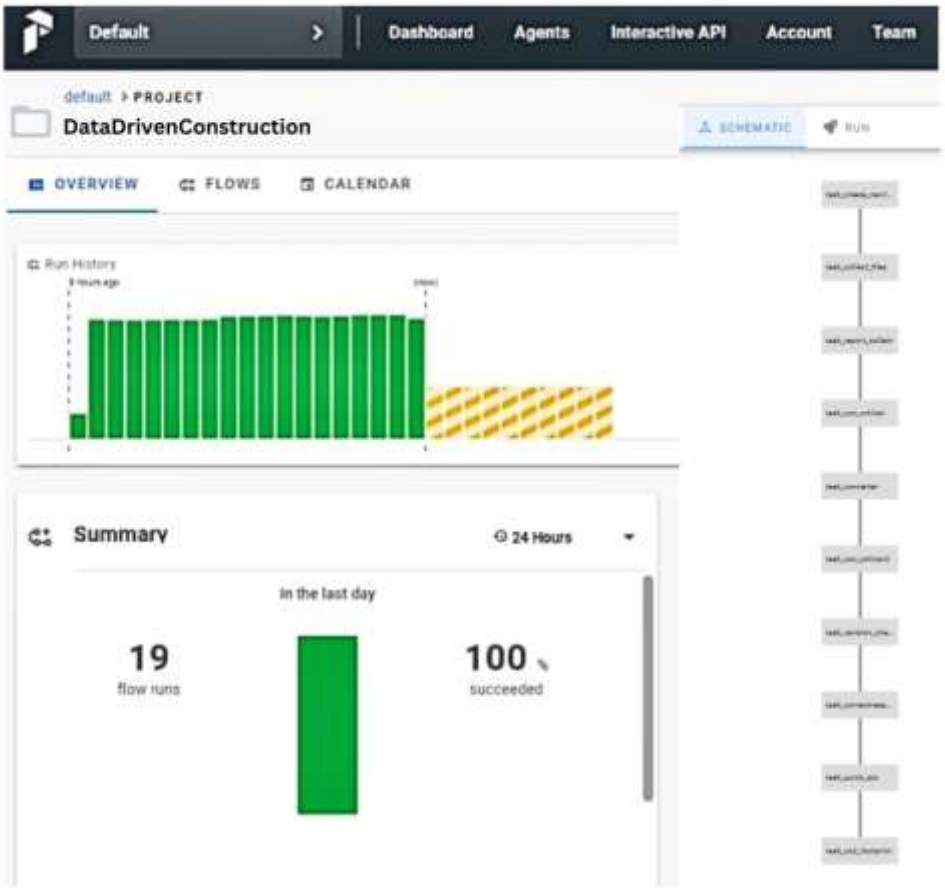
Seçeneklerden biri, montaj sürecini sabit bir zamanda başlatmaktır - örneğin, iş gününün sonunda saat 19:00'da. Bu noktada, çeşitli sistemlerden ve depolardan veri toplamaktan sorumlu ilk komut dosyası etkinleştirilir (Şekil 7.3-4 adım 1). Bunu, verilerin otomatik olarak işlenmesi ve analitik için uygun yapılandırılmış bir formata dönüştürülmesi takip eder (Şekil 7.3-4 adım 2-4). Son aşamada, hazırlanan veriler kullanılarak raporlar, gösterge tabloları ve önceki bölümlerde açıklanan diğer ürünler otomatik olarak oluşturulur (Şekil 7.3-4 adım 6-7). Sonuç olarak, sabah 05:00'e kadar yöneticiler gerekli formatta güncel proje durum raporlarına sahip olurlar (Şekil 7.3-5).



Şekil 7.3-4 Akşamları otomatik olarak toplanan Boru Hattındaki veriler gece boyunca işlenir, böylece yöneticiler sabaha kadar güncel raporlara ve yeni raporlara sahip olurlar.

> Zamanında veri toplama, KPI tanımı, dönüşüm süreçlerinin otomasyonu ve gösterge tabloları aracılığıyla görselleştirme, başarılı veri odaklı karar almanın temel unsurlarıdır.

Bu tür otomatik süreçler (Şekil 7.3-4) tam bir özerklikle yürütülebilir: bir programa göre çalışırlar, verileri gözetimsiz işlerler ve bulutta ya da şirketin kendi sunucusunda konuşlandırılabilirler (Şekil 7.3-5). Bu, bu tür ETL işlem hatlarının mevcut BT altyapısına entegre edilmesine, veriler üzerindeki kontrolün korunmasına ve ölçeklendirmede esneklik sağlanmasına olanak tanır.



Şekil 7.3-5 Prefect platformunda otomatik ETL -konveyör süreçleri (Şekil 7.3-4), her iş günü saat 19:00'dan sonra dönüşümlü olarak 10 python komut dosyası çalıştırılır.

İş akışlarını otomatikleştirmek yalnızca daha anlamlı ve daha az rutin görevlere zaman ayırarak ekip verimliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda Tahmine Dayalı Analitik ve Makine Öğrenimi bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alacağımız yapay zeka (AI) teknolojilerini iş süreçlerine dahil etmek için önemli bir ilk adım görevi görür.

Boru Hattı -ETL LLM ile veri doğrulama süreci

Veri gereksinimlerinin oluşturulması ve ETL'nin otomatikleştirilmesi ile ilgili önceki bölümlerde, veri hazırlama, dönüştürme, doğrulama ve görselleştirme süreçlerini adım adım ayrıştırdık. Bu faaliyetler, her biri belirli bir görevi yerine getiren ayrı kod blokları olarak uygulanmıştır (Şekil 7.2-18 - Şekil 7.2-20).

Şimdi bir sonraki hedefimiz, bu unsurları veri işlemenin tek, tutarlı ve otomatikleştirilmiş bir boru hattında birleştirmek - tüm aşamaların (yükleme, doğrulama, görselleştirme, dışa aktarma) otomatik olarak çalıştırılabilir tek bir komut dosyasında sırayla yürütüldüğü bir boru hattı, ETL -Pipeline -.

Aşağıdaki örnekte, tam bir veri işleme döngüsü uygulanacaktır: kaynak CSV dosyasının yüklenmesinden →düzenli ifadeler kullanılarak yapı ve değerlerin kontrol edilmesine →sonuçların hesaplanmasına→ PDF formatında görsel bir rapor oluşturulmasına.

- Uygun kodu almak için LLM adresine aşağıdaki metin sorgusunu kullanabilirsiniz:

> Lütfen CSV'den veri yükleyen, DataFrame'i düzenli ifadeler kullanarak doğrulayan, 'W-NEW' veya 'W-OLD' biçimindeki tanımlayıcıları, 'A' ila 'G' harfleriyle enerji verimliliğini, garanti süresini ve yıl cinsinden sayısal değerlerle değiştirme döngüsünü kontrol eden ve sonunda başarılı ve başarısız değerlerin sayımını içeren bir rapor oluşturan, sonuçların histogramını içeren bir PDF oluşturan ve bir metin açıklaması ekleyen bir kod örneği yazın. ⏎

LLM'nin yanıtı:

Create in LLM Chat

Pipeline.py

```python
# Importing necessary libraries
import pandas as pd
import re
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.backends.backend_pdf import PdfPages


# Load data
df = pd.read_csv('path_to_csv_file.csv')

# Define patterns and verify data
patterns = {
    'Window_ID': r'^(W-NEW|W-OLD[0-9]+|D-1[0-9]{2})$',
    'Energy_Efficiency': r'^[A-G]\+*$',
    'Warranty_Period': r'^\d+\syears$',
    'Replacement_Cycle': r'^\d+\syears$'
}

for column, pattern in patterns.items():
    df['verified_' + column] = df[column].apply(lambda x: bool(re.match(pattern, str(x))))

# Create report
report = df.filter(like='verified_').apply(lambda x: x.value_counts()).T
report.columns = ['Passed', 'Failed']

# Generate PDF
pdf_path = '/mnt/data/verification_results_full_pipeline.pdf'
with PdfPages(pdf_path) as pdf:
    # Plot and save bar chart
    report.plot(kind='bar', stacked=True, color=['green', 'red'])
    plt.title('Data Verification Summary')
    plt.xlabel('Data Categories')
    plt.ylabel('Count')
    plt.tight_layout()
    pdf.savefig()
    plt.close()

    # Add text page
    plt.figure()
    plt.axis('off')
    text_str = "Verification Results Summary"
    plt.text(0.1, 0.5, text_str, wrap=True)
    pdf.savefig()
    plt.close()

pdf_path

```

Run in IDE

Şek. 7.3-6 Boru Hattı (ETL) veri işlemenin tüm döngüsünü otomatikleştirir: indirme ve doğrulamadan PDF formatında yapılandırılmış bir rapor oluşturmaya kadar.

LLM sohbet odasındaki veya DIE'deki otomatik kod (Şekil 7.3-6), kodu kopyaladıktan sonra, belirtilen düzenli ifadeleri kullanarak CSV dosyasındaki verileri doğrulayacak, başarılı ve başarısız kayıtların sayısı hakkında bir rapor oluşturacak ve ardından doğrulama sonuçlarını bir PDF dosyası olarak kaydedecektir.

Veri yüklemeden rapor oluşturmaya kadar her adımın ayrı bir modül olarak uygulandığı bu ETL - konveyör yapısı şeffaflık, ölçeklenebilirlik ve tekrarlanabilirlik sağlar. Doğrulama mantığının okunması kolay bir Python kodu olarak sunulması süreci yalnızca geliştiriciler için değil aynı zamanda veri yönetimi, kalite ve analitik uzmanları için de şeffaf ve anlaşılır hale getirir.

> Veri işlemeyi otomatikleştirmeye yönelik Pipeline yaklaşımı, süreçleri standartlaştırmanıza, tekrarlanabilirliklerini artırmanıza ve yeni projelere uyarlamayı basitleştirmenize olanak tanır. Bu, ister uyumluluk testi, ister raporlama veya harici sistemlere veri aktarımı olsun, kaynağı veya görev türü ne olursa olsun verileri analiz etmek için birleşik bir metodoloji oluşturur.

Bu tür bir otomasyon insan hatasını azaltır, tescilli çözümlere olan bağımlılığı azaltır ve sonuçların doğruluğunu ve güvenilirliğini artırır, bu da onları hem proje düzeyinde operasyonel analitik hem de şirket düzeyinde stratejik analitik için uygun hale getirir.

Boru Hattı -ETL: CAD (BIM)'deki proje unsurlarının veri ve bilgilerinin doğrulanması

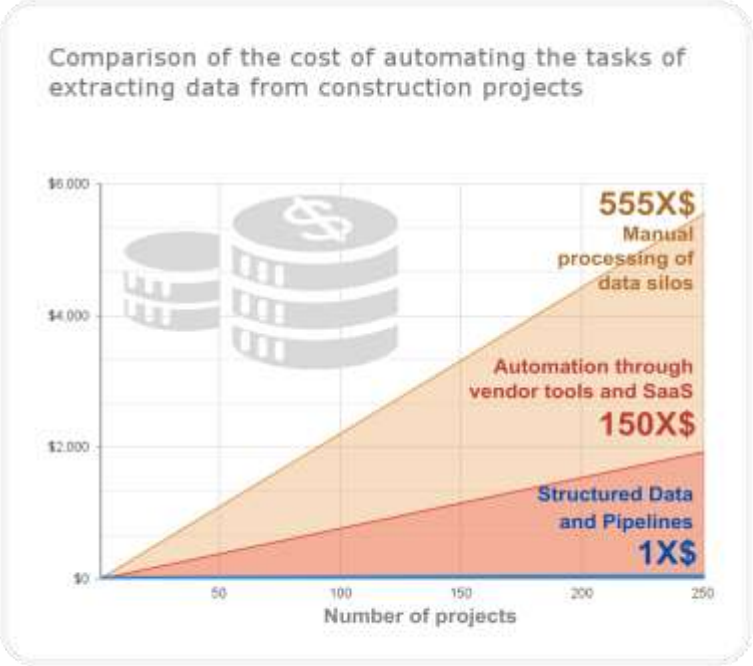
CAD sistemlerinden ve veri tabanlarından gelen veriler (BIM) inşaat şirketlerinin işindeki en sofistike ve dinamik olarak güncellenen veri kaynaklarından bazılarıdır. Bu uygulamalar projeyi sadece geometri kullanarak tanımlamakla kalmaz, aynı zamanda hacimler, malzeme özellikleri, oda atamaları, enerji verimliliği seviyeleri, toleranslar, yaşam döngüleri ve diğer nitelikler gibi çok sayıda metinsel bilgi katmanıyla tamamlar.

> CAD modellerinde varlıklara atanan öznitelikler tasarım aşamasında oluşturulur ve maliyetlendirme, çizelgeleme, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve ERP ve CAFM sistemleriyle entegrasyon dahil olmak üzere, süreçlerin verimliliğinin büyük ölçüde tasarım departmanlarından gelen verilerin kalitesine bağlı olduğu diğer iş süreçlerinin temelini oluşturur.

CAD- (BIM-) modellerinde nitelik doğrulamasına yönelik geleneksel yaklaşım, model hacmi büyük olduğunda uzun ve maliyetli bir süreç haline gelen manuel doğrulamayı içerir (Şekil 7.2-1). Modern inşaat projelerinin hacmi ve sayısı ile düzenli güncellemeleri göz önüne alındığında, veri doğrulama ve dönüştürme süreci sürdürülemez ve karşılanamaz hale gelmektedir.

Genel yükleniciler ve proje yöneticileri, aynı modellerin birden fazla versiyonu ve parçaları da dahil olmak üzere büyük miktarda proje verisini işleme ihtiyacı ile karşı karşıyadır. Veriler tasarım kuruluşlarından RVT, DWG, DGN, IFC, NWD ve diğer formatlarda gelir (Şekil 3.1-14) ve endüstri ve kurumsal standartlara uygunluk açısından düzenli kontrol gerektirir

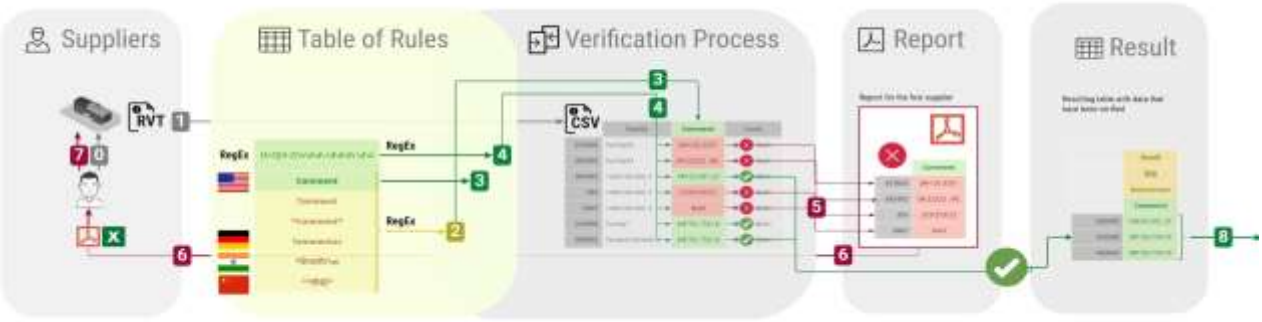
Manuel eylemlere ve özel yazılımlara bağımlılık, veri doğrulama sürecini şirket genelindeki modellerden gelen verilerle ilgili iş akışlarında bir darboğaz haline getirmektedir. Otomasyon ve yapılandırılmış gereksinimlerin kullanımı bu bağımlılığı ortadan kaldırarak veri doğrulama hızını ve güvenilirliğini önemli ölçüde artırabilir (Şekil 7.3-7).



Şekil 7.3-7 Otomasyon, veri doğrulama ve işleme hızını artırarak iş maliyetini onlarca kat azaltır [140].

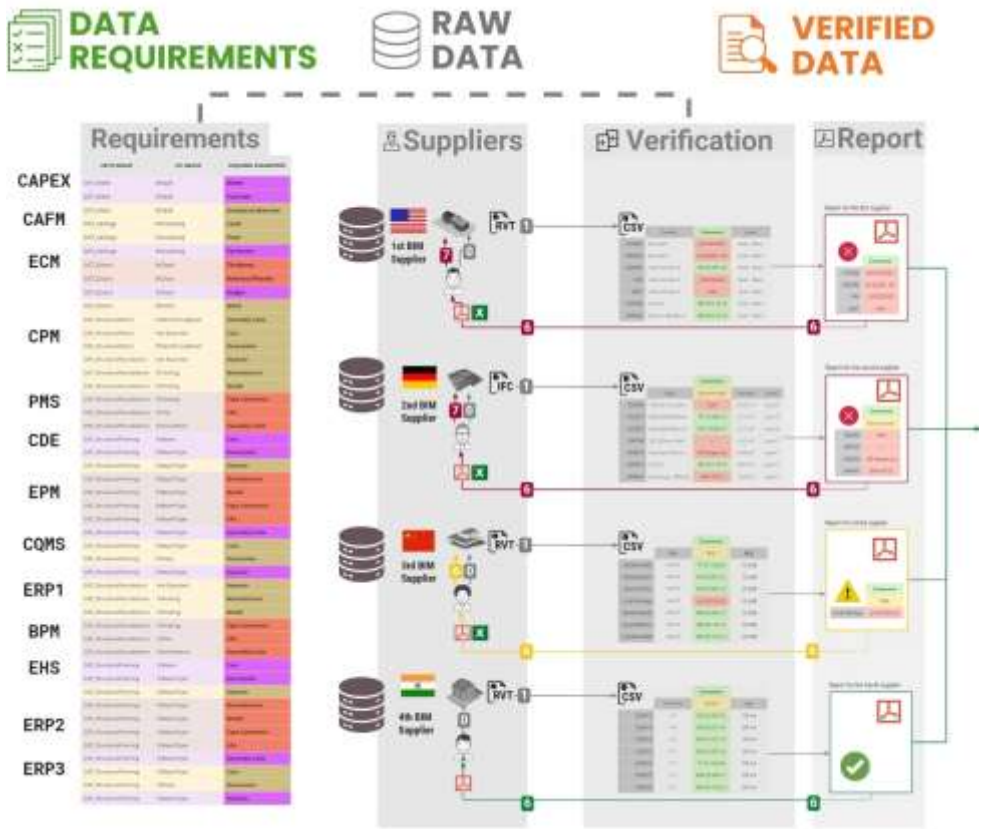
CAD veri doğrulama süreci, çeşitli kapalı (RVT, DWG, DGN, NWS, vb.) veya açık yarı yapılandırılmış ve parametrik formatlardan (IFC, CPXML, USD) veri çıkarımını (ETL aşaması Extract) içerir.) veya açık yarı yapılandırılmış ve parametrik formatlardan (IFC, CPXML, USD), kural tablolarının düzenli ifadeler RegEx (Şekil 7.3-8) kullanılarak her bir niteliğe ve değerlerine (Dönüştürme aşaması) uygulanabildiği, kitabın dördüncü bölümünde ayrıntılı olarak ele aldığımız bir süreçtir.

ve başarıyla doğrulanmış kayıtların PDF hata raporunun oluşturulması, yalnızca sonraki işlemler için kullanılabilecek doğrulanmış varlıkları dikkate alan yapılandırılmış formatlarda çıktı (Yükleme adımı) ile tamamlanmalıdır.



Şekil 7.3-8 Proje veri sağlayıcılarından nihai rapora kadar düzenli ifadeler kullanılarak doğrulanan veri doğrulama süreci.

CAD sistemlerinden (BIM) gelen verilerin yapılandırılmış gereksinimlerle doğrulanması ve ETL-Pipeline'lar (Şekil 7.3-9) aracılığıyla işlenen yeni verilerin akışının otomatikleştirilmesi, doğrulama sürecine manuel katılım ihtiyacını azaltır (doğrulama ve veri gereksinimleri süreçlerinin her biri önceki bölümlerde tartışılmıştır).



Şekil 7.3-9 ETL aracılığıyla veri doğrulamayı otomatikleştirmek, süreçleri hızlandırarak inşaat projesi yönetimini basitleştirir.

Geleneksel olarak, yükleniciler ve CAD (BIM) uzmanları tarafından sağlanan modellerin doğrulanması günler ila haftalar sürebilir. Ancak otomatik ETL süreçlerinin kullanılmaya başlanmasıyla bu süre birkaç dakikaya indirilebilir. Tipik bir durumda, yüklenici şunları belirtir: *"Model doğrulanmış ve uyumludur."* Bu ifade, yüklenicinin veri kalitesi iddiasının doğrulama zincirini başlatır:

- Proje Yöneticisi - "*Yüklenici 'Model test edildi, her şey yolunda' diyor."*
- Veri Yöneticisi - Yük Doğrulama:
  - Pandas'taki basit bir komut dosyası bir ihlali saniyeler içinde tespit eder. Otomasyon anlaşmazlıkları ortadan kaldırır:
    - Kategori: OST_StructuralColumns, Parametre: FireRating IS NULL.
    - İhlal kimliklerinin bir listesini oluşturun→ Excel/PDF'ye aktarın.

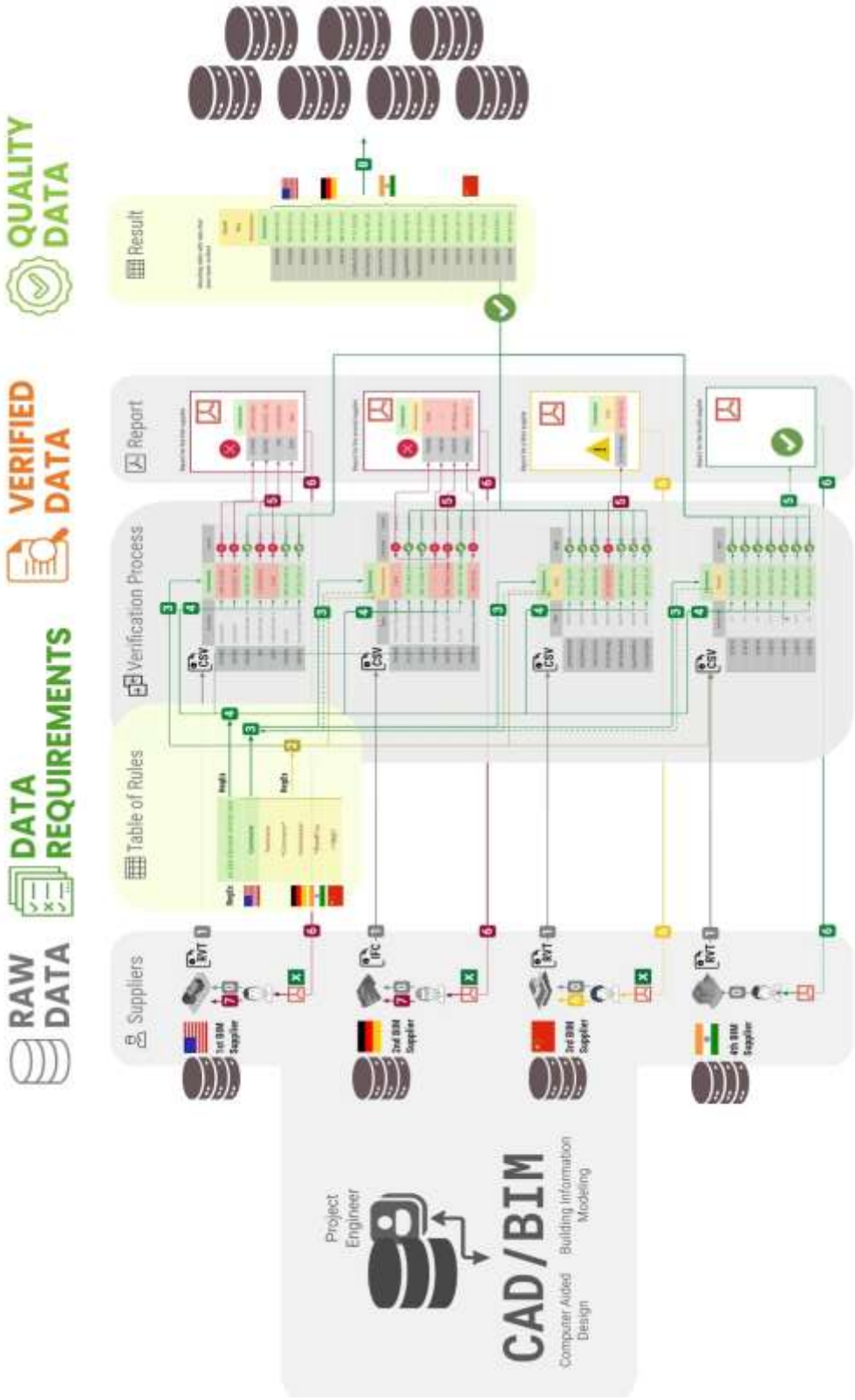
  Pandas'taki basit bir komut dosyası ihlali saniyeler içinde tespit eder:

```
df = model_data[model_data["Category"] == "OST_StructuralColumns"]  # Filtreleme
sorunlar = df[df["FireRating"].isnull()]  # Boş değerler
issues[["ElementID"]].to_excel("fire_rating_issues.xlsx") # Kimlikleri dışa aktar
```

- Veri Yöneticisinden Proje Yöneticisine - *" adresinde yapılan bir kontrol 18 sütunda FireRating parametresinin doldurulmadığını gösteriyor."*
- Proje yöneticisinden yükleniciye - "*Model revizyon için iade edildi: FireRating parametresi zorunludur, bu olmadan kabul edilmesi mümkün değildir"*

Sonuç olarak, CAD modeli doğrulamaya tabi tutulmaz, otomasyon anlaşmazlıkları ortadan kaldırır ve yüklenici neredeyse anında sorunlu unsurların kimliklerinin bir listesini içeren yapılandırılmış bir rapor alır. Bu şekilde doğrulama süreci şeffaf, tekrarlanabilir ve insan hatasından korunmuş hale gelir (Şekil 7.3-10).

Bu yaklaşım, veri doğrulama sürecini manuel kalite kontrol yerine bir mühendislik işlevine dönüştürüyor. Bu sadece üretkenliği artırmakla kalmıyor, aynı zamanda şirketin tüm projelerine aynı mantığın uygulanmasını mümkün kılarak tasarımdan operasyonlara kadar süreçlerin uçtan uca dijital dönüşümünü sağlıyor.



Şekil 7.3-10 Eleman niteliklerinin kontrolünün otomatikleştirilmesi insan hatasını ortadan kaldırır ve hata olasılığını azaltır.

Otomatik boru hatlarının kullanımı sayesinde (Şekil 7.3-10), CAD- (BIM-) sistemlerinden kaliteli veri bekleyen sistem kullanıcıları, ihtiyaç duydukları çıktı verilerini - tablolar, belgeler, görüntüler - anında alabilir ve bunları iş görevlerine hızla entegre edebilirler.

> Kontrol, işleme ve analizin otomasyonu, karmaşık ve pahalı modüler tescilli sistemleri veya kapalı satıcı çözümleri kullanılmadan inşaat proje yönetimine yaklaşımda, özellikle de farklı sistemlerin birlikte çalışabilirliğinde bir değişikliğe yol açmaktadır.

Kavramlar ve pazarlama kısaltmaları gelip geçse de, veri gereksinimleri doğrulama süreçlerinin kendisi sonsuza kadar iş süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olmaya devam edecektir. İnşaat sektörü, giderek daha fazla uzmanlaşmış formatlar ve standartlar oluşturmak yerine, diğer sektörlerde etkinliğini kanıtlamış araçlara bakmalıdır. Günümüzde veri işleme ve süreç entegrasyonunu otomatikleştirmek için şirketlerin rutin işlemler için harcadıkları zamanı önemli ölçüde azaltmalarına ve Extract, Transform ve Load işlemlerindeki hataları en aza indirmelerine olanak tanıyan güçlü platformlar bulunmaktadır.

ETL süreçlerinin otomasyonu ve orkestrasyonuna yönelik popüler çözüm örneklerinden biri, karmaşık hesaplama süreçlerini düzenlemeye ve ETL boru hatlarını yönetmeye olanak tanıyan Apache Airflow 'dur. Airflow'un yanı sıra, veri yönlendirme ve akış için Apache NiFi ve iş süreci otomasyonu için n8n gibi diğer benzer çözümler de aktif olarak kullanılmaktadır.

BÖLÜM 7.4.
ETL'NİN ORKESTRASYONU VE İŞ AKIŞLARI: PRATİK ÇÖZÜMLER

DAG ve Apache Airflow: iş akışı otomasyonu ve düzenlemesi

Apache Airflow, iş akışlarını (ETL -konveyörler) otomatikleştirmek, düzenlemek ve izlemek için tasarlanmış ücretsiz ve açık kaynaklı bir platformudur.

Her gün büyük miktarda veri ile çalışmak gerekiyor:

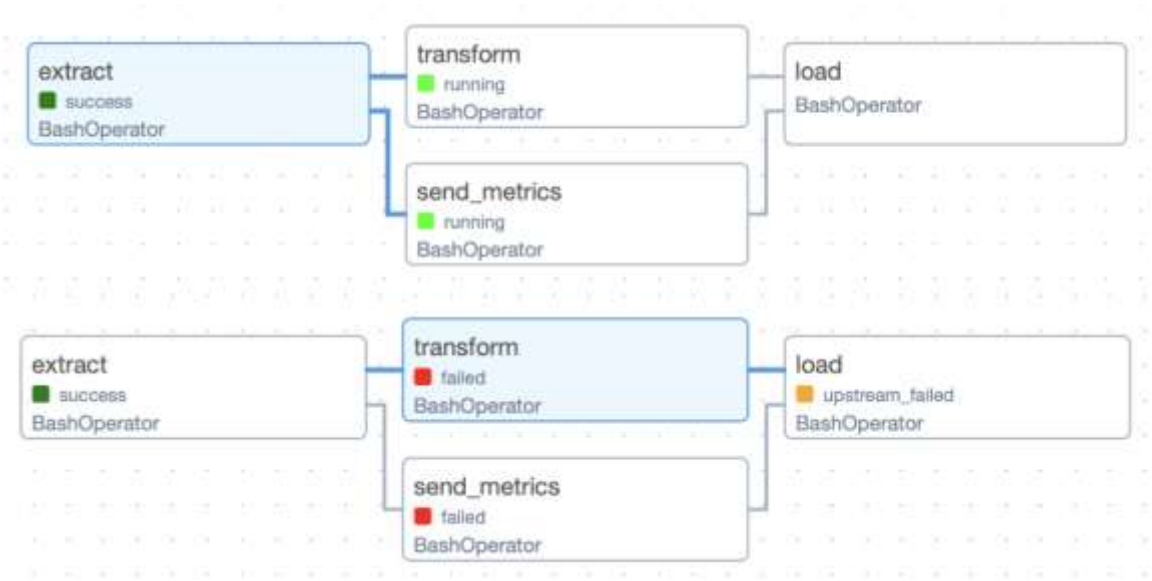
- Farklı kaynaklardan dosya indirme - adresini ayıklama (örneğin, tedarikçilerden veya müşterilerden).
- Bu verileri gerekli formata dönüştürün - adresini dönüştürün (yapı, temizleme ve doğrulama)
- Doğrulama için sonuçları gönderin ve raporlar oluşturun - adresini yükleyin (gerekli sistemlere, belgelere, veritabanlarına veya gösterge tablolarına yükleyin.

Bu tür ETL süreçlerinin manuel olarak yürütülmesi önemli ölçüde zaman alır ve insan hatası riskine yol açar. Veri kaynağındaki bir değişiklik veya adımlardan birindeki bir hata gecikmelere ve yanlış sonuçlara neden olabilir.

Apache Airflow gibi otomasyon araçları, güvenilir bir ETL - konveyör oluşturmanıza, hataları en aza indirmenize, işlem süresini azaltmanıza ve verilerin her aşamada doğru olmasını sağlamanıza olanak tanır. Apache Airflow 'un kalbinde DAG (Yönlendirilmiş Asiklik Grafik) kavramı yer alır - her bir görevin (operatör) diğer bağımlılıklara bağlı olduğu ve kesinlikle belirli bir sırayla yürütüldüğü yönlendirilmiş asiklik bir grafik. DAG döngüleri ortadan kaldırır, bu da görev yürütmenin mantıklı ve öngörülebilir bir yapısını sağlar.

Airflow, görevler arasındaki bağımlılıkları yönetmek, yürütme programlarını kontrol etmek, durumu izlemek ve arızalara otomatik olarak tepki vermek gibi düzenleme işlemleriyle ilgilenir. Bu yaklaşım, manuel müdahaleyi en aza indirir ve tüm sürecin güvenilirliğini sağlar.

> **Görev Orkestratörü**, karmaşık bilgi işlem ve bilgi ortamlarında görev yürütmeyi yönetmek ve kontrol etmek için tasarlanmış bir araç veya sistemdir. Performansı artırmak ve kaynakları optimize etmek için görev yürütmeyi dağıtma, otomatikleştirme ve yönetme sürecini kolaylaştırır.



Şekil 7.4-1 Apache Airflow, DAG -ETL görselleştirebileceğiniz, yürütme günlüklerini, görev başlatma durumunu daha fazlasını görüntüleyebileceğiniz kullanıcı dostu bir arayüz sağlar.

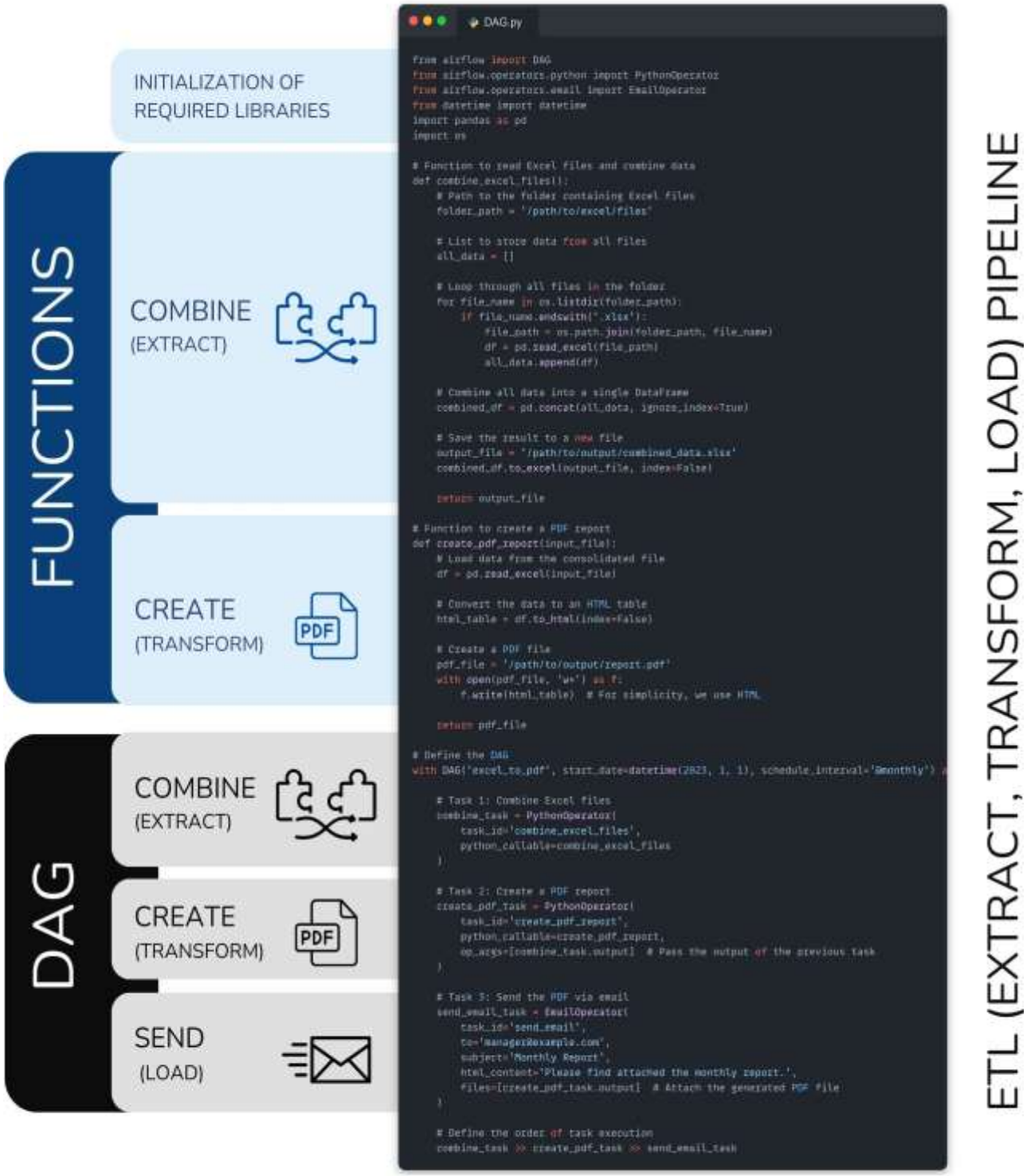
Airflow, dağıtık bilgi işlem, veri işleme, ETL (Extract, Transform, Load) süreç yönetimi, görev zamanlama ve diğer veri senaryolarının düzenlenmesi ve otomasyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Apache Airflow varsayılan olarak veritabanı olarak SQLite kullanır.

Basit bir DAG örneği, ETL 'ye benzer şekilde görevlerden oluşur - Extract, Transform ve Load. Kullanıcı arayüzü aracılığıyla kontrol edilen grafikte (Şekil 7.4-1), görevlerin (kod parçaları) yürütülme sırası tanımlanır: örneğin, önce ayıklama, ardından dönüştürme (ve sending_metrics) yürütülür ve yükleme görevi işi tamamlar. Tüm görevler tamamlandığında, veri yükleme işleminin başarılı olduğu kabul edilir.

Apache Airflow: ETL otomasyonu üzerine pratik uygulama

Apache Airflow karmaşık veri işleme süreçlerini düzenlemek için yaygın olarak kullanılmakta ve esnek ETL -konveyörler oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Apache Airflow bir web arayüzü aracılığıyla ya da Python kodu aracılığıyla programlı olarak çalıştırılabilir (Şekil 7.4-2). Web arayüzünde (Şekil 7.4-3), yöneticiler ve geliştiriciler DAG'ları görsel olarak izleyebilir, görevleri çalıştırabilir ve yürütme sonuçlarını analiz edebilir.

DAG kullanarak net bir görev sırası belirleyebilir, bunlar arasındaki bağımlılıkları yönetebilir ve kaynak verilerdeki değişikliklere otomatik olarak tepki verebilirsiniz. Raporlama işlemini otomatikleştirmek için Airflow kullanımına ilişkin bir örneği ele alalım (Şekil 7.4-2).

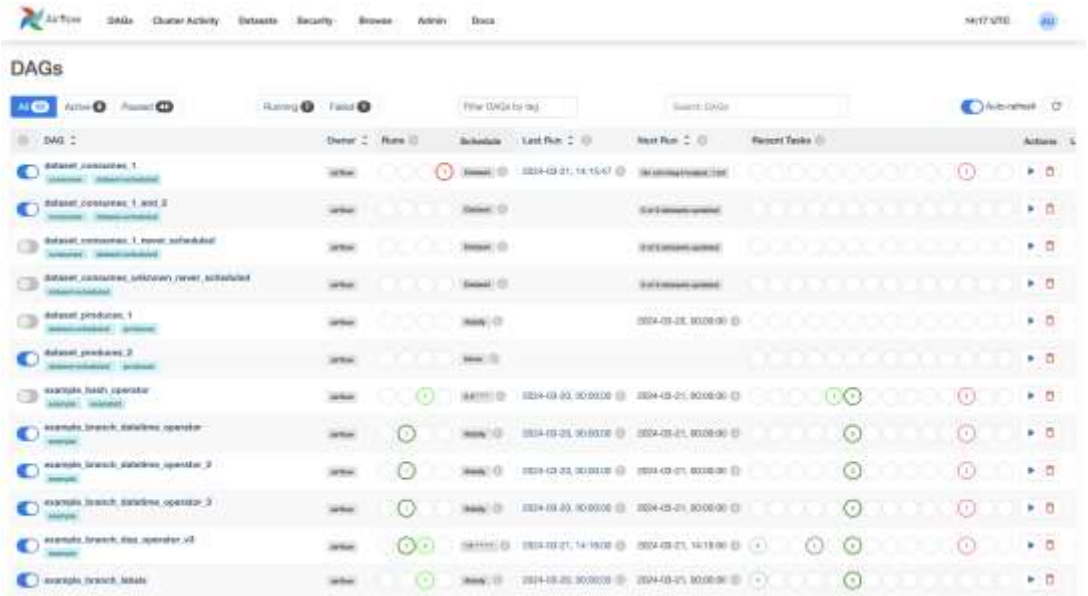


Şekil 7.4-2 ETL - Apache Airflow kullanarak veri işleme için konveyör konsepti.

Bu örnekte (Şekil 7.4-2) ETL -konveyörü içinde temel görevleri yerine getiren DAG ele alınmaktadır:

- **Excel dosyalarını okuyun (Extract):**
  - Belirli bir dizindeki tüm dosyaların sıralı geçişi.
  - Pandas kütüphanesini kullanarak her dosyadan veri okuyun.
  - Tüm verileri tek bir DataFrame'de birleştirin.
- **PDF belgesi oluşturun (Transform):**
  - Birleştirilmiş DataFrame 'u bir HTML -tablosuna dönüştürün.
  - Tabloyu PDF olarak kaydedin (demo sürümünde - HTML aracılığıyla).
- **E-posta ile rapor gönderme (adresini yükleyin):**
  - PDF belgesini e-posta ile göndermek için EmailOperator uygulayın.
- **DAG'ı yapılandırma:**
  - Görev sırasını tanımlama: veri çıkarma→ rapor oluşturma→ gönderme.
  - Bir başlatma zamanlaması atama (@monthly - her ayın ilk günü).

Otomatik ETL örneği (Şekil 7.4-2) Excel dosyalarından verilerin nasıl toplanacağını, bir PDF belgesinin nasıl oluşturulacağını ve e-postayla nasıl gönderileceğini gösterir. Bu, Airflow için birçok olası kullanım durumundan sadece bir tanesidir. Bu örnek, veri işlemeyi basitleştirmek ve otomatikleştirmek için herhangi bir özel göreve uyarlanabilir.



Şek. 7.4-3 Ortamdaki tüm DAG'lara genel bakış ve son çalıştırmalar hakkında bilgi.

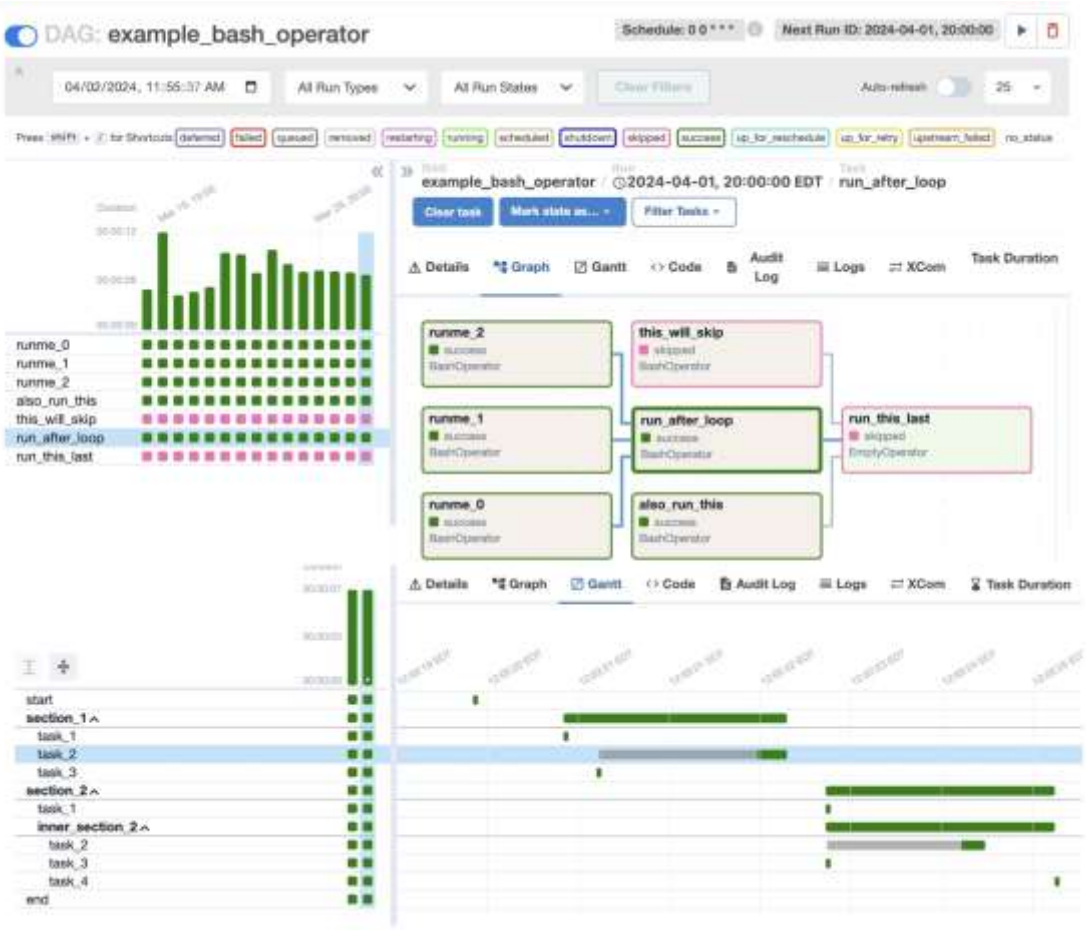
Apache Airflow web arayüzü (Şekil 7.4-3) veri iş akışlarını yönetmek için kapsamlı bir görsel ortam sağlar. DAG'leri, düğümlerin görevleri ve kenarların aralarındaki bağımlılıkları temsil ettiği etkileşimli grafikler olarak görüntüler ve karmaşık veri iş akışlarını izlemeyi kolaylaştırır. Arayüz, görev yürütme durumu, çalışma geçmişi, ayrıntılı günlükler ve performans ölçümleri hakkında bilgi içeren bir gösterge tablosu içerir. Yöneticiler, sezgisel bir kullanıcı arayüzü aracılığıyla görevleri manuel olarak başlatabilir, başarısız işlemleri yeniden başlatabilir, DAG'ları askıya alabilir ve ortam değişkenlerini

yapılandırabilir.

Bu mimari veri doğrulama, yürütme durumu bildirimleri, harici API'ler veya veritabanları ile entegrasyon ile desteklenebilir. Airflow, DAG'ı esnek bir şekilde uyarlamanıza olanak tanır: yeni görevler ekleyin, sıralarını değiştirin, zincirleri birleştirin - bu da onu karmaşık veri işleme süreçlerini otomatikleştirmek için etkili bir araç haline getirir. Airflow web arayüzünde DAG çalıştırırken (Şekil 7.4-3, Şekil 7.4-4), görevlerin durumunu izleyebilirsiniz. Sistem renkli gösterge kullanır:

- Yeşil - görev başarıyla tamamlanmıştır.
- Sarı - süreç devam ediyor.
- Kırmızı - görevi gerçekleştirirken bir hata.

Arıza durumunda (örneğin eksik dosya veya bozuk veri yapısı), sistem otomatik olarak bir bildirim göndermeye başlar.



Şekil 7.4-4 Apache Airflow karmaşık veri işleme hatlarında sorun teşhisini, süreç optimizasyonunu ve ekip işbirliğini büyük ölçüde kolaylaştırır.

> Apache Airflow rutin görevleri otomatikleştirerek manuel olarak gerçekleştirme ihtiyacını ortadan kaldırdığı için kullanışlıdır. Sürecin yürütülmesini izleyerek ve anında hata bildirimi sağlayarak güvenilirliği garanti eder. Sistemin esnekliği, yeni görevler eklemeyi veya mevcut görevleri değiştirmeyi kolaylaştırarak iş akışlarını değişen gereksinimleri karşılayacak şekilde uyarlar.

Apache Airflow'a ek olarak, iş akışlarını düzenlemek için benzer araçlar bulunmaktadır. Örneğin açık kaynaklı ve ücretsiz Prefect (Şekil 7.3-5) daha basit bir sözdizimi sunar ve Python ile daha iyi entegre olur, Spotify tarafından geliştirilen Luigi benzer işlevsellik sağlar ve büyük verilerle iyi çalışır. Ayrıca, modülerlik ve ölçeklenebilirliğe odaklanarak Boru Hattı oluşturmaya yönelik modern yaklaşımlar sunan Kronos ve Dagster da kayda değerdir. Görev düzenleme aracının seçimi projenin özel ihtiyaçlarına bağlıdır, ancak hepsi karmaşık ETL veri süreçlerini otomatikleştirmeye yardımcı olur

Veri akışı ve yönlendirmesi için tasarlanmış açık kaynaklı bir platform olan Apache NiFi özellikle dikkat çekicidir. Toplu işleme ve bağımlılık yönetimine odaklanan Airflow'un aksine NiFi, gerçek zamanlı, anında veri dönüşümüne ve sistemler arasında esnek yönlendirmeye odaklanır.

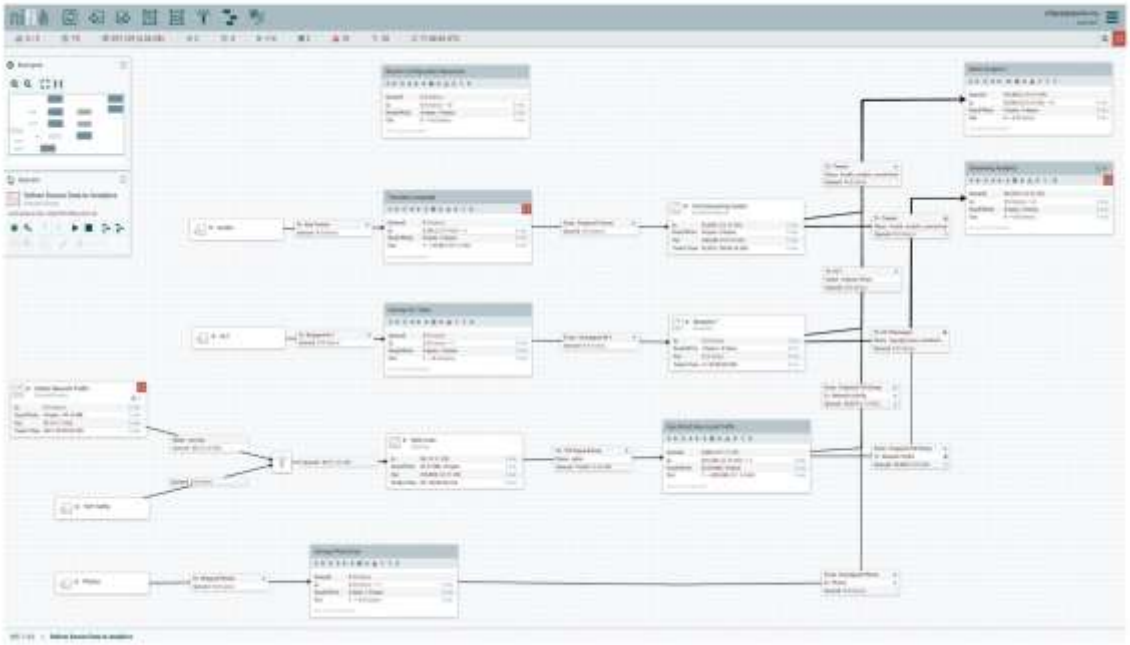
Yönlendirme ve veri dönüştürme için Apache NiFi

Apache NiFi, farklı sistemler arasındaki veri akışlarını otomatikleştirmek için tasarlanmış güçlü bir açık kaynak platformudur. İlk olarak 2006 yılında ABD Ulusal Güvenlik Ajansı (NSA) tarafından dahili kullanım için "Niagara Files" adı altında geliştirilmiştir. Proje 2014 yılında açık kaynaklı hale getirilmiş ve Apache Yazılım Vakfı'na devredilerek teknoloji transferi girişimlerinin bir parçası olmuştur [141].

Apache NiFi verileri gerçek zamanlı olarak toplamak, işlemek ve iletmek için tasarlanmıştır. Toplu görevlerle çalışan ve iyi tanımlanmış programlar gerektiren Airflow'un aksine NiFi, verilerin farklı hizmetler arasında sürekli olarak aktarılmasına olanak tanıyan bir akış işleme modunda çalışır.

> Apache NiFi, IoT cihazları, inşaat sensörleri, izleme sistemleri ve örneğin verilerdeki değişikliklere anında yanıt verilmesi gereken bir sunucuda CAD formatlarının akış doğrulaması ile entegrasyon için idealdir.

Yerleşik filtreleme, dönüştürme ve yönlendirme araçlarıyla NiFi, verilerin depolama veya analitik sistemlere aktarılmadan önce (Load) standartlaştırılmasına (Transform) olanak tanır. Ana avantajlarından biri, dahili güvenlik desteği ve erişim kontrolüdür, bu da onu hassas bilgilerin işlenmesi için güvenilir bir çözüm haline getirir.



Şekil 7.4-5 Apache NiFi arayüzündeki veri akışının grafiksel gösterimi.

Apache NiFi gerçek zamanlı veri akışı, filtreleme ve yönlendirme görevlerini verimli bir şekilde yerine getirir. Sistemler arasında istikrarlı bilgi aktarımının ve yüksek verimin önemli olduğu teknik açıdan yoğun senaryolar için idealdir.

Bununla birlikte, temel amaç çeşitli hizmetleri entegre etmek, rutin işlemleri otomatikleştirmek ve derin programlama bilgisi olmadan iş akışlarını hızlı bir şekilde kurmak olduğunda, düşük giriş eşiğine ve maksimum esnekliğe sahip çözümler talep edilmektedir. Böyle bir araç, iş otomasyonuna ve süreçlerin görsel olarak düzenlenmesine odaklanan Düşük Kodlu /Kodsuz sınıfı bir platform olan n8n 'dur.

n8n Low-Code, No-Code süreç orkestrasyonu

n8n, kullanım kolaylığı, esneklik ve çok çeşitli harici hizmetlerle hızlı bir şekilde entegre olma yeteneği ile karakterize edilen, otomatik iş akışları oluşturmak için Açık Kaynak Kodlu Düşük Kodlu / No-Code platformudur.

> **No-Code** kod yazmadan dijital ürünler yaratma yöntemidir. Mantıktan arayüze kadar sürecin tüm unsurları yalnızca görsel araçlar yardımıyla gerçekleştirilir. No-Code platformları, teknik altyapısı olmayan kullanıcılara yöneliktir ve hızlı bir şekilde otomasyonlar, formlar, entegrasyonlar ve web uygulamaları oluşturmanıza olanak tanır. Örnek: Bir kullanıcı, programlama bilgisi olmadan sürükle-bırak arayüzü aracılığıyla otomatik bildirim gönderimi veya Google Sheets entegrasyonu kurar.

Açık kaynak ve yerel dağıtım yetenekleriyle n8n otomasyon ve ETL Pipelines oluşturma süreçlerinde şirketlere verileri üzerinde tam kontrol sağlarken, güvenlik ve bulut sağlayıcılarından bağımsızlık sağlar.

Katı düzenlemeye sahip hesaplama görevlerine yönelik olan ve Python bilgisi gerektiren Apache Airflow 'un aksine, n8n programlama dilleri bilgisi gerektirmeden komut dosyası oluşturmaya izin veren görsel bir düzenleyici sağlar (Şekil 7.4-6). Arayüzü kod yazmadan otomatik süreçlerin oluşturulmasına izin verse de (No-Code), daha karmaşık senaryolarda kullanıcılar yetenekleri genişletmek için kendi JavaScript ve Python işlevlerini ekleyebilirler (Low-Code).

> **Low-Code**, bir uygulamanın veya sürecin temel mantığının bir grafik arayüz ve görsel öğeler kullanılarak oluşturulduğu ve program kodunun yalnızca işlevselliği özelleştirmek veya genişletmek için kullanıldığı bir yazılım geliştirme yaklaşımıdır. Low-Code platformları, yalnızca programcıları değil, aynı zamanda temel teknik becerilere sahip iş kullanıcılarını da dahil ederek çözümlerin geliştirilmesini önemli ölçüde hızlandırmaya olanak tanır. Örnek: bir kullanıcı hazır bloklardan bir iş süreci oluşturabilir ve gerekirse JavaScript veya Python ile kendi komut dosyasını ekleyebilir.

Her ne kadar n8n düşük giriş eşiğine sahip bir platform olarak konumlandırılmış olsa da, temel programlama bilgisi, web teknolojilerinin anlaşılması ve API ile çalışma becerileri gerekmektedir. Sistemin esnekliği, otomatik veri işlemeden mesajlaşma programları, IoT cihazları ve bulut hizmetleriyle entegrasyona kadar çok çeşitli görevlere uyarlanmasına olanak tanır.

n8n kullanmanın temel özellikleri ve faydaları:

- **Açık kaynak** ve yerel dağıtım seçenekleri tam veri kontrolü, güvenlik uyumluluğu ve bulut sağlayıcılarından bağımsızlık sağlar.
- CRM, ERP, e-ticaret, bulut platformları, mesajlaşma programları ve veritabanları dahil **330'dan fazla hizmetle entegrasyon.**
- **Senaryo esnekliği:** basit bildirimlerden taleplerinin API ile işlendiği karmaşık zincirlere, karar mantığına ve AI hizmetlerinin bağlantısına kadar.
- **JavaScript ve Python için destek:** kullanıcılar otomasyon yeteneklerini genişleterek gerektiğinde özel kod ekleyebilirler.
- **Sezgisel görsel arayüz:** tüm süreç adımlarını hızlı bir şekilde yapılandırmanıza ve görselleştirmenize olanak tanır.

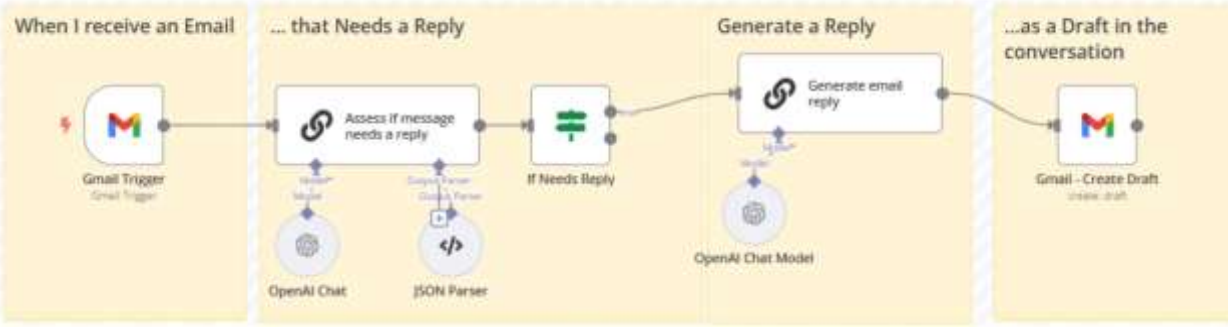
Low-Code sınıfı platformlar minimum kodla dijital çözümler oluşturmaya yönelik araçlar sunarak derin teknik uzmanlığa sahip olmayan ancak süreçleri otomatikleştirmesi gereken ekipler için idealdir.

İnşaatta, n8n proje yönetim sistemleriyle entegrasyon, akış kontrolü, kullanıma hazır raporları ve mektupları yazma, malzeme envanter verilerini otomatik olarak güncelleme, ekiplere görev durumu bildirimleri gönderme ve daha fazlası gibi çeşitli süreçleri otomatikleştirmek için kullanılabilir. n8n'deki özelleştirilmiş bir Boru Hattı manuel işlemleri kat kat azaltabilir, hata olasılığını azaltabilir ve proje yürütme için karar vermeyi hızlandırabilir.

> Hem inşaat iş akışlarını hem de kişisel görevleri otomatikleştirmek ve rutin işlemleri azaltmak için n8n.io/workflows adresinde bulunan yaklaşık iki bin hazır, ücretsiz ve açık kaynaklı n8n Boru Hattı arasından seçim yapabilirsiniz.

Gmail'de otomatik olarak taslak yanıtlar oluşturan (Şekil 7.4-6) ve çok sayıda e-posta alan veya yanıt oluşturmakta zorlanan kullanıcılara yardımcı olan n8n.io [142] adresinde ücretsiz olarak sunulan hazır Boru Hattı şablonlarından birini ele alalım.

Bu n8n "Gmail AI Otomatik Yanıtlayıcı: Gelen e-postalara taslak yanıtlar oluştur" şablonu (Şekil 7.4-6) ChatGPT'den LLM kullanarak gelen e-postaları analiz eder, bir yanıt gerekip gerekmediğini belirler, ChatGPT'den bir taslak oluşturur ve metni HTML 'ye dönüştürerek Gmail'deki ileti zincirine ekler. Bu işlem e-postayı otomatik olarak göndermez, yanıtı manuel olarak düzenlemenize ve onaylamanıza olanak tanır. Kurulum yaklaşık 10 dakika sürer ve Gmail API ve OpenAI API entegrasyonunun OAuth yapılandırmasını içerir. Sonuç, e-postaların içeriği üzerindeki kontrolü kaybetmeden rutin e-posta iletişimini otomatikleştirmek için kullanışlı ve ücretsiz bir çözümdür.



Şekil 7.4-6 n8n kullanarak otomatik e-posta yanıtı oluşturma süreci.

N8n ile otomasyonun bir başka örneği de emlak piyasasında harika fırsatlar bulmaktır [143]. N8n Pipeline "Automate daily property deals using Zillow API, Google Sheets and Gmail", Zillow API kullanarak verilen kriterlere uyan günlük ilgili teklifleri toplar. Temel yatırım metriklerini (Cash on Cash ROI, Monthly Cash Flow, Down Payment) otomatik olarak hesaplar, Google Sheets'i günceller ve e-postaya bir özet rapor göndererek (Şekil 7.4-7) yatırımcıların zamandan tasarruf etmelerini ve en iyi tekliflere hızlı bir şekilde yanıt vermelerini sağlar.

Şekil 7.4-7 Gayrimenkulün yatırım çekiciliğini değerlendirmek için otomatik süreç.

Esnekliği ve genişletilebilirliği, n8n 'yi nispeten basit ve ücretsiz açık kaynak araçlarıyla dijital dönüşüm gerçekleştirmek ve pazarda daha rekabetçi olmak isteyen şirketler için değerli bir araç haline

getirmektedir.

Apache NiFi, Airflow ve n8n gibi araçlar üç veri işleme katmanı olarak düşünülebilir (Şekil 7.4-8). NiFi veri akışını yöneterek teslim edilmesini ve dönüştürülmesini sağlar, Airflow verileri işleme boru hatlarında toplayarak görev yürütmeyi düzenler ve n8n harici hizmetlerle entegrasyonu otomatikleştirir ve iş mantığını yönetir.

	The main task	Approach
Apache NiFi	Streaming and data transformation	Real-time stream processing
Apache Airflow	Task orchestration, ETL pipelines	Batch planning, DAG processes
n8n	Integration, automation of business logic	Low-code visual orchestration

Şekil 7.4-8 Apache Airflow, Apache NiFi ve n8n modern veri yönetimi mimarisinin birbirini tamamlayan üç katmanı olarak görülebilir.

Bu ücretsiz ve açık kaynaklı araçlar birlikte, inşaat sektöründe veri ve süreç yönetimi için etkili bir ekosistem örneği oluşturarak şirketlerin karar verme ve süreç otomasyonu için bilgilerden yararlanmasını sağlar.

Sonraki adımlar: manuel işlemlerden analitik tabanlı çözümlere geçiş

Günümüzün inşaat şirketleri yüksek belirsizlik ortamında faaliyet göstermektedir: değişen malzeme fiyatları, geciken teslimatlar, işgücü kıtlığı ve sıkı proje teslim tarihleri. Analitik gösterge tablolarının, ETL konveyörlerinin ve BI sistemlerinin kullanımı, şirketlerin sorunlu alanları hızla belirlemelerine, kaynak verimliliğini değerlendirmelerine ve değişiklikleri mali kayıplara yol açmadan önce tahmin etmelerine yardımcı olur.

Bu bölümü özetlemek gerekirse, tartışılan teknolojileri günlük işlerinizde uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var:

- Veri görselleştirmeleri ve analitik gösterge panoları uygulamak
  - Temel performans göstergelerini (KPI'lar) izlemek için gösterge tabloları oluşturma sürecinde uzmanlaşın
  - Verileriniz için görselleştirme araçlarını kullanın (Power BI, Tableau, Matplotlib, Plotly)
- ETL -süreçleri aracılığıyla veri işlemeyi otomatikleştirin

- ETL süreçleri aracılığıyla çeşitli kaynaklardan (belgeler, tablolar, CAD) otomatik veri toplamanın ayarlanması
- Python komut dosyalarını kullanarak veri dönüşümünü (örn. düzenli ifade denetimi veya hesaplama) düzenleme
- Excel dosyalarındaki verileri kullanarak veya diğer PDF belgelerinden bilgi ayıklayarak FPDF kütüphanesi ile otomatik PDF (veya DOC) raporlaması oluşturmayı deneyin

- Otomasyon için dil modellerini (LLM) kullanın
  - Yapılandırılmamış belgelerden veri ayıklamaya ve analiz etmeye yardımcı olacak kod oluşturmak için büyük dil modellerini (LLM'ler) kullanma
  - n8n otomasyon aracını tanıyın ve web sitelerindeki hazır şablonları ve vaka çalışmalarını keşfedin. No-Code/Low-Code yaklaşımını kullanarak işinizdeki hangi süreçlerin tamamen otomatikleştirilebileceğini belirleyin

Veri ve süreç otomasyonuna analitik bir yaklaşım sadece rutin işlemler için harcanan zamanı azaltmakla kalmaz, aynı zamanda karar verme kalitesini de artırır. Görsel analitik araçları ve ETL - konveyörlerini uygulayan şirketler, değişikliklere hızlı tepki verme fırsatı elde eder

n8n, Airflow ve NiFi gibi araçları kullanarak iş süreçlerini otomatikleştirmek, dijital olgunluğa giden yolda yalnızca ilk adımdır. Bir sonraki adım ise otomasyonun temelini oluşturan verilerin kaliteli bir şekilde depolanması ve yönetilmesidir. Bölüm 8'de, inşaat şirketlerinin sürdürülebilir bir veri depolama mimarisini nasıl oluşturabileceklerini, belge ve çok formatlı dosya kaosundan merkezi depolama ve analiz platformlarına nasıl geçebileceklerini derinlemesine ele alıyoruz.

VIII KISIM

İNŞAATTA VERİLERİN DEPOLANMASI VE YÖNETİMİ

Bölüm 8, inşaat sektörü için modern veri depolama ve yönetim teknolojilerini incelemektedir. Basit CSV ve XLSX 'den daha yüksek performanslı Apache Parquet ve ORC'ye kadar büyük hacimli bilgilerin işlenmesine yönelik etkili formatları, bunların yetenekleri ve sınırlamalarının ayrıntılı bir karşılaştırmasıyla birlikte analiz etmektedir. Veri ambarları (DWH), veri gölleri) ve bunların hibrit çözümleri (Data Lakehouse) kavramlarının yanı sıra Veri Yönetişimi) ve Veri Minimalizmi) ilkeleri de ele alınmaktadır. Veri Bataklığı) sorunları ve bilgi sistemlerindeki kaosu önleme stratejileri ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Vektör veritabanları ve bunların Sınırlayıcı Kutu kavramı aracılığıyla yapıdaki uygulamaları da dahil olmak üzere verilerle çalışmaya yönelik yeni yaklaşımlar sunulmaktadır. Bu bölümde ayrıca veri iş akışlarının düzenlenmesine yönelik yeni standartlar olarak DataOps ve VectorOps metodolojilerine de değinilmektedir.

BÖLÜM 8.1.
VERİ ALTYAPISI: DEPOLAMA FORMATLARINDAN DİJİTAL HAVUZLARA

Veri atomları: etkili bilgi yönetiminin temeli

Evrendeki her şey en küçük yapı taşları olan atom ve moleküllerden oluşur ve zaman içinde tüm canlı ve cansız varlıklar kaçınılmaz olarak bu başlangıç durumuna geri döner. Doğada bu süreç, insan tarafından kontrol edilen süreçlere aktarmaya çalıştığımız şaşırtıcı bir hızla gerçekleşir.

> Ormanda yaşayan tüm organizmalar eninde sonunda yeni bitkilerin temelini oluşturan besleyici bir maddeye dönüşür. Bu bitkiler de milyonlarca yıl önce Evreni yaratan aynı atomlardan oluşan yeni canlılar için besin haline gelir.

İş dünyasında karmaşık, çok katmanlı yapıları en temel, en az işlenmiş birimlerine ayırmak da önemlidir - tıpkı doğadaki atomlar ve moleküller gibi. Bu, veri atomlarının verimli bir şekilde depolanmasına ve yönetilmesine olanak tanıyarak onları analitik ve karar kalitesinin büyümesi için kilit bir kaynak haline gelen zengin ve verimli bir temele dönüştürür.

Şekil 8.1-1 Analiz ve karar verme, bir zamanlar işlenmiş ve depolanmış olan yeniden kullanılan verilere dayanır.

Müzikal kompozisyonlar, karmaşık müzik parçalarını oluşturmak üzere bir araya gelen notalardan oluşurken, kelimeler de ilkel bir birim olan harf-sesten meydana gelir. İster doğa, ister bilim, ekonomi, sanat veya teknoloji olsun, dünya yıkım, yapı, döngü ve yaratım arayışında dikkate değer bir birlik ve

uyum sergiler. Benzer şekilde, maliyetlendirme sistemlerindeki süreçler de maliyetlendirme ve çizelgeler düzeyinde küçük yapılandırılmış birimlere - kaynak kalemlerine - ayrılır. Bu birimler, notlar gibi, daha sonra daha karmaşık hesaplamalar ve çizelgeler oluşturmak için kullanılır. Aynı prensip, karmaşık mimari ve mühendislik projelerinin temel unsurlardan - bireysel unsurlar ve kütüphane bileşenleri - oluşturulduğu bilgisayar destekli tasarım sistemleri tarafından da kullanılır ve bu unsurlardan karmaşık bir bina veya yapı projesinin eksiksiz bir 3D modeli oluşturulur.

> Doğada ve bilimde var olan döngüsellik ve yapı kavramı modern veri dünyasına da yansımaktadır. Doğada tüm canlıların atom ve moleküllere geri dönmesi gibi, modern veri işleme araçları dünyasında da bilgi en ilkel haline geri dönme eğilimindedir.

Sonlu bölünmezlikleriyle en küçük unsurlar, iş süreçlerinin temel yapı taşlarıdır. Bu küçük yapı taşlarının çeşitli kaynaklardan nasıl toplanacağı, yapılandırılacağı (atomlarına ayrılacağı) ve depolanacağı en başından itibaren dikkatlice düşünülmelidir. Verilerin düzenlenmesi ve depolanması sadece onları oluşturan parçalara ayrılması meselesi değildir. Verilerin ihtiyaç duyulduğunda kolayca alınabilmesi, analiz edilebilmesi ve karar verme sürecinde kullanılabilmesi için yapılandırılmış bir şekilde entegre edilmelerini ve saklanmalarını sağlamak da aynı derecede önemlidir.

Bilgiyi verimli bir şekilde işlemek için, tıpkı ağaçların büyümesi için toprağın hazırlanması gerektiği gibi, veri depolama biçimi ve yöntemleri de dikkatle seçilmelidir. Veri depoları, gereksiz veya ilgisiz verileri ortadan kaldırarak yüksek kalitede ve uygunlukta bilgi sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu "bilgi toprağı" ne kadar iyi yapılandırılırsa, kullanıcılar doğru verileri o kadar hızlı ve doğru bir şekilde bulabilir ve analitik sorunları çözebilir.

Bilgi depolama: dosyalar veya veriler

Veri ambarları, şirketlerin farklı sistemlerden bilgi toplayıp birleştirmesine ve daha ileri analizler için tek bir merkez oluşturmasına olanak tanır. Toplanan geçmiş veriler sadece süreçlerin daha derinlemesine analiz edilmesini değil, aynı zamanda iş performansını etkileyebilecek kalıpların belirlenmesini de sağlar.

Diyelim ki bir şirket aynı anda birkaç proje üzerinde çalışıyor. Bir mühendis ne kadar beton döküldüğünü ve hala ne kadar beton satın alınması gerektiğini anlamak istiyor. Geleneksel bir yaklaşımda, sunucuda manuel olarak arama yapması ve birkaç tahmin tablosu açması, bunları tamamlanan işlerin sertifikalarıyla karşılaştırması ve mevcut stok bakiyelerini kontrol etmesi gerekirdi. Bu saatler hatta günler alır. ETL süreçleri ve otomatik komut dosyalarıyla bile, görev yarı manuel olarak kalır: mühendisin hala sunucudaki klasörlerin veya belirli dosyaların yolunu manuel olarak belirtmesi gerekir. Bu, değerli çalışma zamanını almaya devam ettiği için otomasyonun genel etkisini azaltır.

Veri yönetimine geçildiğinde, mühendis sunucu dosya sistemiyle çalışmak yerine, bilgilerin gerçek zamanlı olarak güncellendiği birleşik bir depolama yapısına erişim elde eder. Veriler önceden hazırlanmış ve klasörler arasında dolaşmaya, düzinelerce dosya açmaya ve değerleri manuel olarak karşılaştırmaya gerek olmayan bir veri ambarında birleştirilmişse, kod, SQL sorgusu veya hatta bir LLM

aracı çağrısı biçimindeki tek bir sorgu, mevcut bakiyeler, gerçekleştirilen iş hacimleri ve yaklaşan teslimatlar hakkında anında doğru veriler sağlayabilir.

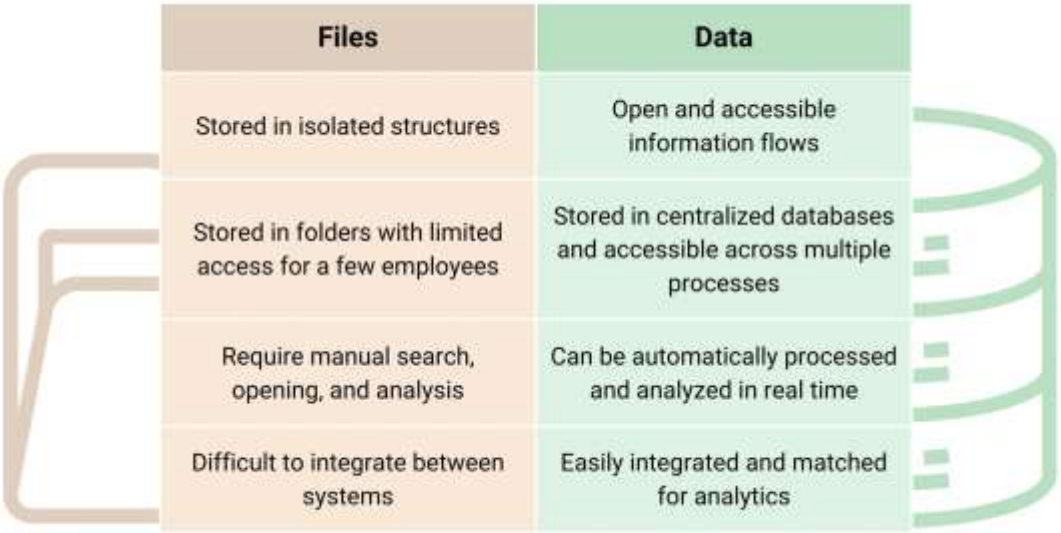
İnşaat şirketleri uzun bir süre boyunca PDF -dokümanlar, DWG -çizimler, RVT -modeller ve yüzlerce ve binlerce Excel -tablolar ve şirketin sunucularında belirli klasörlerde saklanan ve bilgi aramayı, kontrol etmeyi ve analiz etmeyi zorlaştıran diğer farklı formatları kullandı. Sonuç olarak, projelerin tamamlanmasından sonra kalan dosyalar çoğunlukla sunucuya geri taşınarak gelecekte pratikte kullanılmayacak olan arşiv depolama klasörlerine yerleştirilir. Bu tür geleneksel dosya tabanlı veri depolama, insan hatalarına karşı savunmasızlığı nedeniyle veri akışı arttıkça önemini yitirmektedir.

> **Dosya**, verilerin depolandığı izole bir kaptır. Dosyalar sistemler için değil insanlar için oluşturulur, bu nedenle manuel olarak açılmaları, okunmaları ve yorumlanmaları gerekir. İstenen bilgilere erişmek için belirli bir araçta özel olarak açılması gereken bir Excel -tablosu, bir PDF -belgesi veya bir CAD -çizimi örnek olarak verilebilir. Yapılandırılmış erişim ve işleme olmadan, içindeki bilgiler kullanılmadan kalır.
>
> **Veri** ise otomatik olarak bağlanan, güncellenen ve analiz edilen makine tarafından okunabilir bilgidir. Tek bir veri ambarında (örneğin veritabanı, DWH veya Data Lake), bilgiler tablolar, kayıtlar ve ilişkiler şeklinde temsil edilir. Bu sayede tek tip depolama, otomatik sorgular, değer analizleri ve gerçek zamanlı raporlama mümkün olur.

Dosyalar yerine verilerin kullanılması (Şekil 8.1-1) manuel arama sürecini ortadan kaldırmayı ve işlemleri birleştirmeyi mümkün kılar. Bu tür bir yaklaşımı halihazırda uygulayan şirketler, bilgiye erişim hızı ve iş süreçlerine hızlı bir şekilde entegre etme becerisi nedeniyle rekabet avantajı elde etmektedir.

> Dosya kullanımından veriye geçiş, inşaat sektörünün geleceğini şekillendirecek kaçınılmaz bir değişimdir.

İnşaat sektöründeki her şirket önemli bir seçimle karşı karşıya kalacak: Bilgileri, insanlar tarafından özel programlar kullanılarak okunması gereken farklı dosyalarda ve silolarda depolamaya devam etmek veya otomatik proje yönetimi için tek bir entegre dijital temel oluşturarak işlemenin ilk aşamalarında yapılandırılmış verilere dönüştürmek.



Files	Data
Stored in isolated structures	Open and accessible information flows
Stored in folders with limited access for a few employees	Stored in centralized databases and accessible across multiple processes
Require manual search, opening, and analysis	Can be automatically processed and analyzed in real time
Difficult to integrate between systems	Easily integrated and matched for analytics

Şekil 8.1-1 Bilgi akışının evrimi: izole dosyalardan entegre verilere.

Bilgi patlamasıyla birlikte, geleneksel dosya saklama ve işleme yöntemleri giderek daha az verimli hale geliyor. Diğer sektörlerde olduğu gibi inşaat sektöründe de farklı dosya formatlarına sahip ayrı dosya klasörlerine veya bağlantısız veri tabanlarına güvenmek artık yeterli değildir.

Dijital çağda rekabetçi kalmak isteyen şirketler kaçınılmaz olarak entegre dijital platformlara yönelecek, büyük veri teknolojilerinden ve otomatik analitik sistemlerinden yararlanacaktır.

Dosya tabanlı depolamadan veri odaklı iş akışlarına geçiş, bilgi yönetimi yaklaşımlarının yeniden düşünülmesini ve merkezi havuzlara daha fazla entegrasyon için uygun formatların bilinçli bir şekilde seçilmesini gerektirecektir. Bu seçim, verilerin ne kadar verimli işlenebileceğini, ne kadar hızlı erişilebileceğini ve bir şirketin dijital süreçlerine ne kadar kolay entegre edilebileceğini belirleyecektir.

Büyük Veri Depolama: Popüler Formatların ve Etkililiklerinin Analizi

Depolama biçimleri, analitik altyapısının ölçeklenebilirliği, güvenilirliği ve performansında önemli bir rol oynar. Verileri analiz etmek ve işlemek için - filtreleme, gruplama ve toplama gibi - örneklerimizde RAM'deki verilerle çalışmak için popüler bir yapı olan Pandas DataFrame kullanıldı.

Ancak Pandas DataFrame kendi depolama formatına sahip değildir, bu nedenle işleme tamamlandığında veriler harici formatlardan birine (çoğunlukla CSV veya XLSX) aktarılır. Bu tablo formatlarının değişimi kolaydır ve çoğu harici sistemle uyumludur, ancak düşük depolama verimliliği, sıkıştırma eksikliği ve zayıf sürüm oluşturma desteği gibi bir dizi sınırlamaya sahiptir:

- **CSV** (Virgülle Ayrılmış Değerler): çeşitli platformlar ve araçlar tarafından yaygın olarak desteklenen basit bir metin formatıdır. Kullanımı kolaydır ancak karmaşık veri türlerini ve sıkıştırmayı desteklemez.
- **XLSX** (Excel Open XML Spreadsheet): formüller, grafikler ve stil gibi sofistike özellikleri

destekleyen bir Microsoft Excel dosya formatı. Manuel veri analizi ve görselleştirme için kullanışlı olmakla birlikte, büyük ölçekli veri işleme için optimize edilmemiştir.

Popüler tablo şeklindeki XLSX ve CSV formatlarına ek olarak, yapılandırılmış verileri verimli bir şekilde depolamak için her biri belirli veri depolama ve analiz gereksinimlerine bağlı olarak benzersiz avantajlara sahip birkaç popüler format vardır (Şekil 8.1-2):

- **Apache Parquet**: veri analiz sistemlerinde kullanım için optimize edilmiş bir sütunlu veri depolama dosya formatıdır. Verimli veri sıkıştırma ve kodlama şemaları sunar, bu da onu karmaşık veri yapıları ve büyük veri işleme için ideal hale getirir.
- **Apache ORC** (Optimised Row Columnar): Parquet'e benzer şekilde, ORC yüksek sıkıştırma ve verimli veri depolama sağlar. Ağır okuma işlemleri için optimize edilmiştir ve veri göllerini depolamak için çok uygundur.
- **JSON** (JavaScript Object Notation): JSON, Parquet veya ORC gibi ikili formatlara kıyasla veri depolama açısından verimli olmasa da, çok erişilebilir ve üzerinde çalışması kolaydır, bu da onu okunabilirliğin ve web uyumluluğunun önemli olduğu komut dosyaları için ideal kılar.
- **Feather**: hızlı, hafif ve kullanımı kolay analitik yönelimli ikili sütunlu veri depolama formatıdır. Python (Pandas) ve R arasında verimli bir şekilde veri aktarmak için tasarlanmıştır, bu da onu bu programlama ortamlarını içeren projeler için mükemmel bir seçim haline getirir.
- **HDF5** (Hiyerarşik Veri Formatı sürüm 5): büyük miktarda veriyi depolamak ve düzenlemek için tasarlanmıştır. Çok çeşitli veri türlerini destekler ve karmaşık veri koleksiyonlarıyla çalışmak için çok uygundur. HDF5, büyük veri kümelerini verimli bir şekilde saklama ve bunlara erişme kabiliyeti nedeniyle özellikle bilimsel hesaplama alanında popülerdir.

	XLSX	CSV	Apache Parquet	HDF5	Pandas DataFrame
Storage	Tabular	Tabular	Columnar	Hierarchical	Tabular
Usage	Office tasks, data presentation	Simple data exchange	Big data, analytics	Scientific data, large volumes	Data analysis, manipulation
Compression	Built-in	None	High	Built-in	None (in-memory)
Performance	Low	Medium	High	High	High (memory dependent)
Complexity	High (formatting, styles)	Low	Medium	Medium	Low
Data Type Support	Limited	Very limited	Extended	Extended	Extended
Scalability	Low	Low	High	High	Medium (memory limited)

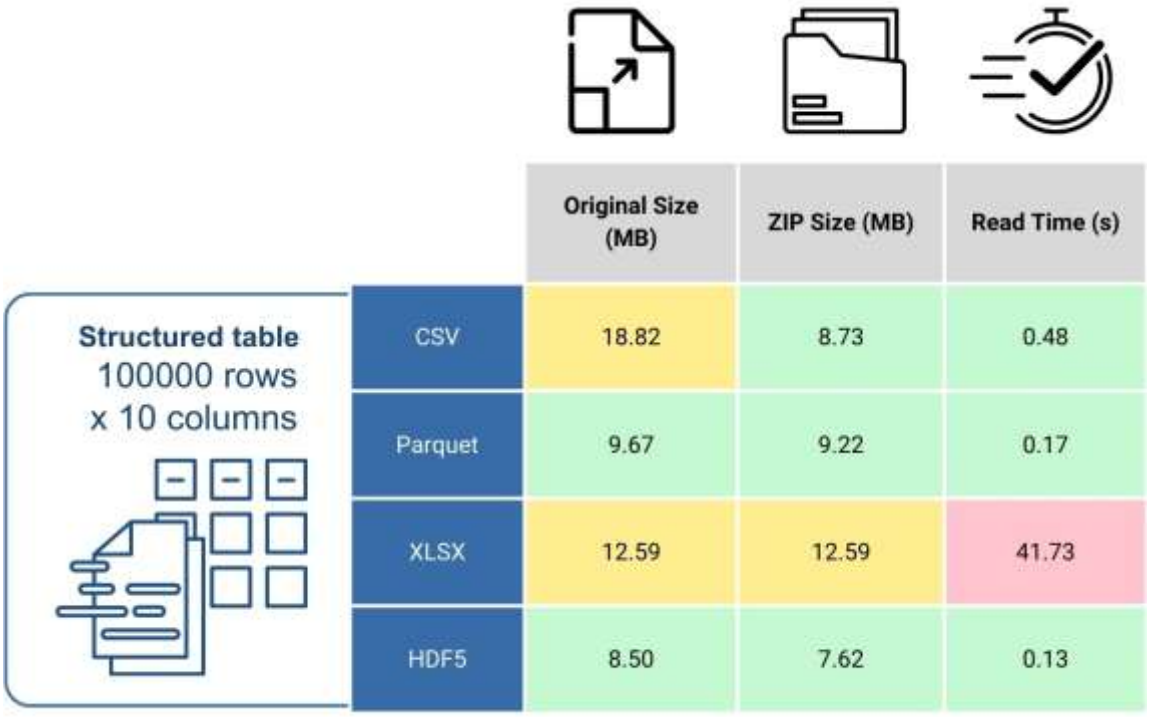
Şekil 8.1-2 Depolama ve işleme yönlerinden temel farklılıkları gösteren veri formatlarının karşılaştırılması.

ETL sürecinin Yükleme aşamasında kullanılan formatların karşılaştırmalı bir analizini yapmak için dosya boyutlarını ve okuma sürelerini gösteren bir tablo oluşturulmuştur (Şekil 8.1-3). Çalışmada aynı verilere sahip dosyalar kullanılmıştır: tabloda 10.000 satır ve rastgele değerlerle doldurulmuş 10 sütun bulunmaktadır.

Çalışmaya şu depolama formatları dahil edilmiştir: CSV, Parquet, XLSX ve HDF5'in yanı sıra bunların ZIP arşivlerindeki sıkıştırılmış versiyonları. Ham veriler NumPy kütüphanesi kullanılarak oluşturulmuş ve Pandas DataFrame yapısı olarak temsil edilmiştir. Test süreci aşağıdaki adımlardan oluşmuştur:

- Dosya kaydetme: veri çerçevesi dört farklı formatta kaydedilir: CSV, Parquet, XLSX ve HDF5. Her format, verileri saklama biçiminde, dosya boyutunu ve okuma hızını etkileyen benzersiz özelliklere sahiptir.
- ZIP dosyası sıkıştırma: standart sıkıştırmanın etkinliğini analiz etmek için her dosya ayrıca bir ZIP arşivine sıkıştırılmıştır.
- Dosya okuma (ETL - Yük): ZIP'ten açıldıktan sonra her dosya için okuma süresi ölçülmüştür. Bu, arşivden çıkarıldıktan sonra veri erişim hızının tahmin edilmesini sağlar.

Pandas DataFrame'in kendi başına bir depolama formatını temsil etmediği için boyut veya okuma süresi analizinde doğrudan kullanılmadığını belirtmek önemlidir. Yalnızca verilerin oluşturulması ve daha sonra farklı formatlara kaydedilmesi için bir ara yapısı olarak hizmet etmiştir.



	Original Size (MB)	ZIP Size (MB)	Read Time (s)
CSV	18.82	8.73	0.48
Parquet	9.67	9.22	0.17
XLSX	12.59	12.59	41.73
HDF5	8.50	7.62	0.13

Şekil 8.1-3 Depolama formatlarının boyut ve okuma hızına göre karşılaştırılması.

CSV ve HDF5 dosyaları yüksek sıkıştırma verimliliği gösterir (Şekil 8.1-3), ZIP içinde paketlendiklerinde boyutlarını önemli ölçüde azaltır, bu da depolama optimizasyonu gerektiren senaryolarda özellikle

yararlı olabilir. Öte yandan XLSX dosyaları neredeyse hiç sıkıştırılamaz ve ZIP içindeki boyutları orijinaliyle karşılaştırılabilir kalır, bu da onları büyük veri hacimlerinde veya veri erişim hızının önemli olduğu ortamlarda kullanım için daha az elverişli hale getirir. Buna ek olarak, XLSX'in okuma süresi diğer formatlara kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir, bu da hızlı veri okuma işlemleri için daha az tercih edilmesine neden olur. Apache Parquet sütunlu yapısı nedeniyle analitik görevler ve büyük veri hacimleri için yüksek performans göstermiştir.

Apache Parquet ile depolamayı optimize edin

Büyük verilerin depolanması ve işlenmesi için kullanılan popüler formatlardan biri Apache Parquet'tir. Bu format özellikle sütunlu depolama için tasarlanmıştır (Pandas'a benzer şekilde), bu da bellek ayak izini önemli ölçüde azaltmanıza ve analitik sorguların hızını artırmanıza olanak tanır. CSV ve XLSX gibi geleneksel formatların aksine, Parquet yerel sıkıştırmayı destekler ve Spark, Hadoop ve bulut depolama gibi büyük veri sistemleri için optimize edilmiştir.

> Parquet 'un temel özellikleri arasında, depolama boyutunu önemli ölçüde azaltan ve tüm veri satırları yerine doğrudan istenen sütunlar üzerinde çalışarak veri okuma işlemlerini hızlandıran veri sıkıştırma ve kodlama desteği bulunmaktadır.

Verileri Apache Parquet'e dönüştürmek için gerekli kodu elde etmenin ne kadar kolay olduğuna dair açıklayıcı bir örnek için, LLM'yi kullanalım.

- LLM sohbetine bir metin isteği gönderin (CHATGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN):

  > Pandas DataFrame 'den Apache Parquet 'ye veri kaydetmek için kod yazın. ⏎

- LLM'nin yanıtı:

Create in LLM Chat

Pandas to parquet.py

```python
import pandas as pd

# Create a DataFrame with construction data
construction_data = {
    'project_id': [1, 2, 3, 4],
    'project_name': ['Tower A', 'Bridge B', 'Road C', 'Tunnel D'],
    'location': ['City X', 'City Y', 'City Z', 'City W'],
    'cost_million_usd': [200, 150, 100, 300]
}
df_projects = pd.DataFrame(construction_data)

# Write the DataFrame to the parquet file
parquet_path_projects = '/tmp/construction_data/projects.parquet'
df_projects.to_parquet(parquet_path_projects)

print("Construction project data saved in Lakehouse").
```

Run in IDE

Şekil 8.1-4 Veri çerçevesi verilerinin RAM'den depolama açısından verimli Apache Parquet formatına birkaç satır Python kullanarak aktarılması.

Sonraki örnek: projeleri "cost_million_usd" özniteliklerinden birinin belirli bir değerine göre filtrelemek için Parquet biçiminde depolanan verilerle ETL sürecini simüle edelim (Şekil 8.1-4).

- Sohbet devam ederken, LLM adresine bir metin isteği gönderin:

> Bir tablodaki verileri filtrelemek ve Apache Parquet verilerinden yalnızca maliyeti (cost_million_usd parametresi) 150 milyon doları aşan projeleri (tablo satırları) kaydetmek istediğimiz kodu yazın. ⏎

LLM'nin yanıtı:

Şekil 8.1-5 Apache Parquet formatındaki verilerle çalışırken ETL süreci diğer yapılandırılmış formatlarla aynı görünür.

Parquet formatını kullanarak (XLSX, CSV, vb. ile ilişkili olarak) depolanan bilgi miktarını önemli ölçüde azaltır ve arama işlemlerini hızlandırır. Bu da onu hem veri depolamak hem de analiz etmek için mükemmel hale getirir. Parquet, çeşitli işleme sistemleriyle entegre olarak hibrit mimarilerde verimli erişim sağlar.

Ancak verimli bir depolama formatı, eksiksiz bir veri deneyiminin yalnızca bir unsurudur. Sürdürülebilir ve ölçeklenebilir bir ortam yaratmak için iyi tasarlanmış bir veri yönetimi mimarisi gereklidir. DWH (Veri Ambarı) sınıfı sistemler bu işlevi yerine getirir. Heterojen kaynaklardan gelen verilerin toplanmasını, iş süreçlerinin şeffaflığını ve BI araçları ve makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak karmaşık analiz imkanı sağlarlar.

DWH: Veri Ambarı veri ambarları

Parquet formatının büyük miktarda bilginin verimli bir şekilde depolanması için optimize edilmesi Veri Ambarı da analitik tahmin ve yönetim karar verme süreçlerini desteklemek üzere verilerin entegre edilmesi ve yapılandırılması için optimize edilmiştir.

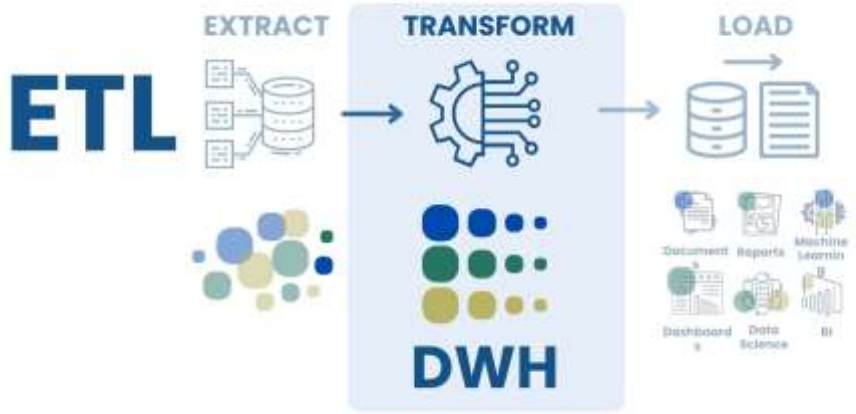
Günümüz şirketlerinde veriler birçok farklı kaynaktan gelmektedir: ERP, CAFM, CPM, CRM sistemleri, muhasebe ve depo yönetimi, binaların dijital CAD modelleri, IoT sensörleri ve diğer çözümler. Bütünsel bir resim elde etmek için sadece veri toplamak yeterli değildir; bu verilerin tek bir havuzda organize edilmesi, standartlaştırılması ve merkezileştirilmesi gerekir. DWH tam olarak bunu yapar - çeşitli kaynaklardan gelen bilgileri toplamanıza, yapılandırmanıza ve analitik ve stratejik yönetim için kullanılabilir hale getirmenize olanak tanıyan merkezi bir depolama sistemi.

DWH (Veri Ambarı), birden fazla kaynaktan gelen bilgileri toplayan, yapılandıran ve analitik ve raporlama için kullanılabilir hale getiren merkezi bir veri ambarı sistemidir.

Birçok şirkette veriler, kitabın ilk bölümlerinde ele aldığımız farklı sistemlere dağılmış durumdadır (Şekil 1.2-4). DWH bu kaynakları entegre ederek bilginin tam şeffaflığını ve güvenilirliğini sağlar. Bir DWH veri ambarı, birden fazla kaynaktan veri toplayan, işleyen ve depolayan özel bir veritabanıdır (büyük bir veritabanı). Bir DWH'nin temel özellikleri şunlardır:

- **ETL -süreçlerini** (Extract, Transform, Load**) kullanarak-** kaynaktan veri çekilmesi, temizlenmesi, dönüştürülmesi, havuza yüklenmesi ve kitabın yedinci bölümünde ele alınan bu süreçlerin otomatikleştirilmesi.
- **Veri tanecikliliği** - DWH'deki veriler hem toplu halde (özet raporlar) hem de tanecikli halde (ham veriler) depolanabilir. 2024'ten itibaren tanecikli verilerden bahsetmeye başlayanlar CAD- satıcılarıdır [125], bu da belki de sektörün dijital bina modeli verilerini işlemek için özel bulut depolamaya geçmeye hazırlandığını göstermektedir.
- **Analitik ve tahmine dayalı** - veri ambarlarının **desteklenmesi** iş zekası araçları, Büyük Veri - analizi ve makine öğrenimi için temel sağlar.

DWH, temel performans göstergelerinin analizine, satış, satın alma ve maliyet tahminlerine ve otomatik raporlama ve veri görselleştirmeye olanak tanıyan iş zekası için temel oluşturur (Şekil 8.1-6).



Şekil 8.1-6 Bir ETL sürecinde, DWH çeşitli sistemlerden çıkarılan verilerin dönüştürme ve boşaltma aşamalarından geçtiği merkezi bir depo görevi görebilir.

DWH bilgilerin entegre edilmesi, temizlenmesi ve yapılandırılmasında kilit bir rol oynayarak iş zekası ve karar alma süreçleri için sağlam bir temel sağlar. Ancak, veri hacimlerinin hızla arttığı ve veri kaynaklarının giderek çeşitlendiği günümüz ortamında, bilgi depolamaya yönelik geleneksel DWH yaklaşımı genellikle ELT ve Veri Gölü şeklinde genişletme gerektirmektedir

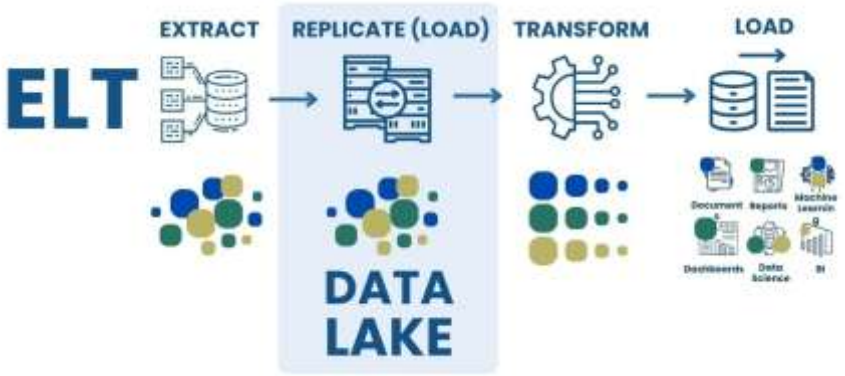
Veri Gölü - ETL'nin evrimi ELT'ye: geleneksel temizlikten esnek işlemeye

Yapılandırılmış verileri analitik sorgular için optimize edilmiş bir formatta depolamak üzere tasarlanan klasik DWH - veri ambarları, yapılandırılmamış verileri işleme ve ölçeklenebilirlik konusunda sınırlamalarla karşılaşmıştır. Bu zorluklara yanıt olarak, büyük miktarlarda heterojen veri için esnek depolama sunan Veri Gölleri) ortaya çıkmıştır.

> **Data Lake**, önceden katı bir şema olmadan yapılandırılmamış, yarı yapılandırılmış ve ham verilerle çalışmaya olanak tanıyan alternatif bir DWH yaklaşımı sunar. Bu depolama yöntemi genellikle gerçek zamanlı veri işleme, makine öğrenimi ve gelişmiş analitik ile ilgilidir. Yüklemeden önce verileri yapılandıran ve toplayan DWH'nin aksine, Veri Gölü bilginin ham haliyle depolanmasına izin verir, böylece esneklik ve ölçeklenebilirlik sağlar

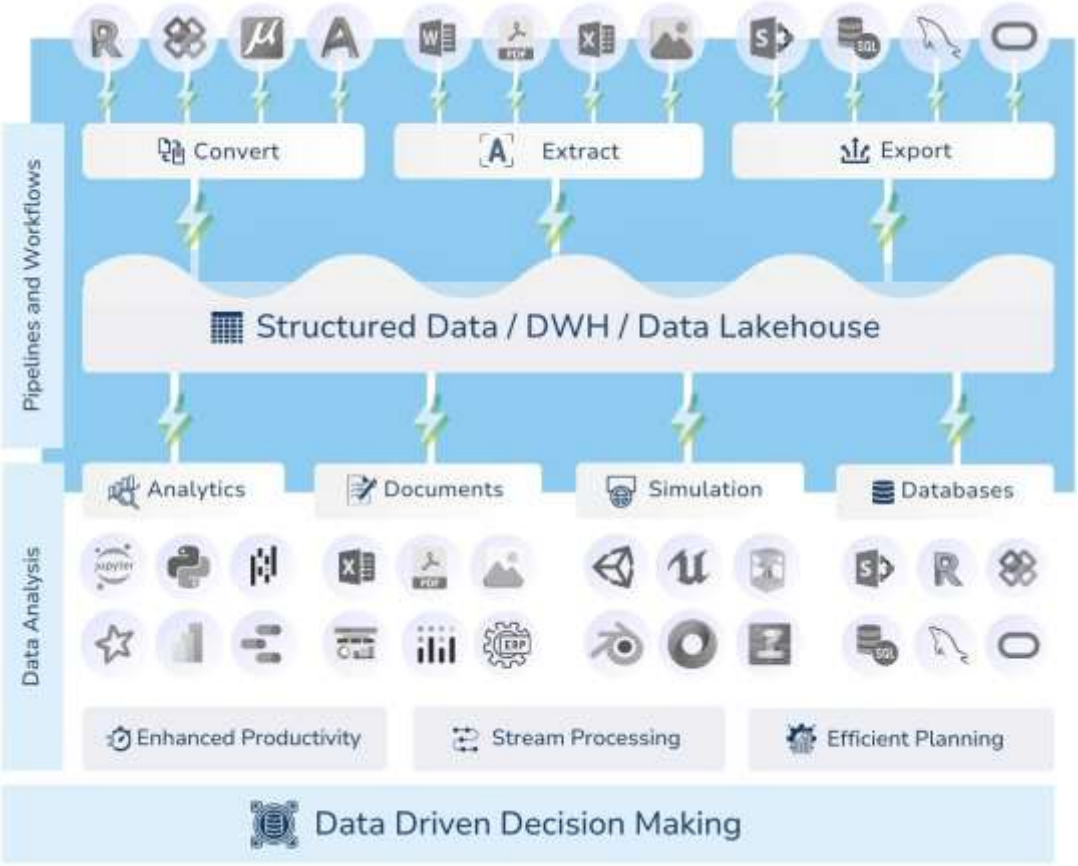
Geleneksel veri ambarlarından (RDBMS, DWH) duyulan hayal kırıklığı ve "büyük veriye" duyulan ilgi, karmaşık ETL yerine verilerin artık basitçe gevşek yapılandırılmış bir depoya yüklendiği ve işlemenin analiz aşamasında gerçekleştiği veri göllerinin ortaya çıkmasına neden oldu:

- Geleneksel veri ambarlarında, veriler ambara yüklenmeden önce tipik olarak önceden işlenir, dönüştürülür ve temizlenir (ETL - Extract, Transform, Load) (Şekil 8.1-6). Bu, verilerin yapılandırıldığı ve gelecekteki belirli analitik ve raporlama görevleri için optimize edildiği anlamına gelir. Yüksek sorgu performansı ve veri bütünlüğünün korunması üzerinde durulur. Ancak bu yaklaşım yeni veri türlerinin ve hızla değişen veri şemalarının entegre edilmesi açısından maliyetli ve daha az esnek olabilir.
- Veri gölleri ise büyük miktarda ham veriyi orijinal formatında depolamak üzere tasarlanmıştır (Şekil 8.1-7). ETL (Extract, Transform, Load), sürecinin yerini ELT (Extract, Load, Transform) almaktadır; burada veriler önce "olduğu gibi" depoya yüklenir ve ancak daha sonra gerektiği gibi dönüştürülebilir ve analiz edilebilir. Bu, daha fazla esneklik ve metin, görüntü ve günlükler gibi yapılandırılmamış veriler de dahil olmak üzere heterojen verileri depolama yeteneği sağlar.



Şekil 8.1-7 ETL 'den farklı olarak Veri Gölü, bilginin ilk olarak "ham" formda yüklendiği ve yükleme aşamasında dönüşümün gerçekleştirildiği ELT 'yi kullanır.

Geleneksel veri ambarları yüksek sorgu performansı sağlamak için verilerin önceden işlenmesine odaklanırken veri gölleri esnekliğe öncelik verir: ham verileri depolar ve gerektiğinde dönüştürürler (Şekil 8.1-8).



Şekil 8.1-8 Modern depolama konseptleri, karar verme amacıyla her türlü veriyi depolamayı ve işlemeyi amaçlamaktadır.

Ancak tüm avantajlarına rağmen veri göllerinin dezavantajları da yok değildir. Katı bir yapının olmaması ve bilgi yönetiminin karmaşıklığı, verilerin yinelendiği, birbiriyle çeliştiği veya alakasız hale geldiği bir kaosa yol açabilir. Buna ek olarak, böyle bir havuzda veri aramak ve analiz etmek, özellikle heterojen bilgilerle uğraşırken önemli ölçüde çaba gerektirir. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek ve geleneksel veri ambarları ile veri göllerinin en iyi özelliklerini birleştirmek için Data Lakehouse mimarisi geliştirilmiştir.

Data Lakehouse mimarisi: ambarlar ve veri göllerinin sinerjisi

DWH'nin (yapılandırılmış, yönetilebilir, yüksek performanslı analitik) ve Data Lake'in (ölçeklenebilirlik, heterojen verilerin işlenmesi) en iyi özelliklerini birleştirmek için Data Lakehouse yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu mimari, veri göllerinin esnekliğini geleneksel ambarlara özgü güçlü işleme ve yönetim araçlarıyla birleştirerek depolama, analitik ve makine öğrenimi arasında bir denge

kurmaktadır. Data Lakehouse, veri gölleri ve veri ambarlarının bir sentezidir ve ilkinin esnekliğini ve ölçeklenebilirliğini ikincisinin yönetilebilirliği ve sorgu optimizasyonu ile birleştirir.

> **Data Lakehouse** veri göllerinin esnekliğini ve ölçeklenebilirliğini veri ambarlarının yönetilebilirliği ve sorgu performansı ile birleştirmeyi amaçlayan bir mimari yaklaşımdır (Şekil 8.1-9).

Data Lakehouse 'un temel özellikleri şunlardır:

- **Açık veri depolama formatı:** veri depolama için Apache Parquet gibi açık formatların kullanılması verimlilik ve optimize edilmiş sorgular sağlar.
- Salt okunur **şema:** DWH'deki geleneksel salt yazılabilir şema yaklaşımının aksine, Lakehouse veri yapısının yönetiminde daha fazla esneklik sağlayan salt okunur bir şemayı destekler.
- **Esnek ve ölçeklenebilir**: yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin depolanmasını ve analizini destekler, depolama düzeyinde optimizasyon yoluyla yüksek sorgu performansı sağlar.

Data Lakehouse her iki yaklaşımın avantajlarını bir araya getiren uzlaşmacı bir çözüm sunarak veri işlemede esneklik gerektiren modern analitik iş yükleri için idealdir.

Şekil 8.1-9 Data Lakehouse karmaşık ve sürekli değişen gereksinimleri karşılamak üzere tasarlanmış yeni nesil depolama sistemleridir.

Modern veri ambarlarının arkasındaki fikir basit görünmektedir: tüm veriler tek bir yerdeyse, analiz etmek daha kolaydır. Ancak pratikte her şey o kadar da pürüzsüz değildir. Bir şirketin olağan muhasebe ve yönetim sistemlerini (ERP, PMIS, CAFM veya diğerleri) tamamen terk etmeye karar verdiğini ve bunları herkesin erişebileceği büyük bir veri gölü ile değiştirdiğini düşünün. Peki ne olacak? Büyük olasılıkla kaos ortaya çıkacaktır: veriler yinelenecek, çelişkili olacak ve kritik bilgiler kaybolacak veya

bozulacaktır. Veri gölü yalnızca analitik için kullanılsa bile, uygun yönetim olmadan ciddi şekilde tehlikeye girecektir:

- Verilerin anlaşılması zordur: geleneksel sistemlerde veriler net bir yapıya sahiptir, ancak bir gölde, sadece büyük bir dosya ve tablo birikimidir. Bir şeyi bulmak için, uzmanın her satır ve sütunun neyden sorumlu olduğunu bulması gerekir.
- Veriler hatalı olabilir: aynı bilginin birçok versiyonu tek bir yerde saklanıyorsa, hangi versiyonun güncel olduğunu bilmek zordur. Sonuç olarak, kararlar eski veya hatalı verilere dayalı olarak alınır.
- Verileri iş için hazırlamak zordur: veriler yalnızca depolanmakla kalmamalı, aynı zamanda uygun bir biçimde - raporlar, grafikler, tablolar şeklinde - sunulmalıdır. Geleneksel sistemlerde bu otomatik olarak yapılır, ancak veri göllerinde ek işlem gerektirir.

Sonuç olarak, her bir veri ambarı konseptinin kendine has özellikleri, işleme yaklaşımları ve iş uygulamaları vardır. Geleneksel veri tabanları işlemsel operasyonlara odaklanır, veri ambarları (DWH) analitik için bir yapı sağlar, veri gölleri (Data Lake) bilgileri ham halde depolar ve hibrit ambarlar (Data Lakehouse) DWH ve Data Lake'in avantajlarını birleştirir (Şekil 8.1-10).

	Traditional Approach	Data Warehouse	Data Lake	Data Lakehouse
Data Types	Relational Databases	Structured, ready for analytics	Raw, semi-structured, or unstructured	Mix of structured and unstructured
Use Cases	Transactional Systems	Reporting, dashboards, BI	Big data storage, AI, advanced analytics	Hybrid analytics, AI, real-time data
Processing	OLTP – real-time transactions	ETL – clean and structure before analysis	ELT – store raw data, transform later	ELT with optimized storage and real-time processing
Storage	On-premise servers	Centralized, SQL-based	Decentralized, flexible formats	Combines advantages of DWH and DL
Common Tools	MySQL, PostgreSQL	Snowflake, Redshift, BigQuery	Hadoop, AWS S3, Azure Data Lake	Databricks, Snowflake, Google BigLake

Şekil 8.1-10 DWH, Data Lake ve Data Lakehouse: veri türleri, kullanım senaryoları, işleme yöntemleri ve depolama yaklaşımlarındaki temel farklılıklar.

Bir depolama mimarisi seçmek, iş ihtiyaçlarına, bilgi hacmine ve analitik gereksinimlerine bağlı olarak karmaşık bir süreçtir. Her çözümün artıları ve eksileri vardır: DWH yapı sağlar, Data Lake esneklik sağlar ve Lakehouse ikisi arasında bir denge sağlar. Kuruluşlar nadiren tek bir veri mimarisiyle sınırlıdır.

> Seçilen mimari ne olursa olsun, otomatik veri yönetim sistemleri manuel yöntemlere göre önemli ölçüde üstündür. İnsan hatasını en aza indirir, bilgi işlemeyi hızlandırır ve iş süreçlerinin tüm aşamalarında verilerin şeffaflığını ve izlenebilirliğini sağlarlar.

Merkezi veri ambarları ekonominin birçok alanında bir endüstri standardı haline gelmiş olsa da, inşaat

sektöründeki durum parçalı kalmaya devam etmektedir. Buradaki veriler farklı platformlara (CDE, PMIS, ERP, vb.) dağıtılmıştır, bu da neler olup bittiğine dair birleşik bir resim oluşturmayı zorlaştırır ve bu kaynakları bütünsel, analitik olarak kullanılabilir bir dijital ortamda birleştirebilen mimariler gerektirir.

CDE, PMIS, ERP veya DWH ve Veri Gölü

Bazı inşaat ve mühendislik şirketleri ISO 19650 uyarınca Ortak Veri Ortamı (CDE) kavramını zaten kullanmaktadır. Temelde CDE, diğer sektörlerdeki veri ambarı (DWH) ile aynı işlevleri yerine getirir: bilgiyi merkezileştirme, sürüm kontrolü sağlama, onaylanmış bilgiye erişim sağlama.

> **Ortak Veri Ortamı (CDE**), bir tesisin yaşam döngüsünün tüm aşamaları boyunca proje bilgilerini yönetmek, depolamak, paylaşmak ve işbirliği yapmak için kullanılan merkezi bir dijital alandır. CDE genellikle bulut tabanlı teknolojiler kullanılarak uygulanır ve CAD (BIM) sistemleri ile entegre edilir.

Finans, perakende, lojistik ve sanayi sektörleri onlarca yıldır merkezi veri yönetim sistemlerini kullanmakta, farklı kaynaklardan gelen bilgileri birleştirmekte, uygunluğunu kontrol etmekte ve analitik sağlamaktadır. CDE bu ilkeleri bina tasarımı ve yaşam döngüsü yönetiminin zorluklarına uyarlayarak daha da ileri götürmektedir.

DWH gibi CDE de verileri yapılandırır, değişiklikleri yakalar ve doğrulanmış bilgilere tek bir noktadan erişim sağlar. Buluta geçiş ve analitik araçlarla entegrasyonla birlikte, ikisi arasındaki farklar giderek daha az belirgin hale gelmektedir. CDE'ye 2023[93, 125] yılından bu yana CAD satıcıları tarafından tartışılan granüler veriler eklendiğinde klasik DWH ile daha da fazla paralellik görülebilir.

Daha önce "İnşaat ERP ve PMIS sistemleri" bölümünde PMIS (Proje Yönetim Bilgi Sistemi) ve ERP'yi (Kurumsal Kaynak Planlaması) incelemiştik. İnşaat projelerinde, CDE ve PMIS birlikte çalışır: CDE çizimler, modeller ve proje dokümantasyonu gibi veriler için bir havuz görevi görürken, PMIS teslim tarihlerini, görevleri, kaynakları ve bütçeleri kontrol etmek gibi süreçleri yönetir.

İşletmeyi bir bütün olarak (finans, satın alma, personel, üretim) yönetmekten sorumlu olan ERP, şirket düzeyinde maliyet ve bütçe kontrolü sağlayan PMIS ile entegre olabilir. Analitik ve raporlama için, DWH finansal KPI'ları (ROI) değerlendirmek ve kalıpları belirlemek amacıyla CDE, PMIS ve ERP'den veri toplamak, yapılandırmak ve bir araya getirmek için kullanılabilir. Buna karşılık, Veri Gölü (DL) ham ve yapılandırılmamış verileri (örneğin, günlükler, sensör verileri, görüntüler) depolayarak DWH'yi tamamlayabilir. Bu veriler işlenebilir ve daha fazla analiz için DWH'ye yüklenebilir.

> Bu nedenle, CDE ve PMIS proje yönetimine, ERP iş süreçlerine ve DWH ve Data Lake analitik ve veri işlemlerine odaklanmaktadır.

CDE, PMIS ve ERP sistemleri DWH ve Data Lake ile karşılaştırıldığında, satıcı bağımsızlığı, maliyet, entegrasyon esnekliği, veri bağımsızlığı, değişime uyum hızı ve analitik yetenekler açısından önemli

farklılıklar görülebilir (Şekil 8.1-11). CDE, PMIS ve ERP gibi geleneksel sistemler genellikle belirli satıcı çözümlerine ve standartlarına bağlıdır, bu da onları daha az esnek hale getirir ve lisanslar ve destek nedeniyle maliyetlerini artırır. Buna ek olarak, bu tür sistemlerdeki veriler genellikle tescilli, kapalı formatlarda kapsüllenmekte, bu da kullanımlarını ve analizlerini sınırlamaktadır.

	CDE, PMIS, ERP	DWH, Data Lake
Vendor Dependency	High (tied to specific solutions and standards of vendors)	Low (flexibility in tool and platform choice)
Integration Flexibility	Limited (integration depends on vendor solutions)	High (easily integrates with various data sources)
Cost	High (licensing and support costs)	Relatively lower (use of open technologies and platforms)
Data Independence	Low (data often locked in proprietary formats)	High (data stored in open and accessible formats)
Adaptability to Changes	Slow (changes require vendor approval and integration)	Fast (adaptation and data structure modification without intermediaries)
Analytical Capabilities	Limited (dependent on vendor-provided solutions)	Extensive (support for a wide range of analytical tools)

Şekil 8.1-11 DWH ve Data Lake CDE, PMIS ve ERP gibi sistemlere göre daha fazla esneklik ve veri bağımsızlığı sunar.

Buna karşılık, DWH ve Data Lake farklı veri kaynaklarıyla entegrasyonda daha fazla esneklik sağlar ve açık teknolojilerin ve platformların kullanımı toplam sahip olma maliyetini azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca DWH ve Data Lake, analiz ve yönetim yeteneklerini geliştiren çok çeşitli analitik araçları desteklemektedir.

> CAD formatları için tersine mühendislik araçlarının geliştirilmesi ve CAD uygulama veritabanlarına erişimin sağlanmasıyla birlikte şu soru giderek daha keskin bir hal alıyor: Tasarım verilerinin düzinelerce yüklenici ve tasarım kuruluşunda çalışan çok çeşitli uzmanların erişimine açık olması gerekiyorsa kapalı, izole platformları kullanmaya devam etmek ne kadar doğru?

Bu satıcıya özgü teknoloji bağımlılığı, veri yönetimi esnekliğini önemli ölçüde sınırlayabilir, proje değişikliklerine verilen yanıtları yavaşlatabilir ve katılımcılar arasında etkili işbirliğini engelleyebilir.

Veri yönetimine yönelik geleneksel yaklaşımlar - DWH, Data Lake, CDE ve PMIS dahil olmak üzere - öncelikle bilgilerin depolanması, yapılandırılması ve işlenmesine odaklanmıştır. Ancak yapay zekanın ve makine öğreniminin gelişmesiyle birlikte verileri yalnızca bir araya getirmekle kalmayıp aynı zamanda karmaşık ilişkileri ortaya çıkaran, gizli kalıpları bulan ve en alakalı bilgilere anında erişim sağlayan yeni düzenleme yöntemlerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Vektör veritabanları - yüksek boyutlu yerleştirmeler için optimize edilmiş yeni bir depolama türü - bu yönde özel bir rol oynamaya başlıyor.

BÖLÜM 8.2.
VERİ AMBARI YÖNETİMİ VE KAOSUN ÖNLENMESİ

Vektör Veritabanları ve Sınırlayıcı Kutu

Vektör veritabanları sadece veri depolamakla kalmayan, aynı zamanda anlama göre arama yapmaya, nesneleri anlamsal yakınlığa göre karşılaştırmaya ve tavsiyelerden otomatik analiz ve bağlam oluşturmaya kadar akıllı sistemler oluşturmaya olanak tanıyan yeni bir depo sınıfıdır. Tam eşleşmelere odaklanan geleneksel veritabanlarının aksine vektör veritabanları, tam eşleşme olmasa bile özniteliklere dayalı olarak benzer nesneleri bulur

> **Bir vektör** veritabanı verileri her biri belirli özellikleri veya nitelikleri temsil eden çok boyutlu vektörler olarak depolayan özel bir veritabanı türüdür. Bu vektörler, verilerin karmaşıklığına bağlı olarak farklı sayıda boyuta sahip olabilir (bir durumda birkaç boyut olabilirken, başka bir durumda binlerce boyut olabilir).

Vektör veritabanlarının temel avantajı, değerlerin tam olarak eşleştirilmesinden ziyade anlamsal alaka düzeyine göre arama yapılmasıdır. "Equals" veya "contains" filtreli SQL ve Pandas sorguları yerine, özellik uzayında en yakın komşuların aranması (k-NN) (kitabın bir sonraki bölümünde k-NN hakkında daha fazla konuşacağız) kullanılır.

LLM (Büyük Dil Modelleri) ve üretken modellerin geliştirilmesiyle, veritabanlarıyla etkileşim değişmeye başlıyor. Artık verileri doğal dilde sorgulamak, belgeler üzerinde anlamsal aramalar yapmak, anahtar terimleri otomatik olarak çıkarmak ve nesneler arasında bağlamsal ilişkiler kurmak mümkündür - bunların hepsi SQL konusunda uzmanlığa veya tablo yapısı bilgisine ihtiyaç duymadan yapılabilir. Bu konu "LLM'ler ve bunların veri işleme ve iş süreçlerindeki rolü" bölümünde daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

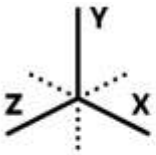
Ancak, LLM'lerin bilgileri otomatik olarak yapılandırmadığını ve sıraya koymadığını fark etmek önemlidir. Model sadece veriler arasında gezinir ve sorgunun bağlamına göre en alakalı veri parçasını bulur. Veriler önceden temizlenmemiş veya dönüştürülmemişse, derin arama dijital "çöp" içinde bir cevap bulmaya çalışmak gibi olacaktır - işe yarayabilir, ancak sonuçların kalitesi daha düşük olacaktır. İdeal olan, verilerin yapılandırılabilmesi (örneğin, belgelerin Markdown'a çevrilmesi) ve bir vektör veritabanına yüklenebilmesidir. Bu, çıktının doğruluğunu ve alaka düzeyini önemli ölçüde artırır.

> Başlangıçta, vektör veritabanları makine öğreniminde kullanılıyordu, ancak bugün bunun dışında arama motorlarında, içerik kişiselleştirmede ve akıllı analitikte giderek daha fazla uygulama buluyorlar.

İnşaatta vektör yaklaşımının en belirgin örneklerinden biri Sınırlayıcı Kutu (bounding parallelepiped). Üç boyutlu uzayda bir nesnenin sınırlarını tanımlayan geometrik bir yapıdır. Sınırlayıcı Kutu, nesnenin

etrafında bir "kutu" oluşturan minimum ve maksimum X, Y ve Z koordinatları ile tanımlanır. Bu yöntem, tüm geometriyi analiz etmek zorunda kalmadan bir elemanın boyutunu ve yerleşimini tahmin etmenizi sağlar.

Her bir Sınırlayıcı Kutu çok boyutlu bir uzayda bir vektör olarak temsil edilebilir: örneğin [x, y, z, genişlik, yükseklik, derinlik] - zaten 6 boyut (Şekil 8.2-1).



Bounding Box

	minX	maxX	minY	maxY	minZ	maxZ	Width	Height	Depth
Column	-15	-5	-25	-15	0	10	10	10	20
Stairs	-5	5	-15	-5	0	10	10	10	10
Door	5	15	5	15	0	10	10	10	10
Window	25	35	-35	-25	10	30	10	20	20
Balcony	15	25	-5	5	20	40	10	20	20

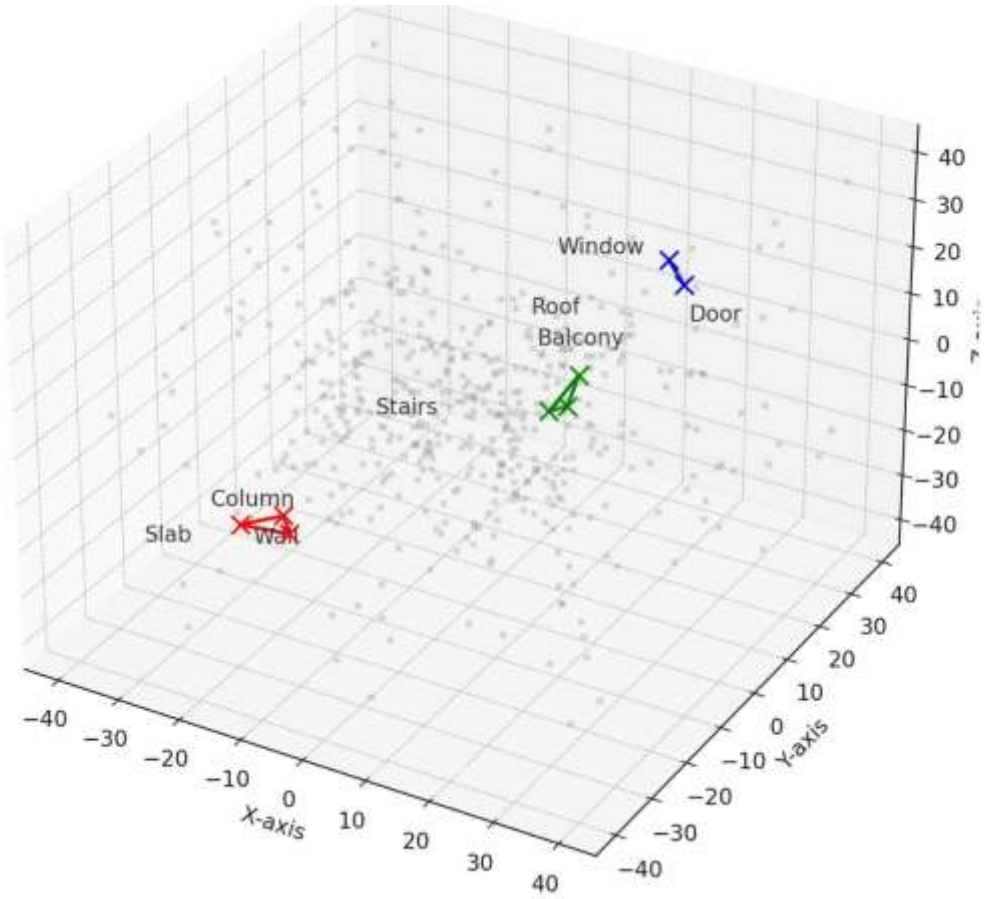
Şekil 8.2-1 Bounding Box -eleman koordinat bilgileri ve bunların proje modelindeki konumları bir vektör veritabanına benzer.

Bu veri temsili, nesneler arasındaki kesişimlerin kontrol edilmesi, yapı elemanlarının mekansal dağılımının planlanması ve otomatik hesaplamaların yapılması gibi birçok görevi kolaylaştırır. Bounding Box karmaşık 3B modeller ile geleneksel vektör veritabanları arasında bir köprü görevi görerek mimari ve mühendislik modellemesinde her iki yaklaşımın avantajlarını etkin bir şekilde kullanmanızı sağlar

> Bounding Box "geometrinin vektörleştirilmesi" ve embedding (soyut bir şeyi dönüştürmenin bir yolu) "anlamın vektörleştirilmesi "dir. Her iki yaklaşım da ister bir proje modelindeki 3D nesneler ister bir metindeki kavramlar olsun, manuel aramadan akıllı aramaya geçmenizi sağlar.

Projedeki nesnelerin aranması (örneğin, "genişliği > 1,5 m olan tüm pencereleri bul"), kriterlerin özellik uzayında bir "bölge" tanımladığı bir vektör veritabanındaki en yakın komşuların (k-NN) aranmasına benzer. (k-NN en yakın komşu arama hakkında makine öğrenimi ile ilgili bir sonraki bölümde daha fazla konuşacağız) (Şekil 8.2-2). Sınırlayıcı kutu niteliklerine ek parametreler (malzeme, ağırlık, üretim süresi) eklersek, tablo her bir niteliğin yeni bir boyut olduğu yüksek boyutlu bir vektöre dönüşür. Bu, boyutların yüzlerce veya binlerce sayıldığı modern vektör tabanlarına daha yakındır (örneğin, sinir ağlarından

gömülmesi).



Şek. 8.2-2 Vektör veritabanlarını kullanarak projedeki nesneleri arayın.

Bounding Box'ta kullanılan yaklaşım, sadece geometrik nesnelere değil, aynı zamanda metin ve dil analizine de uygulanabilir. Verilerin vektör temsilleri doğal dil işlemede (NLP) zaten aktif olarak kullanılmaktadır. Bir inşaat projesindeki nesnelerin mekansal yakınlıklarına göre gruplandırılabilmesi gibi (Şekil 8.2-2), bir metindeki kelimeler de anlamsal ve bağlamsal yakınlıklarına göre analiz edilebilir.

Örneğin, "mimar", "inşaat", "tasarım" kelimeleri benzer anlamlara sahip oldukları için vektör uzayında yan yana yer alacaktır. LLM'de bu mekanizma otomatik olarak, manuel kategorizasyon gerektirmeden:

- Bir metnin konusunu belirleyebilme
- Belgelerin içeriği üzerinde anlamsal aramalar gerçekleştirin
- Otomatik ek açıklamalar ve metin özetleri oluşturun
- Eşanlamlıları ve ilgili terimleri bulun

Vektör veritabanları, Bounding Box 'un 3D modellerindeki uzamsal nesneleri analiz etmenize yardımcı olduğu gibi metni analiz etmenize ve içindeki ilgili terimleri bulmanıza olanak tanır. Proje öğelerinin

Bounding Box örneği, vektör temsilinin ML'den tamamen "yapay" bir kavram olmadığını, ister bir CAD projesindeki sütunları aramak ister bir veritabanındaki anlamsal olarak yakın görüntüleri aramak olsun, uygulamalı sorunları çözmek için verileri yapılandırmanın doğal bir yolu olduğunu anlamaya yardımcı olur.

> Veritabanları ile çalışan uzmanlar vektör depolarına dikkat etmelidir. Bunların yaygınlaşması, klasik ilişkisel sistemler ile yapay zeka odaklı teknolojilerin iç içe geçmeye başladığı ve geleceğin hibrit çözümlerini oluşturduğu veritabanı gelişiminde yeni bir aşamaya işaret etmektedir.

Karmaşık ve büyük ölçekli AI uygulamaları geliştiren kullanıcılar, vektör araması için özel veritabanları kullanacaktır. Aynı zamanda, mevcut uygulamalara entegrasyon için yalnızca ayrı YZ işlevlerine ihtiyaç duyanların, halihazırda kullandıkları veritabanlarında (PostgreSQL, Redis) dahili vektör arama yeteneklerini seçmeleri daha olasıdır.

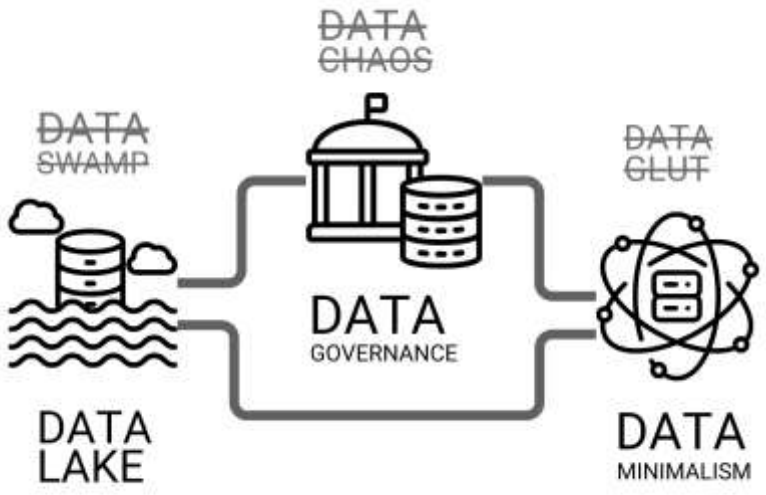
DWH, Data Lake, CDE, PMIS, vektör veritabanları ve diğerleri gibi sistemler veri depolama ve yönetimine farklı yaklaşımlar sunsa da, bunların etkinliği yalnızca mimarileriyle değil, aynı zamanda verilerin kendisinin ne kadar iyi organize edildiği ve yönetildiği ile de belirlenir. İster vektör veritabanları, ister klasik ilişkisel DBMS'ler veya Data Lake tipi ambarlar olsun, modern çözümler kullanılırken bile verilerin yönetilmesi, yapılandırılması ve güncellenmesi için net kuralların olmaması, farklı dosyalar ve çok formatlı verilerle çalışan kullanıcıların karşılaştığı aynı zorluklara yol açabilir.

Veri Yönetişimi) olmadan, en güçlü çözümler bile kaotik ve yapılandırılmamış hale gelebilir ve veri göllerini Veri Bataklıklarına) dönüştürebilir. Bundan kaçınmak için şirketler yalnızca doğru depolama mimarisini seçmekle kalmamalı, aynı zamanda verileri etkili bir karar verme aracına dönüştürmek için Veri Minimalizmi), erişim yönetimi ve kalite kontrol stratejilerini de uygulamalıdır.

Veri Yönetişimi), Veri Minimalizmi) ve Veri Bataklığı)

Veri Yönetişimi), Veri Minimalizmi) ve Veri Bataklığının önlenmesi) kavramlarının anlaşılması ve uygulanması, veri ambarlarının başarılı bir şekilde yönetilmesi ve iş değerinin sağlanması için kilit öneme sahiptir (Şekil 8.2-3).

> Gartner (2017) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, büyük veri projelerinin%85'i başarısız olmaktadır ve bunun temel nedenlerinden biri yetersiz veri kalitesi ve veri yönetimidir [144].



Şekil 8.2-3 Veri yönetişiminin temel yönlerinden bazıları Veri Yönetişimi ve Veri Minimalizmi 'dir.

Veri Yönetişimi (Data Governance), verilerin tüm iş süreçlerinde uygun ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayan veri yönetiminin temel bir bileşenidir. Sadece kurallar ve prosedürler oluşturmakla değil, aynı zamanda verilerin kullanılabilirliğini, güvenilirliğini ve güvenliğini sağlamakla da ilgilidir:

- verilerinin tanımlanması ve sınıflandırılması: Varlıkların açıkça tanımlanması ve sınıflandırılması, kuruluşların şirkette hangi varlıklara ihtiyaç duyulduğunu anlamasına ve bunların nasıl kullanılması gerektiğini belirlemesine olanak tanır.
- Erişim hakları ve yönetimi: verilere erişim ve yönetim için politikalar ve prosedürler geliştirmek, yalnızca yetkili kullanıcıların belirli verilere erişebilmesini sağlar.
- Verilerin dış tehditlerden korunması: Verilerin dış tehditlerden korunması, veri yönetiminin kilit bir yönüdür. Bu sadece teknik önlemleri değil, aynı zamanda çalışanların bilgi güvenliğinin temelleri konusunda eğitilmesini de içerir.

Veri Minimalizmi (Veri Minimalizmi), verilerin oluşumdaki en değerli ve anlamlı niteliklere ve varlıklara indirgenmesine yönelik bir yaklaşımdır (Şekil 8.2-4), böylece maliyetler azaltılır ve veri kullanımı iyileştirilir:

- Karar vermeyi basitleştirme: Nesnelerin sayısını ve niteliklerini en alakalı olanlara indirgemek, verileri analiz etmek ve işlemek için gereken zamanı ve kaynakları azaltarak karar vermeyi basitleştirir.
- Önemli olana odaklanmak: En ilgili varlıkları ve öznitelikleri seçmek, gürültüyü ve gereksiz verileri ortadan kaldırarak iş için gerçekten önemli olan bilgilere odaklanmanızı sağlar.
- Verimli kaynak tahsisi: veri minimizasyonu daha verimli kaynak tahsisi sağlar, veri depolama ve işleme maliyetlerini azaltır, veri kalitesini ve güvenliğini artırır.

Verilerle çalışma mantığı, verilerin oluşturulmasıyla değil (Şekil 8.2-4), daha oluşturma süreci

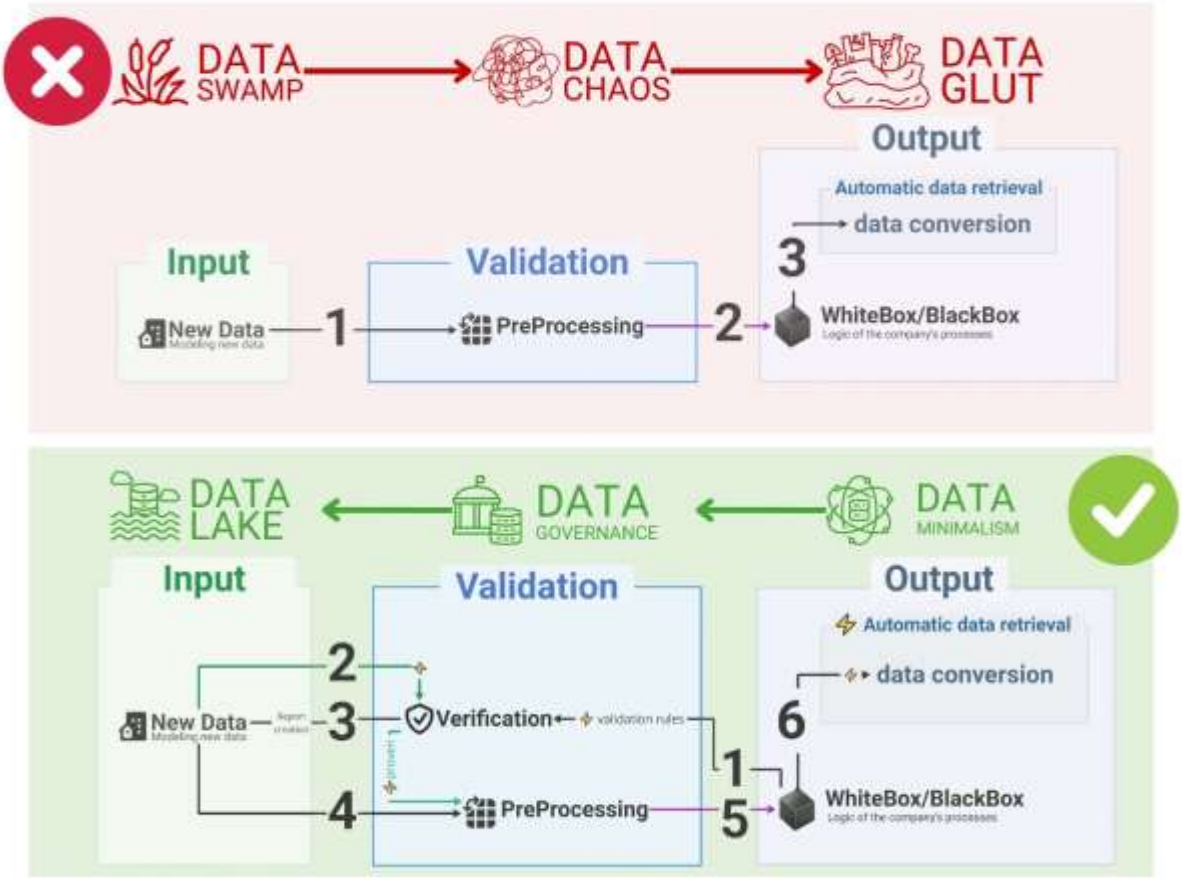
başlamadan önce bu verilerin kullanılmasına ilişkin gelecek senaryoların anlaşılmasıyla başlamalıdır. Bu yaklaşım, nitelikler, türleri ve sınır değerleri için gerekli minimum gereksinimlerin önceden tanımlanmasını sağlar. Bu gereksinimler, bilgi modelinde doğru ve istikrarlı varlıkların oluşturulması için temel oluşturur. Verilerin amaç ve kullanımlarının önceden anlaşılması, analiz için uygun bir yapının oluşmasına katkıda bulunur. Kavramsal, mantıksal ve fiziksel seviyelerde veri modelleme yaklaşımları hakkında daha fazla ayrıntı "Veri modelleme: kavramsal, mantıksal ve fiziksel model" bölümünde ele alınmıştır.

> İnşaat şirketlerinin geleneksel iş süreçlerinde, veri işleme daha çok verilerin önce oluşturulduğu ve daha sonra uzmanların bunları diğer sistemlere ve araçlara entegre etmeye çalıştığı bir bataklığa atılmasına benzemektedir.

Veri Bataklığı (Data Swamp), uygun organizasyon, yapılandırma ve yönetim olmaksızın verilerin kontrolsüz bir şekilde toplanması ve depolanması sonucu ortaya çıkan, yapılandırılmamış, kullanımı zor ve değeri az olan verilerdir.

Bilgi akışının bir bataklığa dönüşmesi nasıl engellenir?

- **Veri yapısı yönetimi:** verilerinin yapılandırılmış ve kategorize edilmiş olmasını sağlamak, düzenli ve kolay erişilebilir hale getirerek veri yığılmasını önlemeye yardımcı olur.
- Verilerin anlaşılması **ve yorumlanması**: veri kaynaklarının, değişikliklerinin ve anlamlarının açık bir şekilde tanımlanması, verilerin doğru bir şekilde anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlar.
- **Veri kalitesini korumak**: düzenli veri bakımı ve temizliği, analitik ve iş süreçleri için veri kalitesini, uygunluğunu ve değerini korumaya yardımcı olur.



Şekil 8.2-4 Veri ambarında dağınıklığı önlemek için, veri oluşturma sürecine öznitelik gereksinimlerini toplayarak başlamalısınız.

> Veri yönetişimi ve veri minimalizmi ilkelerini veri yönetimi süreçlerine entegre ederek ve veri ambarlarının veri bataklığına dönüşmesini aktif bir şekilde önleyerek kuruluşlar verilerinin potansiyelini en üst düzeye çıkarabilir.

Yönetim ve minimalizm sorunlarını çözdükten sonra, verilerle çalışmanın evrimindeki bir sonraki aşama, otomatik işleme, kalite güvencesi ve verileri analiz, dönüştürme ve karar verme için kullanılabilir hale getiren yöntemlerin uygulanmasının standartlaştırılmasıdır. Büyük veri ve makine öğrenimi ile çalışan şirketler için önemli araçlar haline gelen DataOps ve VectorOps metodolojilerinin yaptığı da budur.

DataOps ve VectorOps: yeni veri standartları

Data Governance verilerin kontrol edilmesi ve düzenlenmesinden sorumluyken, DataOps verilerin doğruluğunu, tutarlılığını ve şirket içinde sorunsuz akışını sağlamaya yardımcı olur. Bu, verilerin sürekli olarak üretildiği ve zamanında işlenmesini gerektiren inşaat sektöründeki bazı iş durumları için özellikle

kritiktir. Örneğin, bina bilgi modellerinin, proje gereksinimlerinin ve analitik raporların tek bir iş günü içinde farklı sistemler arasında senkronize edilmesi gereken durumlarda DataOps'un rolü kilit olabilir. İstikrarlı ve tekrarlanabilir veri işleme süreçleri oluşturmanıza olanak tanıyarak gecikme riskini ve bilginin alaka düzeyinin kaybolmasını azaltır.

Veri Yönetişimi tek başına yeterli değildir - verilerin yalnızca depolanması değil, günlük operasyonlarda aktif olarak kullanılması da önemlidir. Otomasyon, entegrasyon ve sürekli veri akışına odaklanan bir metodoloji olan DataOps işte bu noktada devreye giriyor.

> **DataOps** kuruluşlardaki veri akışlarının işbirliğini, entegrasyonunu ve otomasyonunu geliştirmeye odaklanır. DataOps uygulamalarının benimsenmesi, veri merkezli uygulamalar için kritik öneme sahip olan veri doğruluğunu, tutarlılığını ve kullanılabilirliğini destekler.

DataOps ekosistemindeki temel araçlar, iş akışı düzenlemesi için Apache Airflow (Şekil 7.4-4) ve veri akışlarını yönlendirmek ve dönüştürmek için Apache NiFi (Şekil 7.4-5). Bu teknolojiler birlikte, bilgileri otomatik olarak işlemek, kontrol etmek ve sistemler arasında entegre etmek için esnek, güvenilir ve ölçeklenebilir veri boru hatları sağlar (daha fazla ayrıntı "Otomatik ETL - konveyör " bölümünde). İnşaat süreçlerinde DataOps yaklaşımını uygularken dört temel hususu göz önünde bulundurmak önemlidir:

1. **İnsanlar ve araçlar verilerden daha önemlidir**: silo halindeki veri havuzları büyük bir sorun olarak görülebilir, ancak gerçek daha karmaşıktır. Veri parçalanmasına ek olarak, ekiplerin izolasyonu ve kullandıkları farklı araçlar da önemli bir rol oynamaktadır. İnşaat sektöründe farklı disiplinlerden uzmanlar verilerle çalışmaktadır: veri mühendisleri ve analistleri, iş zekası ve görselleştirme ekipleri ile proje yönetimi ve kalite uzmanları. Her birinin farklı çalışma yöntemleri vardır, bu nedenle verilerin katılımcılar arasında serbestçe aktığı ve tek, tutarlı bir bilgi sürümü sağlayan bir ekosistem oluşturmak önemli hale gelir.
2. **Test ve hata tespitini otomatikleştirin**: İnşaat verileri, modellerdeki yanlışlıklar, hesaplama hataları veya güncel olmayan spesifikasyonlar gibi her zaman hatalar içerir. Verilerin düzenli olarak test edilmesi ve tekrar eden hataların ortadan kaldırılması veri kalitesini önemli ölçüde artırabilir. DataOps'un bir parçası olarak, veri doğruluğunu izleyen, hataları analiz eden ve kalıpları belirleyen ve her iş akışındaki sistem hatalarını yakalayıp ele alan otomatik kontroller ve doğrulama mekanizmaları uygulamanız gerekir. Otomatik doğrulama derecesi ne kadar yüksek olursa, genel veri kalitesi o kadar yüksek ve son aşamalarda hata olasılığı o kadar düşük olur.
3. **Veri, program koduyla aynı şekilde test edilmelidir**: çoğu bina uygulaması veri işlemeye dayanır, ancak kontrolü genellikle ikincil rollere bırakılır. Makine öğrenimi modelleri yanlış veriler üzerinde eğitilirse yanlış tahminlere ve mali kayıplara yol açar. DataOps kapsamında veriler, yazılım koduyla aynı titiz incelemeye tabi tutulmalıdır: mantık kontrolleri, stres testleri, girdi değerleri değiştiğinde modellerin davranışının değerlendirilmesi. Sadece doğrulanmış ve güvenilir veriler yönetim kararları için temel olarak kullanılabilir.
4. **Performanstan ödün vermeden veri gözlemle**nebilirliği: veri izleme sadece bir metrik koleksiyonu değil stratejik bir kalite yönetim aracıdır. DataOps 'un etkili bir şekilde çalışabilmesi

için, tasarımdan işletime kadar veri işlemenin tüm aşamalarında gözlemlenebilirlik sağlanmalıdır. Aynı zamanda, izlemenin sistemi yavaşlatmaması da önemlidir. İnşaat projelerinde, sadece veri toplamak değil, aynı zamanda bunu, verileri oluşturan profesyonellerin (örneğin tasarımcılar) çalışmalarının hiçbir şekilde kesintiye uğramayacağı şekilde yapmak da kritik önem taşır. Bu denge, üretkenlikten ödün vermeden veri kalitesini kontrol etmenizi sağlar.

DataOps veri bilimcileri için ek bir yük değil, işlerinin belkemiğidir. İnşaat şirketleri DataOps'u uygulayarak kaotik veri yönetiminden, verilerin iş için çalıştığı verimli bir ekosisteme geçebilir.

VectorOps ise DataOps'un evrimindeki bir sonraki aşamayı temsil etmektedir, çok boyutlu vektör verilerinin işlenmesi, depolanması ve analiz edilmesine odaklanmıştır (önceki bölümde ele alınmıştır). Bu, özellikle inşaat sektörüne girmeye başlayan dijital ikizler, sinir ağı modelleri ve semantik arama gibi alanlarla ilgilidir. VectorOps, nesnelerin çok boyutlu temsillerini verimli bir şekilde depolamak, indekslemek ve aramak için vektör veritabanlarına dayanır.

> **VectorOps**, DataOps'tan sonraki adımdır ve vektör verilerinin işlenmesi, analiz edilmesi ve inşaatta kullanılmasına odaklanır. Veri akışı, tutarlılığı ve kalitesine odaklanan DataOps'un aksine VectorOps, makine öğrenimi için gerekli olan çok boyutlu nesne temsillerini yönetmeye odaklanır.

Geleneksel yaklaşımların aksine VectorOps, dijital ikizler, jeneratif tasarım sistemleri ve vektör formatına dönüştürülen CAD verilerinde otomatik hata tespiti için kritik önem taşıyan daha doğru nesne tanımları elde etmenizi sağlar. DataOps ve VectorOps'un birlikte uygulanması, klasik tablolardan semantik açıdan zengin uzamsal modellere kadar büyük hacimli bilgilerle ölçeklenebilir, otomatikleştirilmiş çalışma için sağlam bir temel oluşturur

Sonraki adımlar: kaotik depolamadan yapılandırılmış depolamaya

Veri depolamanın oluşturulmasına yönelik geleneksel yaklaşımlar, genellikle analiz ve karar verme için önemli içgörülere erişilemeyen farklı "bilgi silolarının" oluşturulmasıyla sonuçlanır. Veri Ambarı, Veri Gölü ve bunların melezleri gibi modern depolama konseptleri, farklı bilgilerin birleştirilmesini ve veri akışı ve iş zekası için merkezi bir şekilde kullanılabilir hale getirilmesini mümkün kılar. Sadece doğru depolama mimarisini seçmek değil, aynı zamanda depolama tesislerinin kontrol edilemez Veri Bataklıkları haline gelmesini önlemek için Veri Yönetişimi) ve Veri Minimalizmi) uygulamak da önemlidir.)

Bu bölümü özetlemek gerekirse, ele alınan kavramları günlük işlerinize uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var:

- Verimli veri depolama formatlarını seçin
  - ☐ Büyük miktarda veriyi depolamak için CSV ve XLSX formatlarından daha verimli formatlara (Apache Parquet, ORC) geçin
  - ☐ Değişiklikleri takip etmek için bir veri versiyonlama sistemi uygulayın

- ☐ Bilginin yapısını ve kaynağını tanımlamak için meta verileri kullanma
- Birleşik bir şirket veri mimarisi oluşturun
  - ☐ Farklı depolama mimarilerini karşılaştırın: RDBMS, DWH ve Data Lake. Ölçeklenebilirlik, kaynak entegrasyonu ve analitik işleme ihtiyaçlarınızı en iyi karşılayanı seçin
  - ☐ Görevleriniz için çeşitli kaynaklardan veri çıkarma, yükleme ve dönüştürme (ETL) için bir süreç haritası tasarlayın. Önemli adımları ve entegrasyon noktalarını görselleştirmek için Miro, Lucidchart veya Draw.io gibi görselleştirme araçlarını kullanın
- Veri Yönetişimi uygulamalarını hayata geçirme ve Veri Minimalizmi
  - ☐ Veri Minimalizmi yaklaşımını izleyin - yalnızca gerçekten değerli olanları depolayın ve işleyin
  - ☐ Veri Yönetişimi ilkelerini uygulayın - veriler için sorumluluk tanımlayın, kalite ve şeffaflığı sağlayın
  - ☐ Veri yönetimi politikaları ve DataOps kavramları hakkında daha fazla bilgi edinin, VectorOps
  - ☐ Veri kalitesi kriterlerini ve DataOps içinde veri doğrulama prosedürlerini tanımlayın

İyi organize edilmiş veri depolama, bir şirketin analitik süreçlerinin merkezileştirilmesi için temel oluşturur. Dosyaların kaotik birikiminden yapılandırılmış depolara geçiş, bilginin bilinçli kararlar alınmasına ve iş süreçlerinin verimliliğinin artırılmasına yardımcı olan stratejik bir varlığa dönüştürülmesini sağlar.

Veri toplama, dönüştürme, analiz ve yapılandırılmış depolama süreçleri otomatikleştirilip standart hale getirildikten sonra, dijital dönüşümün bir sonraki aşaması Büyük Verinin tam teşekküllü olarak ele alınmasıdır.

IX KISIM

BÜYÜK VERI, MAKINE ÖĞRENIMI VE TAHMINLER

Dokuzuncu bölüm inşaat sektöründe büyük veri, makine öğrenimi ve tahmine dayalı analitik konularına odaklanmaktadır. Sezgisel karar verme sürecinden geçmiş verilere dayalı objektif analizlere geçişi incelemektedir. San Francisco inşaat ruhsatı veri setinin ayrıştırılmasından CAD'in işlenmesine kadar inşaatta büyük veri analizini göstermek için pratik örnekler kullanılmaktadır - milyonlarca öğe içeren projeler. Doğrusal regresyon ve k-en yakın komşu algoritmalarının ayrıntılı bir tartışması ile inşaat projelerinin maliyetini ve programını tahmin etmek için makine öğrenimi yöntemlerine özellikle dikkat edilmektedir. Yapılandırılmış verilerin riskleri değerlendirmek, kaynakları optimize etmek ve proje yönetimi verimliliğini artırmak için öngörücü modellerin temelini nasıl oluşturduğu gösterilmektedir. Bu bölümde ayrıca temsili veri örneklerinin nasıl seçileceğine ilişkin tavsiyeler sunulmakta ve etkili analizler için neden her zaman büyük veri setlerine ihtiyaç duyulmadığı açıklanmaktadır.

BÖLÜM 9.1.
BÜYÜK VERI VE ANALIZI

İnşaat sektöründe büyük veri: sezgiden öngörülebilirliğe

"Büyük veri" teriminin kesin bir tanımı yoktur. Bu kavram ilk olarak, bilgi hacmi geleneksel işleme yöntemlerinin kapasitesini aşmaya başladığında ortaya çıkmıştır. Günümüzde, inşaat da dahil olmak üzere birçok sektördeki verilerin hacmi ve karmaşıklığı o kadar artmıştır ki, bilgisayarların yerel belleğine sığmamakta ve işlenmesi için yeni teknolojilerin kullanılmasını gerektirmektedir.

Büyük veri ile çalışmanın özü sadece depolama ve işleme değil, aynı zamanda tahmin yetenekleridir. İnşaat sektöründe Büyük Veri, tabloların ve görselleştirmelerin öznel yorumuna dayanan sezgisel kararlardan (daha önce tartışıldığı gibi) gerçek gözlemler ve istatistiklerle desteklenen bilinçli tahminlere giden yolu açmaktadır.

Sanılanın aksine, büyük veri ile çalışmanın amacı "bir makinenin insan gibi düşünmesini sağlamak" değil, kalıpları belirlemek, olayları tahmin etmek ve süreçleri optimize etmek amacıyla büyük miktarda veriyi analiz etmek için matematiksel modeller ve algoritmalar uygulamaktır.

> **Büyük Veri**, insan etkisinden yoksun soğuk bir algoritmalar dünyası değildir. Aksine, büyük veri içgüdülerimiz, hatalarımız ve yaratıcılığımızla birlikte çalışır. Standart dışı çözümler bulmamızı ve atılımlar yapmamızı sağlayan şey, insan düşüncesinin kusurlu olmasıdır.

Dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte inşaat sektörü, BT sektöründen gelen veri işleme tekniklerini aktif olarak kullanmaya başlamıştır. Pandas ve Apache Parquet gibi araçlar sayesinde yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler birleştirilerek bilgiye erişim basitleştirilip analiz kayıpları azaltılabilirken, belgelerden veya CAD projelerinden elde edilen büyük veri kümeleri (Şekil 9.2-10 - Şekil 9.2-12) proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında verilerin toplanmasına, analiz edilmesine ve tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır.

Büyük Veri, inşaat sektörü üzerinde dönüştürücü bir etkiye sahip olup, sektörü potansiyel olarak çeşitli şekillerde etkilemektedir. Büyük Veri teknolojilerinin uygulanması, örneğin aşağıdakiler de dahil olmak üzere bir dizi kilit alanda sonuç vermektedir:

- **Yatırım potansiyeli analizi** - önceki tesislerden elde edilen verilere dayanarak projelerin karlılık ve geri ödeme sürelerinin tahmin edilmesi.
- **Kestirimci bakım** - olası ekipman arızalarını gerçekleşmeden önce belirleyerek arıza süresini azaltır.
- **Tedarik zinciri optimizasyonu** - aksaklıkların öngörülmesi ve lojistik verimliliğin artırılması.
- **Enerji verimliliği analizleri** - düşük enerjili binaların tasarımına yardımcı olmak.

- **Güvenlik izleme** - saha koşullarını izlemek için sensörlerin ve giyilebilir cihazların kullanılması.
- **Kalite kontrol** - süreç standartlarına uygunluğun gerçek zamanlı izlenmesi.
- **İnsan gücü yönetimi** - performans analizi ve personel ihtiyaçlarının tahmini.

İnşaat sektöründe veri analitiğinin ve tahminlerin talep görmediği bir alan bulmak zordur. Tahmin algoritmalarının temel avantajı, veri biriktikçe kendi kendine öğrenme ve sürekli iyileştirme yetenekleridir.

> Yakın gelecekte yapay zeka sadece inşaatçılara yardımcı olmakla kalmayacak, aynı zamanda tasarım süreçlerinden bina işletme sorunlarına kadar önemli kararlar verecek.

Tahminlerin nasıl oluşturulduğu ve öğrenme modellerinin nasıl kullanıldığı hakkında daha fazla bilgi kitabın bir sonraki bölümü olan "Makine Öğrenimi ve Tahminler" bölümünde ele alınacaktır.

Büyük veriyle tam teşekküllü çalışmaya geçiş, analitik yaklaşımında bir değişiklik gerektirmektedir. Şimdiye kadar ele aldığımız klasik sistemler neden-sonuç ilişkilerine odaklanırken, büyük veri analitiği odağını, gizli ilişkileri tanımlamamıza ve tüm faktörleri tam olarak anlamadan bile nesnelerin davranışını tahmin etmemize olanak tanıyan istatistiksel kalıpları ve korelasyonları aramaya kaydırıyor.

Büyük verinin fizibilitesinin sorgulanması: korelasyon, istatistik ve veri örnekleme

Geleneksel olarak inşaat, öznel hipotezlere ve kişisel deneyimlere dayanıyordu. Mühendisler - belli bir olasılıkla - malzemenin nasıl davranacağını, yapının hangi yüklere dayanacağını ve projenin ne kadar süreceğini varsayıyordu. Bu varsayımlar, genellikle zaman, kaynak ve gelecekteki riskler pahasına uygulamada test edildi.

> Büyük verinin ortaya çıkmasıyla birlikte, yaklaşım çarpıcı bir şekilde değişiyor: kararlar artık sezgisel önsezilere dayanarak değil, büyük ölçekli veri setlerinin analiz edilmesinin bir sonucu olarak alınıyor. İnşaat giderek bir sezgi sanatı olmaktan çıkıyor ve kesin bir tahmin bilimi haline geliyor.

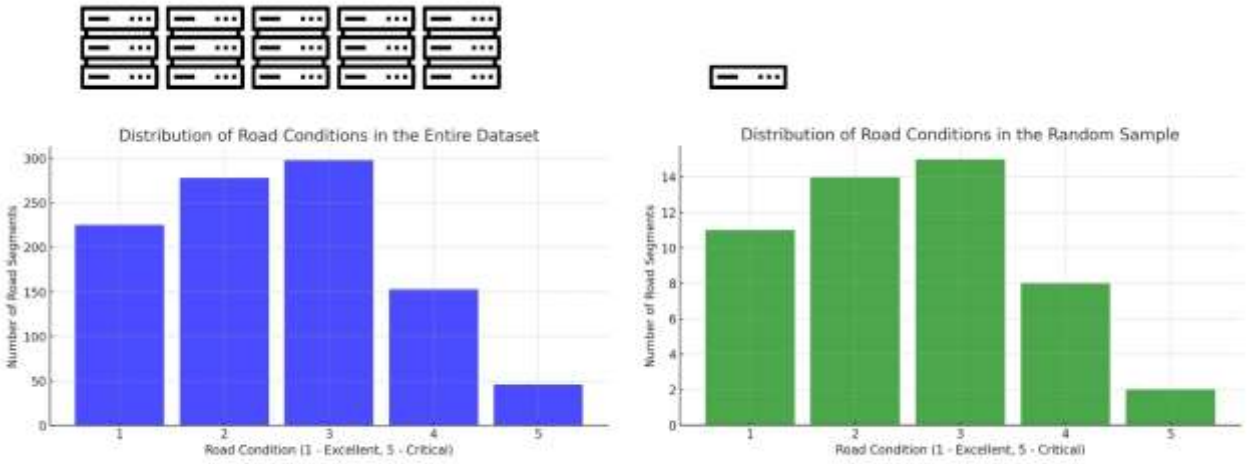
Büyük veri kullanımı fikrine geçiş kaçınılmaz olarak önemli bir soruyu gündeme getirmektedir: veri miktarı ne kadar kritiktir ve güvenilir tahmin analitiği için gerçekten ne kadar bilgiye ihtiyaç vardır? "Ne kadar çok veri, o kadar yüksek doğruluk" şeklindeki yaygın inanış, pratikte her zaman istatistiksel olarak geçerli değildir.

> İstatistikçi Jerzy Neumann, 1934 gibi erken bir tarihte [145] istatistiksel çıkarımların doğruluğunun anahtarının veri miktarından çok, temsil kabiliyeti ve örneklemenin rastgeleliğinde yattığını kanıtlamıştır.

Bu durum özellikle IoT -sensörler, tarayıcılar, gözetleme kameraları, dronlar ve hatta çok formatlı CAD

-modelleri kullanılarak büyük veri yığınlarının toplandığı inşaat sektöründe geçerlidir ve kör noktalar, aykırı değerler ve veri bozulmaları riskini artırmaktadır.

Yol yüzeyi durum izleme örneğini ele alalım. Tüm yol kesitlerini içeren eksiksiz bir veri seti X GB yer kaplayabilir ve işlenmesi yaklaşık bir gün sürebilir. Aynı zamanda, yalnızca her 50. yol kesimini içeren rastgele bir örnek yalnızca X/50 GB alır ve yarım saatte işlenirken, belirli hesaplamalar için benzer doğrulukta tahminler sağlar (Şekil 9.1-1).



Şekil 9.1-1 Kaplama durumu histogramları: tüm veri seti ve rastgele örnekleme aynı sonuçları göstermektedir.

Bu nedenle, başarılı veri analizinin anahtarı genellikle veri miktarı değil, örneklemin temsil gücü ve kullanılan işleme yöntemlerinin kalitesi olabilir. Rastgele örnekleme ve daha seçici bir yaklaşıma geçiş, inşaat sektöründe düşünce yapısının değişmesini gerektirmektedir. Tarihsel olarak, şirketler "ne kadar çok veri o kadar iyi" mantığını izlemiş ve olası tüm göstergeleri kapsamanın doğruluğu en üst düzeye çıkaracağına inanmışlardır.

Bu yaklaşım, proje yönetimindeki popüler bir yanılgıyı anımsatmaktadır: "Ne kadar çok uzman çekersem, iş o kadar etkili olur". Ancak, insan kaynaklarında olduğu gibi, nicelikten daha önemli olan nitelik ve araçlardır. Veriler veya proje katılımcıları arasındaki karşılıklı ilişkiler (korelasyonlar) dikkate alınmadan hacmi artırmak yalnızca gürültüye, bozulmaya, tekrarlamaya ve gereksiz israfa yol açabilir.

Sonunda, birçok çelişkili sinyal içeren devasa ancak kaotik bilgilere güvenmektense, istikrarlı ve makul tahminler üretebilen daha küçük ancak niteliksel olarak hazırlanmış bir veri setine sahip olmanın çok daha verimli olduğu ortaya çıkmaktadır.

> Aşırı veri hacmi yalnızca daha fazla doğruluğu garanti etmekle kalmaz, aynı zamanda gürültü, gereksiz özellikler, gizli korelasyonlar ve alakasız bilgilerin varlığı nedeniyle çarpık sonuçlara da yol açabilir. Bu gibi durumlarda, modellere aşırı uyum sağlama riski artar ve analitik sonuçların güvenilirliği azalır.

İnşaat sektöründe, büyük veriyle başa çıkmada karşılaşılan en büyük zorluklardan biri optimum veri miktarını ve kalitesini belirlemektir. Örneğin, beton yapıların durumunu izlerken binlerce sensör kullanmak ve her dakika bilgi toplamak depolama ve analiz sistemini zorlayabilir. Bununla birlikte, korelasyon analizi yapar ve en bilgilendirici%10 sensörü seçerseniz, birçok kez, bazen onlarca ve yüzlerce kez daha az kaynak harcayarak neredeyse aynı doğrulukta tahminler elde edebilirsiniz.

Daha küçük bir veri alt kümesinin kullanılması hem gerekli depolama miktarını hem de işlem süresini azaltır; bu da verilerin depolanması ve analiz edilmesi maliyetini önemli ölçüde düşürür ve özellikle büyük altyapı projelerinde veya gerçek zamanlı çalışırken rastgele örneklemeyi tahmine dayalı analitik için ideal bir çözüm haline getirir. Nihayetinde, inşaat süreçlerinin verimliliği toplanan veri miktarına göre değil, analiz kalitesine göre belirlenir. Eleştirel bir yaklaşım ve dikkatli bir analiz olmadan veriler yanlış sonuçlara yol açabilir.

> Belirli bir veri miktarından sonra, her yeni bilgi birimi giderek daha az yararlı sonuçlar verir. Durmadan bilgi toplamak yerine, temsil kabiliyetine ve analiz yöntemlerine odaklanmak önemlidir (Şekil 9.2-2).

Bu olgu, iki alternatif ABD Donanması mermi tasarımının test edilmesi örneğini kullanarak istatistiksel yöntemlerin kullanımını gösteren Allen Wallis [146] tarafından iyi bir şekilde tanımlanmıştır.

> *Donanma iki alternatif mermi tasarımını (A ve B) bir dizi eşleştirilmiş atış yaparak test etmiştir. Her turda A, performansının B'ninkinden daha iyi veya daha kötü olmasına bağlı olarak 1 veya 0 alır ve bunun tersi de geçerlidir. Standart istatistiksel yaklaşım, sabit sayıda deneme (örneğin 1000) yapılmasını ve kazananın bir yüzde dağılımına göre belirlenmesini içerir (örneğin, A%53'ten fazla 1 alırsa, en iyi olarak kabul edilir). Allen Wallis böyle bir sorunu (Donanma) Yüzbaşı Garrett L. Schuyler ile tartıştığında, yüzbaşı Allen'ın anlatımıyla böyle bir testin faydasız olabileceği itirazında bulunmuştur. Schuyler gibi bilge ve deneyimli bir mühimmat subayı olay yerinde olsaydı, ilk birkaç yüz [atıştan] sonra, yeni yöntem açıkça yetersiz olduğu için ya da umulandan açıkça daha üstün olduğu için deneyin sonlandırılmasına gerek olmadığını görürdü [146].*
>
> - Columbia Üniversitesi'ndeki ABD Hükümeti İstatistik Araştırma Grubu, İkinci Dünya Savaşı dönemi

Bu ilke çeşitli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin tıpta, yeni ilaçların klinik deneyleri rastgele hasta örnekleri üzerinde yapılır, bu da ilacın gezegende yaşayan tüm insan nüfusu üzerinde test edilmesine gerek kalmadan istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmesini sağlar. Ekonomi ve sosyolojide, ülkedeki herkesle görüşmeye gerek kalmadan toplumun görüşünü yansıtmak için temsili anketler yapılır.

Tıpkı hükümetlerin ve araştırma kuruluşlarının genel sosyal eğilimleri anlamak için küçük nüfusları araştırması gibi, inşaat sektöründeki şirketler de proje yönetimini etkin bir şekilde izlemek ve tahminler oluşturmak için rastgele veri örnekleri kullanabilir (Şekil 9.1-1).

> *Büyük veri sosyal bilimlere yaklaşımı değiştirebilir, ancak istatistiksel sağduyunun yerini almayacaktır [147].*
>
> - Thomas Landsall-Welfair, "Predicting the nation's current mood," Significance v. 9(4), 2012 г.

Kaynak tasarrufu perspektifinden bakıldığında, geleceğe yönelik tahminler ve karar alma süreçleri için veri toplarken şu soruya cevap vermek önemlidir: kademeli olarak ölçeklendirilebilen çok daha küçük ve daha ucuz bir test veri seti kullanılabilecekken, büyük veri setlerini toplamak ve işlemek için önemli kaynaklar harcamak mantıklı mıdır? Rastgele örneklemenin etkinliği, şirketlerin kapsamlı kapsam gerektirmeyen ancak yine de yeterli doğruluk ve temsil gücü sağlayan veri toplama yöntemlerini seçerek model toplama ve eğitme maliyetlerini onlarca hatta binlerce kat azaltabileceğini göstermektedir. Bu yaklaşım, küçük şirketlerin bile önemli ölçüde daha az kaynak ve veri hacmi kullanarak büyük şirketlerle aynı düzeyde sonuçlar elde etmesini sağlar; bu da maliyetleri optimize etmek ve küçük kaynaklar kullanarak bilgiye dayalı karar alma sürecini hızlandırmak isteyen şirketler için önemlidir. İlerleyen bölümlerde, büyük veri araçlarını kullanarak kamuya açık veri kümelerine dayalı analitik ve tahmine dayalı analitik örneklerini keşfedin.

Büyük veri: San Francisco'nun bir milyon inşaat ruhsatı veri setinden elde edilen verilerin analizi

Açık veri kümeleriyle çalışmak, önceki bölümlerde tartışılan ilkeleri uygulamaya koymak için eşsiz bir fırsat sunar: mantıklı özellik seçimi, temsili örnekleme, görselleştirme ve eleştirel analiz. Bu bölümde, büyük bir şehirdeki inşaat faaliyetleri gibi karmaşık olguların açık veriler kullanılarak nasıl araştırılabileceğini inceleyeceğiz - özellikle San Francisco'daki bir milyondan fazla inşaat ruhsatı kaydı

Bir milyondan fazla inşaat ruhsatına ilişkin kamuya açık veriler (Şekil 9.1-2) (CSV formatında iki veri setindeki kayıtlar) "San Francisco İnşaat Departmanı" [148] ham CSV tablosunu sadece şehirdeki inşaat faaliyetlerini analiz etmek için değil, aynı zamanda 1980'den 2019'a kadar geçen 40 yıl boyunca San Francisco'nun inşaat endüstrisinin son eğilimlerini ve tarihini eleştirel bir şekilde analiz etmek için kullanmamıza izin veriyor.

Veri seti görselleştirmelerini (Şekil 9.1-3- Şekil 9.1-8) oluşturmak için kullanılan kod örneklerinin yanı sıra kod, açıklama ve yorum içeren görsel grafikler Kaggle platformunda "San Francisco. İnşaat Sektörü 1980-2019." [149].

count 1.137695e+06

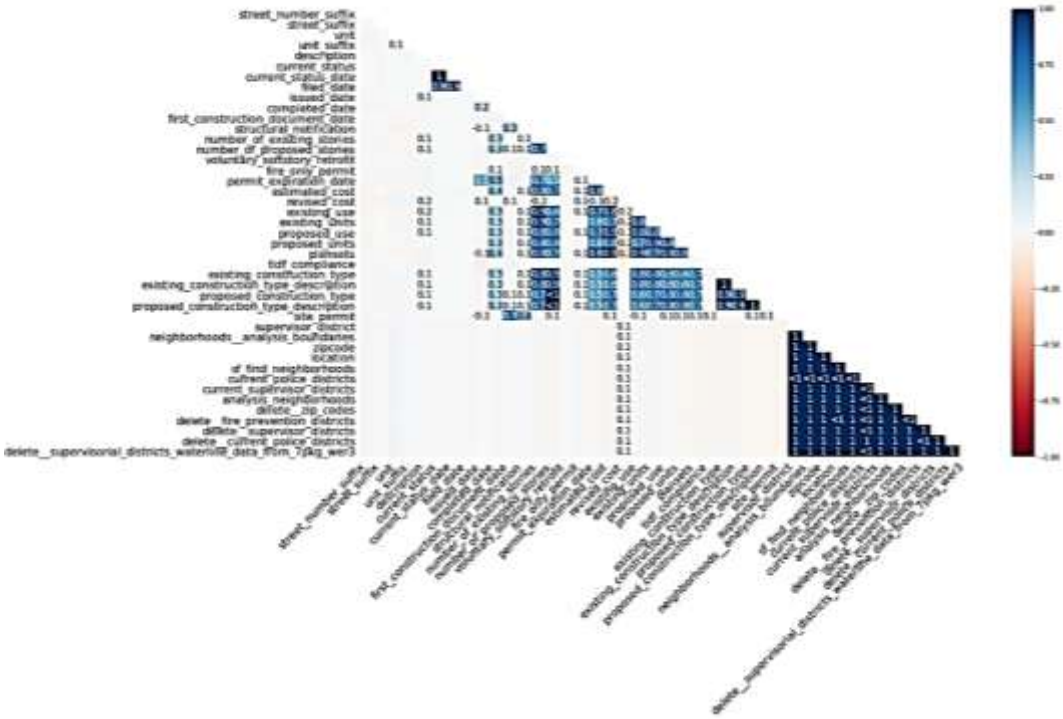
Building Permits on or after January 1, 2013 — June 13, 2020 — 2,237 Views

Building Permits before January 1, 2013 — June 13, 2020 — 880 Views

permit_creation_date	description	current_status	current_status_date	filed_date	issued_date	completed_date
07/01/1998	repair stucco	complete	07/07/1998	07/01/1998	07/01/1998	07/07/1998
12/13/2004	reroofing	expired	01/24/2006	12/13/2004	12/13/2004	NaN
02/18/1992	install auto fire spks.	complete	06/29/1992	02/18/1992	03/18/1992	06/29/1992

	permit_number	permit_expiration_date	estimated_cost	revised_cost	existing_use	Zipcode	Location
362780	9812394	11/01/1998	750.0	NaN	1 family dwelling	94123.0	(37.796346876049 8, -122.4322641443574)
570817	200412131233	06/13/2005	9000.0	9000.0	apartments	94127.0	(37.7292585160083 86, -122.4644245857462)
198411	9202396	09/18/1992	9000.0	NaN	apartments	94111.0	(37.7950602552974, -122.3959322446180 5)

Şekil 9.1-2 Veri kümeleri, farklı nesne niteliklerine sahip düzenlenmiş yapı ruhsatları hakkında bilgi içerir.

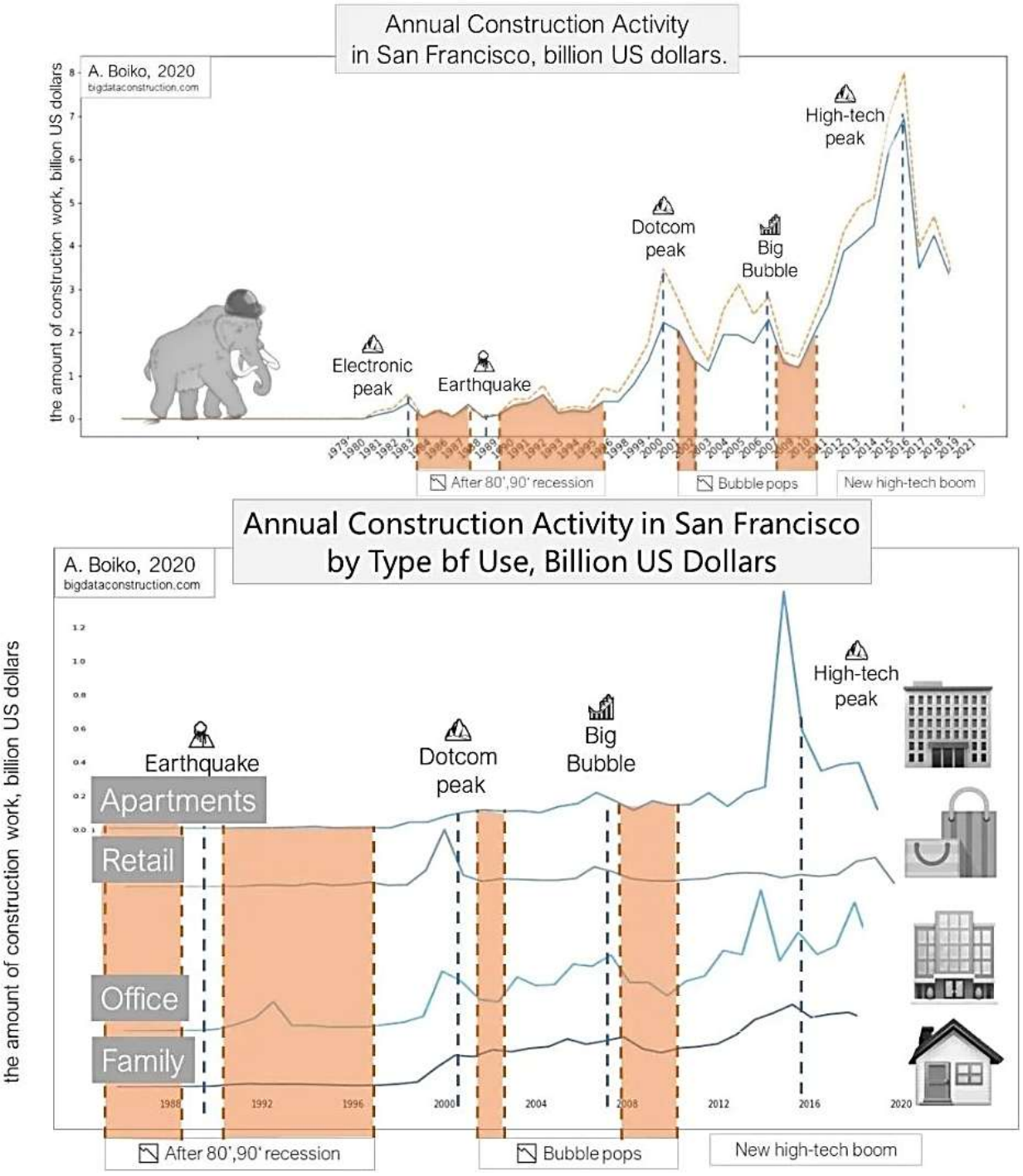


Şekil 9.1-3 Bir veri kümesinin tüm niteliklerini görselleştiren ve nitelik çiftleri arasındaki ilişkileri belirlemeye yardımcı olan bir ısı haritası (Pandas ve Seaborn).

San Francisco Binalar Dairesi tarafından sağlanan tabloda herhangi bir eğilim veya sonuç görülmemektedir (Şekil 9.1-2). Tablo halindeki kuru rakamlar karar vermek için bir temel oluşturmaz. Verileri görsel olarak anlaşılır kılmak için, veri görselleştirme ile ilgili bölümlerde ayrıntılı olarak tartışıldığı gibi, kitabın yedinci bölümünde "ETL ve sonuçların grafik olarak görselleştirilmesi" konusunda tartışılan çeşitli kütüphaneler kullanılarak görselleştirilmelidir.

Pandas DataFrame ve Python görselleştirme kütüphaneleri kullanılarak 1.137.695 ruhsat değerine veriler analiz edildiğinde [148], San Francisco'daki inşaat faaliyetlerinin özellikle gelişen Silikon Vadisi teknoloji endüstrisindeki ekonomik döngülerle yakından bağlantılı olduğu sonucuna varabiliriz (Şekil 9.1-4).

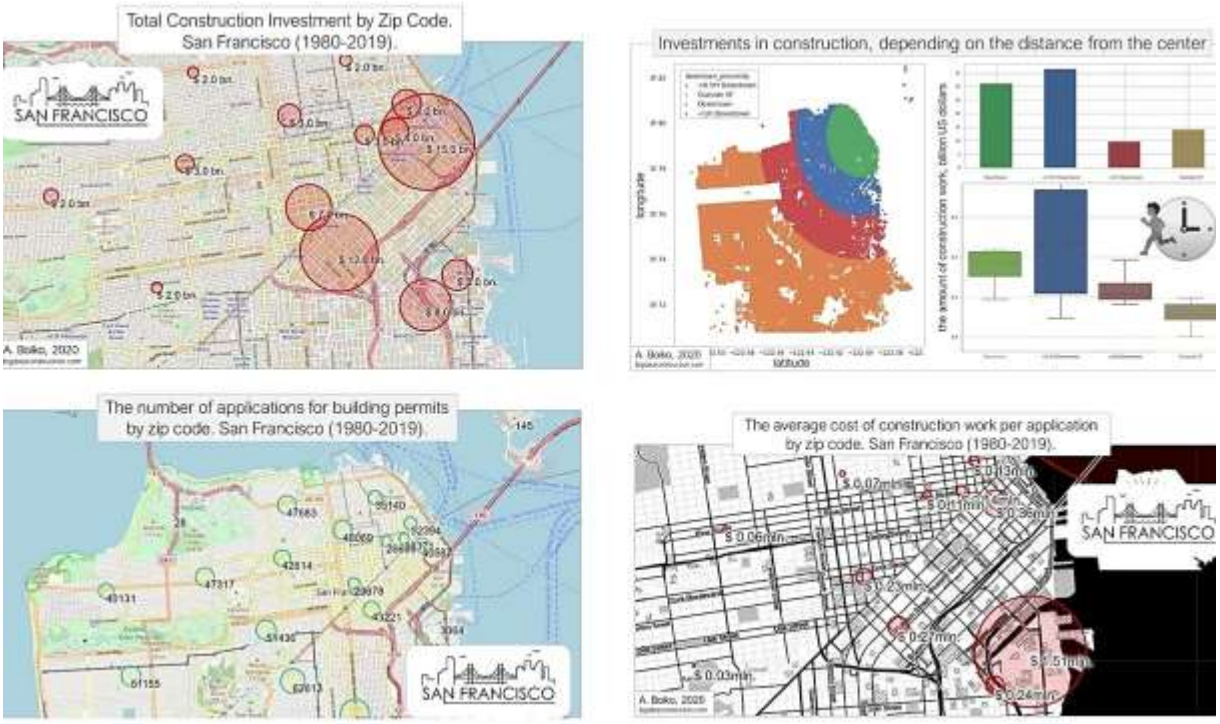
Ekonomik patlamalar ve çöküşler inşaat projelerinin sayısı ve değeri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, inşaat faaliyetlerindeki ilk zirve 1980'lerin ortasındaki elektronik patlamasıyla aynı zamana denk gelmiştir (Pandas ve Matplotlib kullanılmıştır) ve sonraki zirve ve düşüşler dot-com balonu ve son yıllardaki teknoloji patlamasıyla ilişkilendirilmiştir.



Şekil 9.1-4 San Francisco'nun emlak sektöründe yatırım, Silikon Vadisi'nin teknolojik gelişimiyle ilişkilidir.

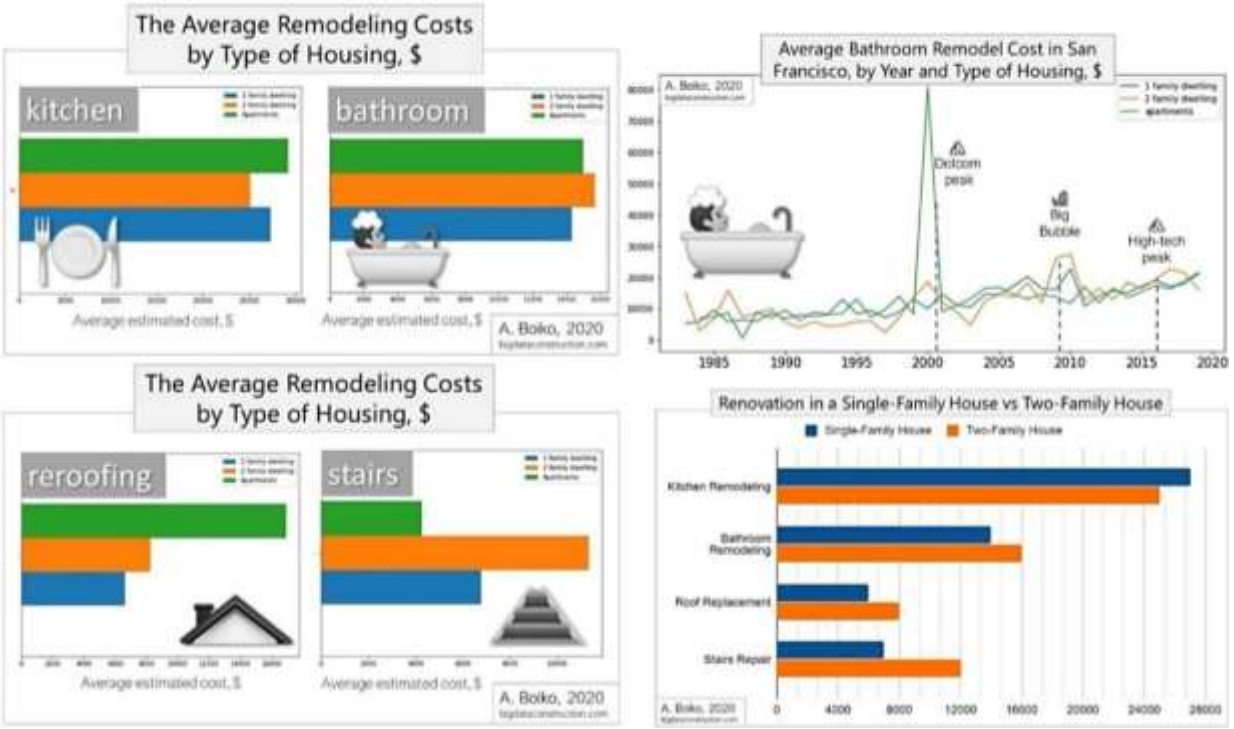
Veri analizleri, San Francisco'da son on yılda inşaat ve yeniden geliştirmeye yatırılan 91,5 milyar doların çoğunluğunun - neredeyse%75'inin - şehir merkezinde (Şekil 9.1-5 - Pandas ve Folium görselleştirme kütüphanesi kullanılmıştır) ve şehir merkezinin 2 km yarıçapında yoğunlaştığını ve bu merkezi bölgelerdeki daha yüksek yatırım yoğunluğunu yansıttığını göstermektedir.

İnşaat ruhsatlarının ortalama maliyeti mahallelere göre önemli ölçüde değişmektedir; şehir merkezindeki başvurular, daha yüksek arazi, işçilik, malzeme maliyetleri ve enerji verimliliğini artırmak için daha pahalı malzemeler gerektiren katı inşaat yönetmelikleri nedeniyle şehir merkezi dışındakilere göre üç kat daha pahalıya mal olmaktadır.



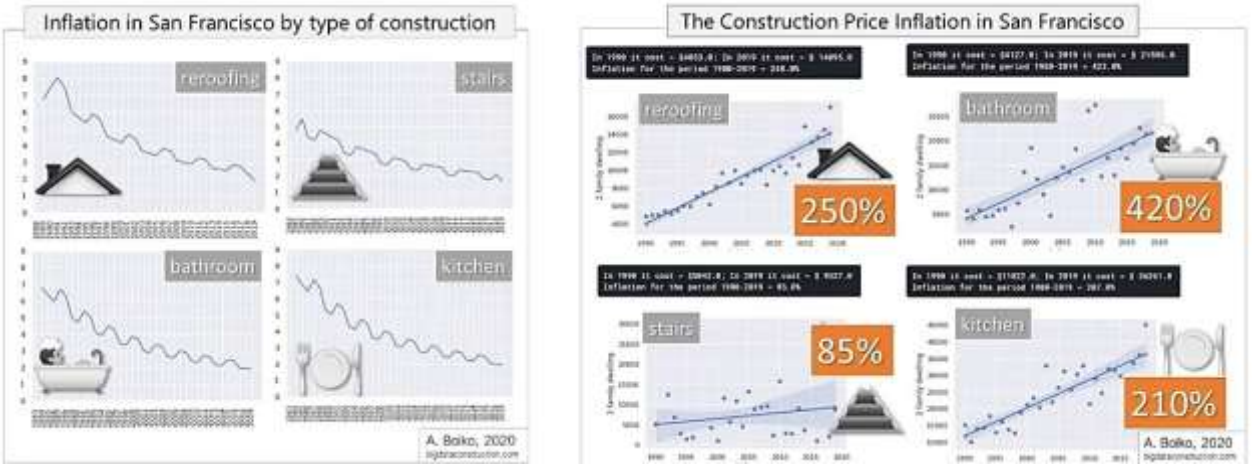
Şekil 9.1-5 San Francisco'da inşaat yatırımlarının yüzde 75'i (91,5 milyar dolar) şehir merkezinde yoğunlaşmıştır.

Veri seti ayrıca ortalama onarım fiyatlarının sadece ev tipine göre değil, aynı zamanda şehirdeki mahallelere ve bireysel adreslere (posta kodları) göre de hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. San Francisco'da, ev tadilat maliyetlerinin dinamikleri, farklı tadilat ve konut türleri için farklı eğilimler göstermektedir (Şekil 9.1-6 - Pandas ve Matplotlib kullanılmıştır). Mutfak tadilatları banyo tadilatlarından belirgin şekilde daha pahalıdır: tek aileli bir evde ortalama mutfak tadilatı yaklaşık 28.000 $'a mal olurken, iki aileli bir evde bu rakam 25.000 $'dır.



Şekil 9.1-6 SF'de mutfak tadilatları banyo tadilatlarının neredeyse iki katına mal olmaktadır ve ev sahiplerinin büyük ev onarımlarının maliyetini karşılamak için 15 yıl boyunca her ay$ 350 ayırmaları gerekmektedir.

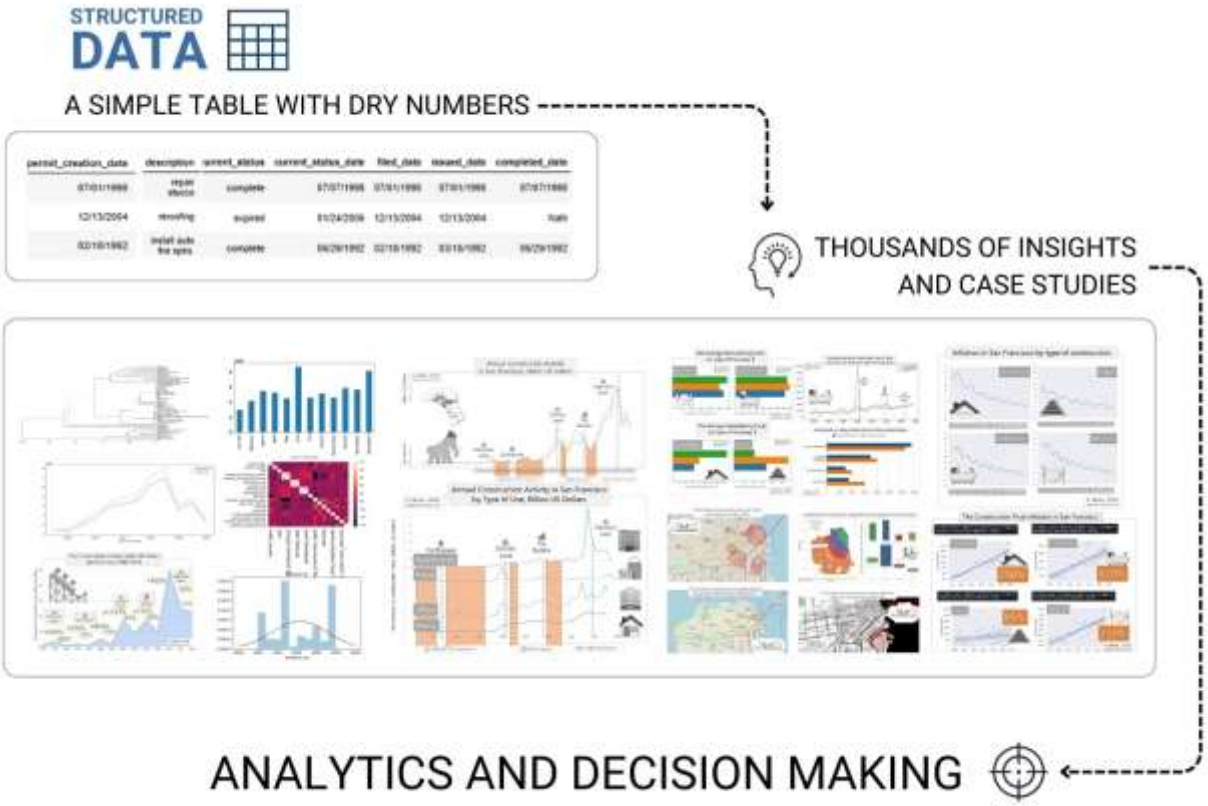
San Francisco'da yıllara göre inşaat maliyeti enflasyonu, konut tipi ve yılına göre gruplandırılmış veriler analiz edilerek izlenebilir (Şekil 9.1-7 - Pandas ve Seaborn tarafından kullanılmıştır). 1990 yılından bu yana ortalama onarım maliyetlerinde istikrarlı bir artış görülmekte ve çok aileli bina onarım maliyetlerinde kısa vadeli üç yıllık döngüler ortaya çıkmaktadır.



Şekil 9.1-7 1980'den 2019'a kadar, SF'de banyo tadilatlarının maliyeti beş kat artarken, çatı ve mutfak tadilatlarının fiyatı üç katına çıkmış ve merdiven tadilatları yalnızca%85 artmıştır.

San Francisco İnşaat Departmanından alınan kamuya açık veriler üzerinde yapılan bir çalışma (Şekil 9.1-3), Şehirdeki inşaat maliyetlerinin son derece değişken ve genellikle öngörülemez olduğunu ve çeşitli faktörlerden etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu faktörler arasında ekonomik büyüme, teknolojik yenilikler ve farklı konut tiplerinin kendine özgü gereksinimleri yer almaktadır.

Geçmişte bu tür analizler derinlemesine programlama ve analitik bilgisi gerektiriyordu. Ancak LLM-araçlarının ortaya çıkmasıyla bu süreç, tasarım departmanlarındaki mühendislerden üst yönetime kadar inşaat sektöründeki çok çeşitli profesyoneller için erişilebilir ve anlaşılabilir hale gelmiştir.



Şekil 9.1-8 Görsel olarak anlaşılabilir verilere geçiş, gizli örüntüleri tanıyarak otomatik karar verme sürecini mümkün kılmaktadır.

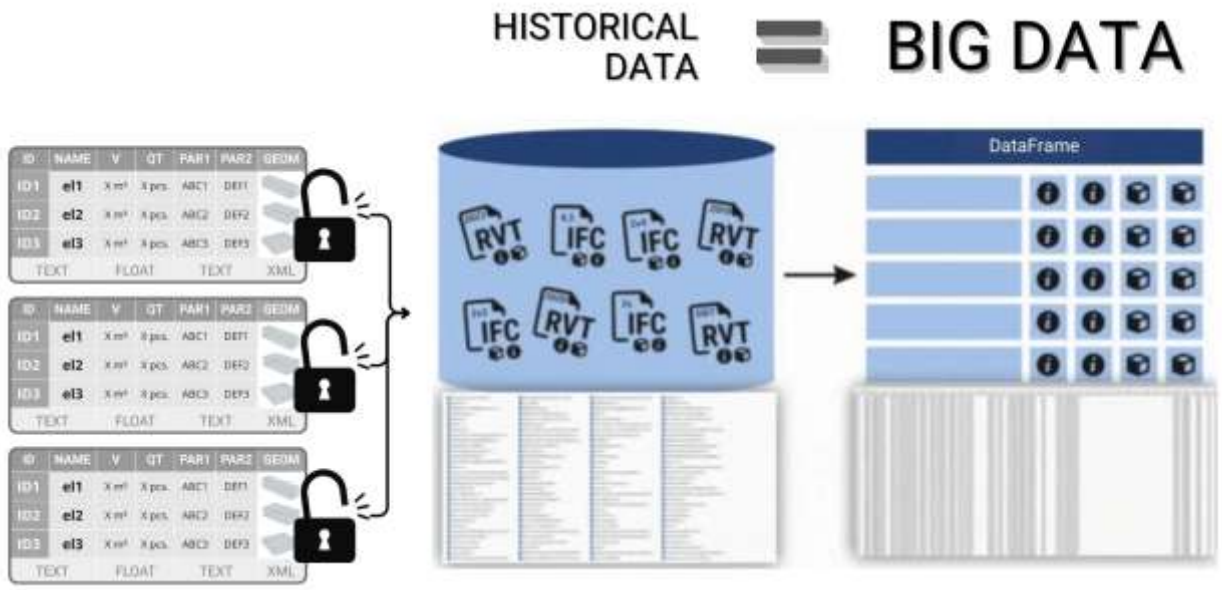
"San Francisco Building Authority" tablo veri setindeki verileri analiz ettiğimiz gibi, görüntüler ve belgelerden IoT verilerine veya türetilmiş CAD veri tabanlarından gelen verilere kadar her türlü veri setini görselleştirebilir ve analiz edebiliriz.

CAD verilerine dayalı büyük veri örneği (BIM)

Aşağıdaki örnekte, farklı CAD araçlarından (BIM) gelen verileri kullanarak büyük bir veri kümesini analiz edeceğiz. Büyük veri setini toplamak ve oluşturmak için, RVT ve IFC formatlarında ücretsiz mimari modeller sunan web sitelerinden tasarım dosyalarını otomatik olarak aramak ve toplamak üzere yapılandırılmış özel bir otomatik web tarayıcısı (script) kullanılmıştır. Tarayıcı birkaç gün içinde 4.596

IFC dosyası, 6.471 RVT dosyası ve 156.024 DWG dosyasını başarıyla bulup indirmiştir[149].

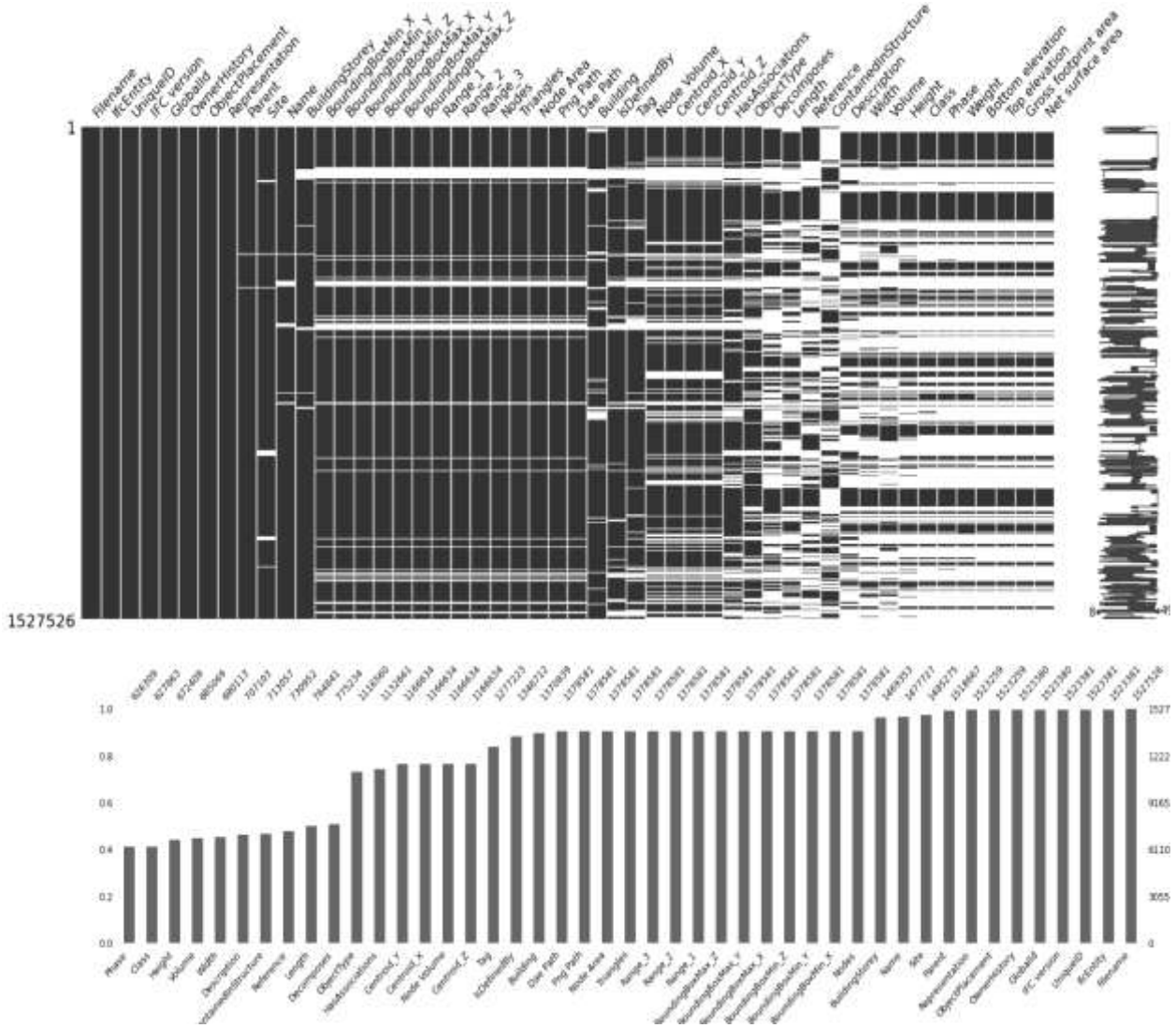
Farklı sürümlerdeki RVT ve IFC formatlarındaki projeleri topladıktan ve ücretsiz tersine mühendislik SDK'larını kullanarak yapılandırılmış bir CSV formatına dönüştürdükten sonra, yaklaşık 10 bin RVT ve IFC projesi büyük bir Apache Parquet tablo dosyasında toplandı ve analiz için Pandas DataFrame 'a yüklendi (Şekil 9.1-9).



Şekil 9.1-9 Yapılandırılmış Veriler proje verileri, istediğiniz sayıda projeyi tek bir iki boyutlu tabloda birleştirmenize olanak tanır.

Bu büyük ölçekli koleksiyondan elde edilen veriler şu bilgileri içermektedir: IFC dosya seti yaklaşık 4 milyon varlık (satır) ve 24.962 öznitelik (sütun) içerir ve yaklaşık 6 milyon varlıktan (satır) oluşan RVT dosya seti 27.025 farklı öznitelik (sütun) içerir.

Bu bilgi setleri (Şekil 9.1-10), her biri için Sınırlayıcı Kutu geometrisinin (projedeki bir nesnenin sınırlarını tanımlayan bir dikdörtgen) koordinatlarının ek olarak elde edildiği ve ortak bir tabloya eklendiği milyonlarca öğeyi kapsamaktadır - Sınırlayıcı Kutu geometrisinin (projedeki bir nesnenin sınırlarını tanımlayan bir dikdörtgen) koordinatları ve her öğenin PNG formatındaki görüntüleri ve açık XML formatındaki geometrisi - DAE (Collada) oluşturulmuştur.



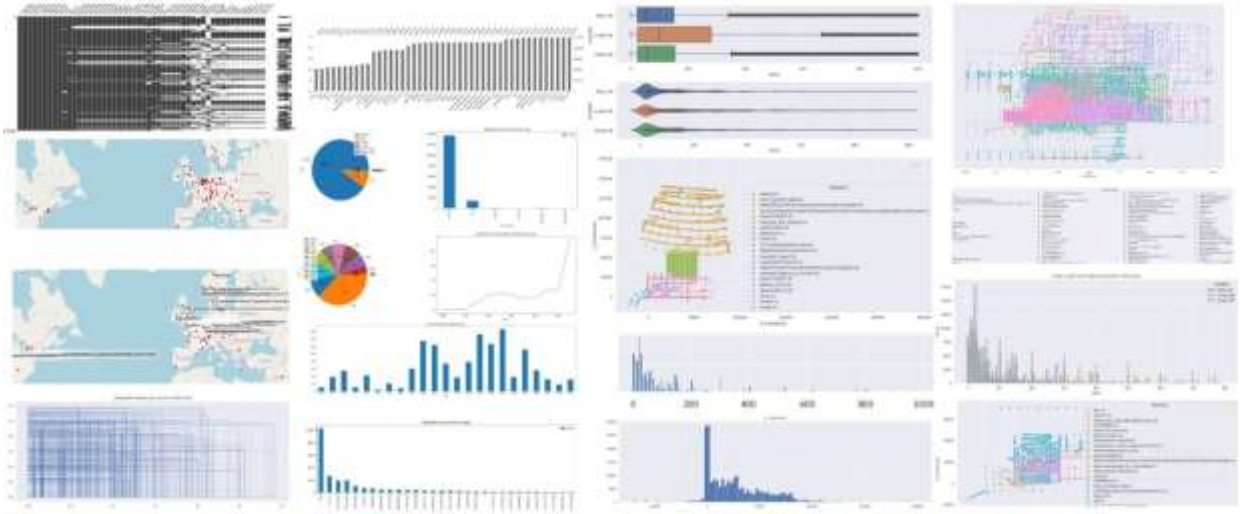
Şekil 9.1-10 1,5 milyon öğeden oluşan Sabset ve ilk 100 özniteliğin doluluğunun histogram olarak görselleştirilmesi (missingno kütüphanesi).

Böylece, 4.596 IFC projesinden ve 6.471 RVT projesinden on milyonlarca öğe hakkındaki tüm bilgileri elde ettik; burada tüm varlık öğelerinin tüm nitelikleri-özellikleri ve geometrileri (Sınırlayıcı Kutu) tek bir tablonun (DataFrame) yapılandırılmış biçimine dönüştürüldü (Şekil 9.1-10 - dataframe popülasyonlarındaki veriler histogram olarak görünür).

> Analiz işlemi sırasında çizilen histogramlar (Şekil 9.1-10, Şekil 9.2-6, Şekil 9.2-7) veri yoğunluğunun ve sütunlardaki değerlerin görülme sıklığının hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Bu, özelliklerin dağılımı, aykırı değerlerin varlığı ve makine öğrenimi modellerinin analizinde ve oluşturulmasında bireysel özelliklerin potansiyel faydası hakkında ilk fikir verir.

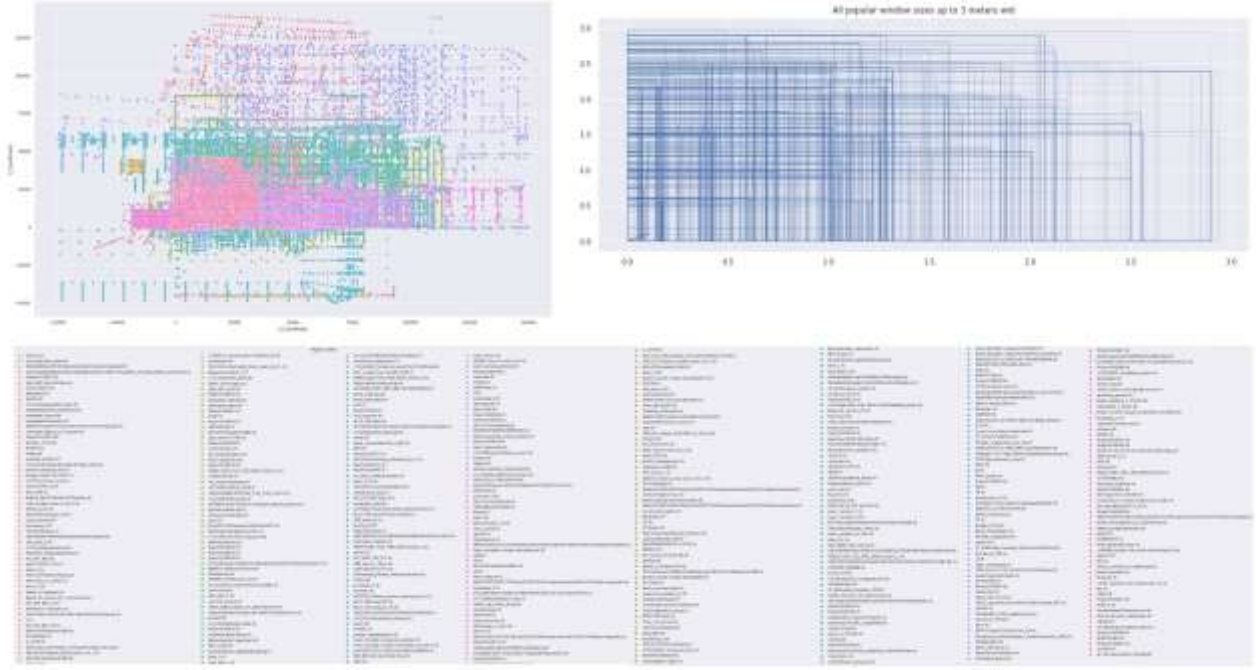
Bu veri setinin pratik kullanımına bir örnek (Şekil 9.1-10) "5000 IFC ve RVT " projesidir. [149], Kaggle

platformunda mevcuttur. Jupyter Notebook'u eksiksiz bir Boru Hattı çözümü ile sunmaktadır: veri ön işleme ve analizinden Python kütüphaneleri - pandas, matplotlib, seaborn, folium ve diğerleri - kullanılarak sonuçların görselleştirilmesine kadar (Şekil 9.1-11).



Şekil 9.1-11 Python görselleştirme kütüphaneleri ve pandas kütüphanesi kullanılarak CAD formatlarından (BIM) veri analizine örnekler.

Meta bilgilere dayanarak, belirli projelerin hangi şehirlerde geliştirildiğini belirlemek ve bunu bir harita üzerinde görüntülemek mümkündür (örneğin folium kütüphanesini kullanarak). Buna ek olarak, verilerdeki zaman damgaları, dosyaların kaydedildiği veya düzenlendiği zamanlardaki kalıpları keşfetmenize olanak tanır: haftanın günü, günün saati ve aya göre.



Şekil 9.1-12 Görselleştirme tüm sütunların geometrik konumu ve 3 metreye kadar tüm pencerelerin boyutları grafiğin altındaki listeden projelerde.

Modellerden çıkarılan Sınırlayıcı Kutu şeklindeki geometrik parametreler de toplu analizlere uygundur. Örneğin, Şekil 9.1-12 iki grafik göstermektedir: soldaki grafik sıfır noktasına göre tüm projeler için sütun aralıklarının dağılımını, sağdaki grafik ise on binlerce pencere elemanından oluşan bir örnekte 3 metre yüksekliğe kadar olan tüm pencerelerin boyutlarını göstermektedir ("OST_Windows", "IfcWindows" değerine sahip "Kategori" parametresiyle tüm veri kümesi gruplandırıldıktan sonra).

Bu örnek için Boru Hattı analiz kodu ve veri setinin kendisi Kaggle web sitesinde "5000 IFC ve RVT | DataDrivenCo-nstruction.io projeleri" başlığı altında mevcuttur [149]. Veri setiyle birlikte bu bitmiş İş Hattı kopyalanabilir ve Kaggle'da ücretsiz olarak çevrimiçi veya popüler IDE'lerden birinde çevrimdışı olarak çalıştırılabilir: PyCharm, Visual Studio Code (VS Code), Jupyter Notebook, Spyder, Atom, Sublime Text, PyDev eklentili Eclipse, Thonny, Wing IDE, Python eklentili IntelliJ IDEA, JupyterLab veya popüler çevrimiçi araçlar Kaggle.com, Google Collab, Microsoft Azure Notebooks, Amazon SageMaker.

> Büyük miktarda yapılandırılmış verinin işlenmesi ve incelenmesinden elde edilen analitik içgörüler, inşaat sektörünün karar alma süreçlerinde çok önemli bir rol oynayacaktır.

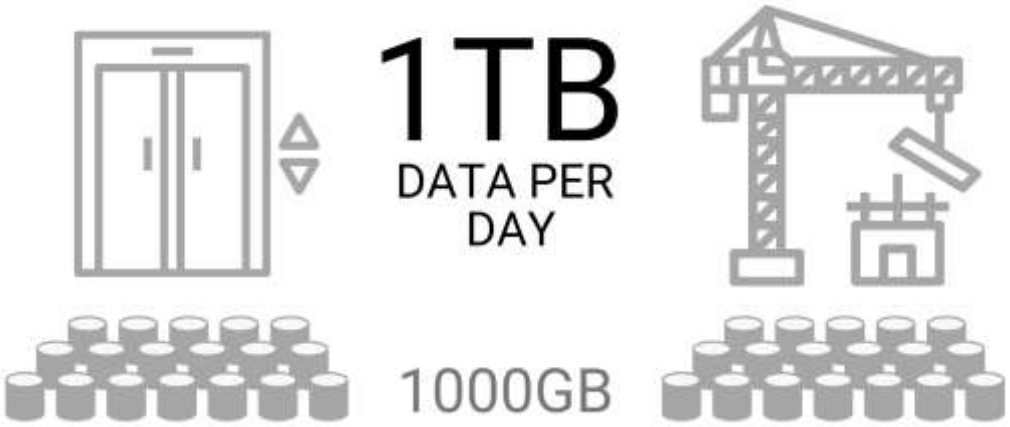
Geçmiş projelere dayanan bu tür bir bilgi analizi sayesinde uzmanlar, örneğin malzeme ve işgücü gereksinimlerini etkili bir şekilde tahmin edebilir ve inşaat başlamadan önce tasarım çözümlerini optimize edebilir

Bununla birlikte, tasarım verileri veya inşaat izinleri nispeten yavaş değişen statik bilgiler olsa da, inşaat sürecinin kendisi hızla çeşitli sensörler ve IoT cihazlarıyla doymuş hale gelmektedir: kameralar, verileri gerçek zamanlı olarak ileten otomatik izleme sistemleri - tüm bunlar şantiyeyi verilerin gerçek zamanlı olarak analiz edilmesi gereken dinamik bir dijital ortama dönüştürmektedir.

IoT Nesnelerin İnterneti ve akıllı sözleşmeler

IoT Nesnelerin İnterneti, her cihazın kendi IP adresini aldığı ve küresel bir ağın parçası haline geldiği yeni bir dijital dönüşüm dalgasını temsil etmektedir. IoT, veri toplamak, işlemek ve iletmek için fiziksel nesnelerin internete bağlanmasını içeren bir kavramdır. İnşaatta bu, inşaat süreçlerini gerçek zamanlı olarak kontrol etme, malzeme israfını en aza indirme, ekipman aşınma ve yıpranmasını tahmin etme ve karar verme sürecini otomatikleştirme yeteneği anlamına gelir.

> CFMA'nın "Bağlantılı İnşaat ile Geleceğe Hazırlanmak" başlıklı makalesine göre [150]'ye göre, inşaat sektörü önümüzdeki on yıl içinde büyük bir dijital dönüşüm geçirecek ve tamamen entegre ve otomatik bir şantiye olan Bağlantılı İnşaat konseptiyle sonuçlanacak.



Şekil 9.1-13 IOT veya şantiye veri cihazları günde terabaytlarca veri üretebilir ve iletebilir.

Dijital bir şantiye, planlama ve lojistikten işin yürütülmesine ve sabit kameralar ve quadrocopterler kullanılarak şantiyede kalite kontrolüne kadar inşaatın tüm unsurlarının tek bir dinamik dijital ekosisteme entegre edileceği anlamına gelir. Daha önce, bu kitabın 7. Bölümünde, çeşitli kaynaklardan toplanmasından depolama veya analiz platformlarına aktarılmasına kadar gerçek zamanlı veri akışını sağlayan ücretsiz ve açık kaynaklı bir araç olan Apache NiFi'nin (Şekil 7.4-5) yeteneklerine bakmıştık.

İnşaat ilerlemesi, malzeme tüketimi, ekipman durumu ve güvenlikle ilgili veriler gerçek zamanlı olarak analitik sistemlere aktarılacaktır (Şekil 9.1-13). Bu sayede potansiyel riskler tahmin edilebilecek, sapmalara anında müdahale edilebilecek ve şantiye süreçleri optimize edilebilecektir. Dijital bir şantiyenin temel bileşenleri şunlardır:

- IoT -sensörler- çevresel parametreleri izleme, inşaat makinelerini izleme ve çalışma koşullarını kontrol etme.
- Dijital ikizler - olası sapmaları tahmin etmek ve hataları önlemek için binaların ve altyapının sanal modelleri.
- Otomatik lojistik sistemleri - arıza sürelerini ve maliyetleri azaltmak için gerçek zamanlı tedarik zinciri yönetimi.
- Robotik inşaat sistemleri - rutin ve tehlikeli görevleri yerine getirmek için otonom makinelerin kullanılması.

Robotizasyon, IoT'nin kullanımı ve Bağlantılı Şantiye (İnşaat) dijital şantiye konsepti sadece verimliliği artırmak ve maliyetleri düşürmekle kalmayacak, aynı zamanda yeni bir güvenlik, sürdürülebilir inşaat ve öngörücü proje yönetimi çağını da başlatacaktır.

> RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) etiketleri de IoT'nin en önemli bileşenlerinden biridir. Bir şantiyedeki malzemeleri, makineleri ve hatta personeli tanımlamak ve izlemek için kullanılırlar, proje kaynaklarının şeffaflığını ve kontrolünü artırırlar.

RFID -teknolojisi, radyo sinyallerini kullanarak nesneleri otomatik olarak tanımak için kullanılır. Üç temel

unsurdan oluşur:

- RFID -etiketler (pasif veya aktif) - benzersiz bir tanımlayıcı içerir ve malzemelere, aletlere veya makinelere takılır.
- Tarayıcılar, etiketlerden bilgileri okuyan ve sisteme ileten cihazlardır.
- Merkezi veritabanı - nesnelerin konumu, durumu ve hareketine ilişkin bilgileri depolar.

İnşaatta RFID uygulaması:

- Otomatik malzeme muhasebesi - hazır beton ürünleri, donatı veya sandviç panel paketleri üzerindeki etiketler stok kontrolü sağlar ve hırsızlığı önler.
- Personel iş kontrolü - RFID - çalışan yaka kartları vardiya başlangıç ve bitiş saatlerini kaydederek çalışma saatlerinin kaydını sağlar.
- Ekipman izleme - RFID - sistemi, ekipmanın hareketini izleyerek arıza sürelerini önler ve lojistik verimliliği artırır.

Bu teknoloji paketini tamamlayan blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, ödemeleri, teslimat kontrolünü ve sözleşme uyumluluğunu aracılara ihtiyaç duymadan otomatikleştirerek dolandırıcılık ve gecikme riskini azaltıyor.

> Günümüzde, ortak bir veri modelinin yokluğunda, akıllı sözleşmeler sadece katılımcıların üzerinde anlaştığı kodlardan ibarettir. Ancak Veri Merkezli bir yaklaşımla, ortak bir sözleşme parametreleri modeli oluşturmak, bunu bir blok zincirinde kodlamak ve şartların yerine getirilmesini otomatikleştirmek mümkündür.

Örneğin, bir tedarik zinciri yönetim sisteminde akıllı bir sözleşme, IoT -sensörler ve RFID -etiketlerinden bir sevkiyatın teslimatını takip edebilir ve ulaştığında ödemeyi otomatik olarak aktarabilir. Benzer şekilde, bir şantiyede akıllı bir sözleşme, dronlardan veya inşaat sensörlerinden gelen verilere dayanarak inşaat demiri yerleştirme veya temel dökme gibi bir iş aşamasının tamamlandığını kaydedebilir ve manuel kontrollere ve kağıt sertifikalara gerek kalmadan yükleniciye bir sonraki ödemeyi otomatik olarak başlatabilir.

Ancak yeni teknolojilere ve uluslararası standardizasyon kuruluşlarının çabalarına rağmen, birbiriyle rekabet eden çok sayıda standart IoT ortamını karmaşık hale getirmektedir.

> Cisco tarafından 2017 yılında yayınlanan bir araştırmaya göre [151], Nesnelerin İnterneti girişimlerinin (IoT) neredeyse%60'ı kavram kanıtlama aşamasında durmakta ve şirketlerin yalnızca%26'sı IoT projelerinin tamamen başarılı olduğunu düşünmektedir. Dahası, tamamlanan projelerin üçte biri belirtilen hedeflerine ulaşamamakta ve uygulamadan sonra bile başarılı olarak kabul edilmemektedir.

Bunun en önemli nedenlerinden biri, farklı sensörlerden gelen verileri işleyen platformlar arasında birlikte çalışabilirliğin olmamasıdır. Sonuç olarak, veriler ayrı çözümler içinde izole edilmiş olarak kalmaktadır. Diğer benzer durumlarda olduğu gibi (bu kitapta ele aldığımız) bu yaklaşıma bir alternatif,

birincil varlık olarak verinin kendisi etrafında inşa edilmiş bir mimaridir.

> IoT sensörleri yalnızca ekipmanın teknik durumunun izlenmesinde değil, aynı zamanda şantiyedeki riskleri azaltmak ve arızaları ve sapmaları tahmin ederek genel süreç performansını iyileştirmek için tahmine dayalı analitikte de önemli bir rol oynamaktadır.

IoT sensörleri ve RFID etiketleri tarafından toplanan veriler, anormallikleri tespit edebilen ve mühendisleri olası arızalara karşı önceden uyarabilen makine öğrenimi algoritmaları tarafından gerçek zamanlı olarak işlenebilir. Bu, beton yapılardaki mikro çatlaklardan, kule vincin çalışmasındaki teknik arızalara veya mevzuat ihlallerine işaret eden karakteristik olmayan duraklamalara kadar değişebilir. Ayrıca, gelişmiş davranış analizi algoritmaları, örneğin personelin fiziksel yorgunluğuna işaret edebilecek davranış kalıplarını yakalayabilir ve sahada güvenlik ve çalışan refahının proaktif yönetimini geliştirebilir.

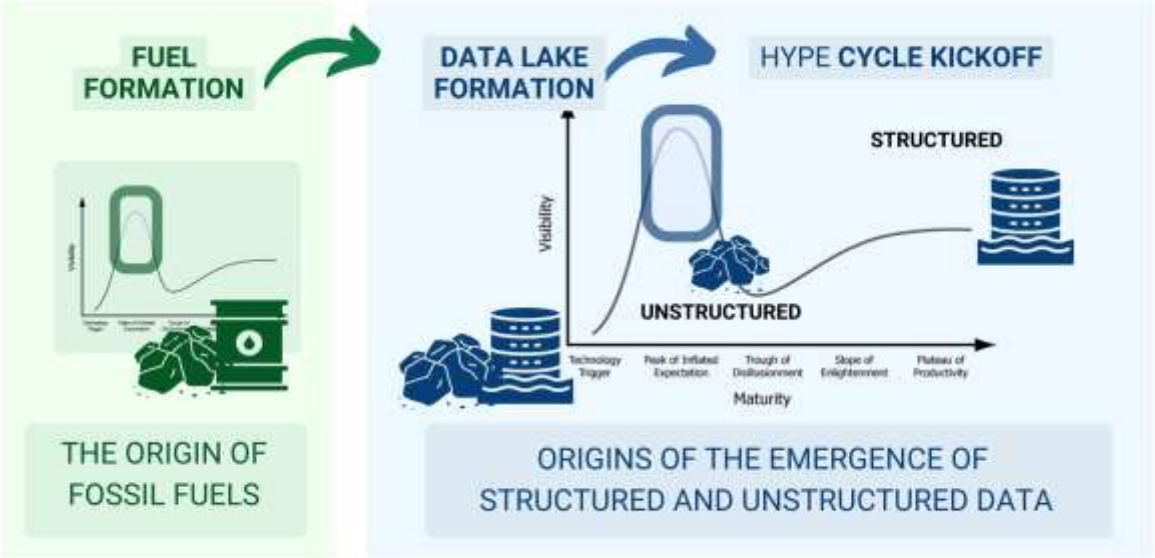
İnşaat sektöründe kazalar ve arızalar - ister makine ister insan kaynaklı olsun - nadiren aniden meydana gelir. Bunların öncesinde genellikle fark edilmeyen küçük sapmalar olur. Tahmine dayalı analitik ve makine öğrenimi, bu sinyalleri erken bir aşamada, hatta kritik sonuçlar ortaya çıkmadan önce tespit etmeyi mümkün kılar.

Belgeler, proje dosyaları ve IoT cihazları ile RFID etiketlerinden elde edilen veriler inşaat projelerinin dijital ayak izini oluştururken, makine öğrenimi bu verilerden faydalı içgörüler elde edilmesine yardımcı olabilir. Verilerin büyümesi ve veri erişiminin demokratikleşmesiyle birlikte inşaat sektörü analitik, tahmine dayalı analitik ve yapay zeka uygulamalarında yeni fırsatlar kazanıyor.

BÖLÜM 9.2.
MAKİNE ÖĞRENMESİ VE TAHMİNLER

Makine öğrenimi ve yapay zeka inşa etme şeklimizi değiştirecek

İnşaat sektöründeki çeşitli sistemlerin veri tabanları - kaçınılmaz olarak çürüyen ve giderek karmaşıklaşan altyapılarıyla - gelecekteki çözümler için bir üreme alanı haline geliyor. Şirket sunucuları, tıpkı bir orman gibi, çoğu zaman yeraltında, klasörlerin ve sunucuların derinliklerinde gizlenmiş önemli bilgilerle doludur. Bugün yaratılan çeşitli sistemlerden gelen veri yığınları - kullanımdan sonra, sunucunun dibine düştükten sonra ve yıllarca fosilleştikten sonra - gelecekte makine öğrenimini ve dil modellerini besleyecektir. Şirket içi sohbet odaları (örneğin yerel olarak yapılandırılmış ChatGPT, LlaMa, Mistral, DeepSeek 'in ayrı bir örneği), bilgileri hızlı ve kolay bir şekilde almak ve gerekli grafikleri, gösterge tablolarını ve belgeleri oluşturmak için merkezi depolamayı kullanarak bu şirket içi modeller üzerine inşa edilecektir.



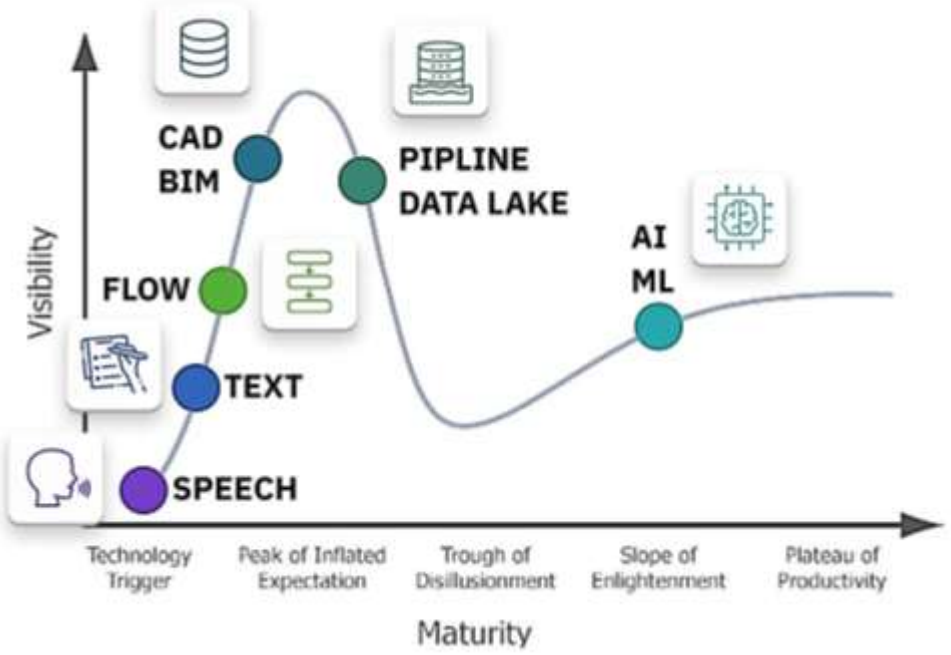
Şekil 9.2-1 Ağaçların kömüre dönüşmesi gibi, bilgi de zaman ve analitik baskısı altında zamanla değerli iş enerjisine dönüşür.

Bitki kütlesinin basınç ve sıcaklıkla birlikte fosilleşmesi, farklı zamanlarda yaşamış farklı türlerden ağaçların homojen ve benzersiz bir şekilde yapılandırılmış homojen bir kütlesini oluşturur - odun kömürü [152]. Aynı şekilde, analitik departmanlarının baskısı ve kalite yönetiminin sıcaklığı altında farklı formatlarda ve farklı zamanlarda sabit disklere kaydedilen bilgiler, sonunda değerli bilgilerden oluşan homojen yapılı bir kütle oluşturur (Şekil 9.2-1).

Bu bilgi katmanları (ya da daha sık olarak izole edilmiş külçeler) görünüşte uzun süredir ilgisiz olan verilerden kademeli olarak değerli bilgiler çıkarmaya başlayan deneyimli analistler tarafından özenli veri organizasyonu yoluyla oluşturulur.

Bu olgun veri katmanları artık sadece raporlarda "yakılmakla" kalmayıp iş süreçlerinde dolaşmaya, kararları zenginleştirmeye ve süreçleri iyileştirmeye başladığı anda, şirket bir sonraki adım olan makine öğrenimi ve yapay zekaya geçiş için hazır hale gelir (Şekil 9.2-2).

> Makine öğrenimi (ML - Machine learning) yapay zeka problemlerini çözmeye yönelik bir yöntem sınıfıdır. Makine öğrenimi algoritmaları büyük veri setlerindeki örüntüleri tanır ve bunları kendilerini öğrenmek için kullanır. Her yeni veri seti, matematiksel algoritmaların elde edilen bilgilere göre gelişmesini ve uyum sağlamasını sağlar, bu da önerilerin ve tahminlerin doğruluğunu sürekli olarak iyileştirmeye olanak tanır.



Şek. 9.2-2 Veri oluşturma teknolojilerinin ve analitik araçların uygulanmasının azalması makine öğrenimi konusuna kapı açmaktadır.

Dünyanın en büyük yatırım fonunun etkili CEO'sunun (en büyük inşaat yazılımı şirketlerinin neredeyse tamamında ve dünyadaki en büyük gayrimenkul miktarına sahip şirketlerde önemli hisselere sahip [55]) 2023 yılında verdiği bir röportajda söylediği gibi - makine öğrenimi inşaat dünyasini değiştirecek.

> *Yapay zeka muazzam bir potansiyele sahip. Çalışma şeklimizi, yaşama şeklimizi değiştirecek. YZ ve robotik, çalışma şeklimizi ve inşa etme şeklimizi değiştirecek ve YZ ve robotiği çok daha fazla üretkenlik yaratmak için bir araç olarak kullanabileceğiz [153].*
>
> - Dünyanın en büyük yatırım fonunun CEO'su, röportaj, Eylül 2023.

Makine Öğrenimi (ML), insan düşüncesinin yönlerini taklit etmek için istatistiksel teknikler kullanarak büyük miktarda veriyi işleyerek çalışır. Ancak çoğu şirket bu tür veri kümelerine sahip değildir ve sahip olsalar bile bunlar genellikle yeterince etiketlenmemiştir. İşte bu noktada anlamsal teknolojiler ve bu bölümün önceki bölümlerinde fizibilitesi tartışılan, ML'nin küçük miktarlardaki verilerle uğraşırken daha etkili olmasını sağlayan bir teknik olan transfer öğrenimi yardımcı olabilir.

Transfer öğrenmenin özü, her bir görevi sıfırdan öğrenmek yerine, ilgili alanlarda kazanılan bilgileri kullanabilmenizdir. Diğer sektörlerdeki kalıpların ve keşiflerin inşaat sektörüne uyarlanabileceğinin ve uygulanabileceğinin farkına varmak gerekir. Örneğin, perakende sektöründe geliştirilen lojistik süreçlerini optimize etme yöntemleri, inşaat tedarik zinciri yönetiminin verimliliğini artırmaya yardımcı olur. Finans alanında aktif olarak kullanılan büyük veri analizi, inşaat projelerinde maliyet tahmini ve risk yönetimine uygulanabilir. Endüstride geliştirilmekte olan bilgisayarla görme ve robotik teknolojileri ise otomatik kalite kontrol, güvenlik izleme ve şantiye tesisleri yönetiminde şimdiden uygulama alanı bulmaktadır.

> Transfer öğrenimi sadece inovasyonların hayata geçirilmesini hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda diğer sektörlerin halihazırda birikmiş deneyimlerini kullanarak bunların geliştirilme maliyetini de düşürür.

Şekil 9.2-3 Yapay Zeka teknolojileri ve robotik, inşaat sektöründe verimliliği artırmak için geleceğin ana itici gücü olacaktır.

İnsan düşüncesi de benzer bir ilkeye göre düzenlenmiştir: yeni problemleri çözmek için daha önce edinilen bilgiler üzerine inşa ederiz (Şekil 4.4-19, Şekil 4.4-20, Şekil 4.4-21). Makine öğreniminde de bu yaklaşım işe yaramaktadır - veri modelini basitleştirerek ve daha zarif hale getirerek, makine öğrenimi algoritmaları için problemin karmaşıklığını azaltabiliriz. Bu da büyük miktarda veriye olan ihtiyacı azaltır ve hesaplama maliyetini düşürür.

Öznel değerlendirmeden istatistiksel tahmine

Stratejik kararların bireysel yöneticilerin sezgilerine bağlı olduğu dönem (Şekil 9.2-4) geçmişte kalmıştır. Giderek daha rekabetçi ve zorlu hale gelen bir ekonomik ortamda, öznel bir yaklaşım çok riskli ve verimsiz hale gelmektedir. verilerini objektif olarak analiz etmek yerine kişisel görüşlerine güvenmeye devam eden şirketler değişime hızlı yanıt verme yeteneğini kaybetmektedir.

Rekabet ortamı, verilere, istatistiksel modellere ve hesaplanabilir olasılıklara dayalı doğruluk ve tekrarlanabilirlik gerektirmektedir. Kararlar artık hislere dayalı olamaz, analitik ve makine öğreniminden elde edilen korelasyonlara, trendlere ve tahmin modellerine dayanmalıdır. Bu sadece araçlardaki bir değişiklik değil, aynı zamanda düşünme mantığındaki bir değişikliktir: varsayımlardan kanıtlara, öznel olasılıklardan istatistiksel olarak hesaplanmış sapmalara, hislerden gerçeklere.

Şekil 9.2-4 HiPPO (en yüksek maaşlı çalışanın görüşü) tarafından alınan kararlar dönemi, büyük veri ve makine öğreniminin ortaya çıkmasıyla geçmişte kalacaktır.

Eskiden yalnızca kendi hislerine güvenen yöneticiler kaçınılmaz olarak yeni bir gerçekle yüzleşecekler: artık seçimleri otorite belirlemiyor. Yönetimin merkezinde artık milyonlarca parametre ve vektörü analiz eden, gizli kalıpları belirleyen ve en uygun stratejileri öneren sistemler var.

Günümüzde şirketlerin hala makine öğrenimini uygulamaktan kaçınmasının ana nedeni şeffaflık eksikliğidir. Çoğu model yöneticiler için "kara kutu" olarak çalışmakta ve sonuçlarına tam olarak nasıl ulaştıklarını açıklamamaktadır. Bu da sorunlara yol açmaktadır: algoritmalar kalıplaşmış yargıları güçlendirebilmekte ve hatta Microsoft'un hızla zehirli bir iletişim aracına dönüşen sohbet robotu örneğinde olduğu gibi komik durumlar yaratabilmektedir [154].

> Eski dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov, Deep Thinking adlı kitabında IBM Big Blue bilgisayarı karşısındaki yenilgisi üzerine düşünmektedir [155]. YZ'nin gerçek değerinin insan zekasını kopyalamak değil, yeteneklerimizi tamamlamak olduğunu savunuyor. İnsanlar yaratıcılık getirirken, YZ insanların zayıf olduğu görevleri yerine getirmelidir. Bilgisayarlar satranç analizine yönelik geleneksel yaklaşımı değiştirmiştir. Bilgisayar satranç programları, oyunlar hakkında büyüleyici hikayeler yaratmak yerine, her hamleyi yalnızca gerçek gücüne veya zayıflığına dayanarak tarafsız bir şekilde değerlendirmektedir. Kasparov, insanların olayları bireysel eylemlerden ziyade tutarlı hikayeler olarak görme eğiliminin, sadece satrançta değil, genel olarak hayatta da çoğu zaman yanlış sonuçlara yol açtığını belirtiyor.

Bu nedenle, tahmin ve analiz için makine öğrenimini kullanmayı planlıyorsanız, işinizde makine öğrenimi araçlarını ve AI kullanmaya başlamadan önce temel ilkelerini - algoritmaların nasıl çalıştığını ve verilerin nasıl işlendiğini - anlamak önemlidir. Başlamanın en iyi yolu uygulamalı deneyimdir.

Makine öğrenimi ve tahmin konusuna ilk giriş için en uygun araçlardan biri Jupyter Notebook ve popüler klasik Titanic veri setidir; bu da verileri analiz etmenin ve makine öğrenimi modelleri oluşturmanın temel yöntemlerine görsel bir giriş sağlayacaktır.

Titanic veri seti: Analitik dünyasında Merhaba Dünya veri ve büyük veri

Veri analitiğinde makine öğrenimini kullanmanın en ünlü örneklerinden biri, yolcuların hayatta kalma olasılığını incelemek için sıklıkla kullanılan Titanik veri setinin analizidir. Bu tabloyu öğrenmek, programlama dillerini öğrenirken kullanılan "Merhaba Dünya" programına benzemektedir.

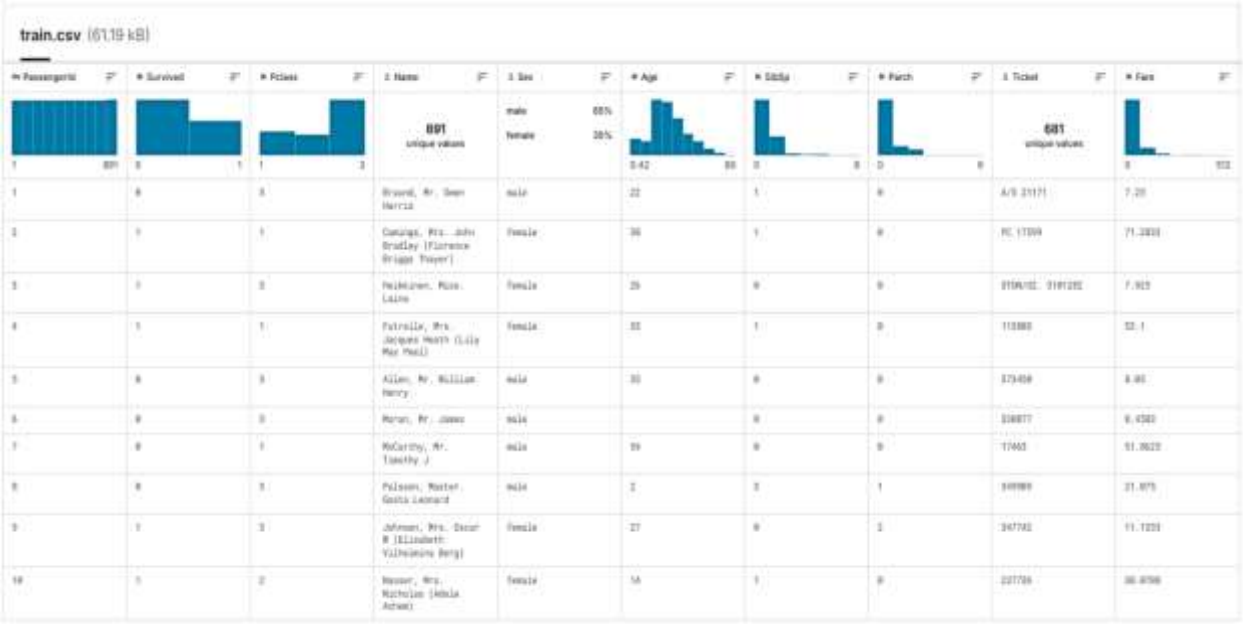
RMS Titanic'in 1912 yılında batması, 2224 kişiden 1502'sinin ölümüyle sonuçlanmıştır. Titanic veri kümesi sadece bir yolcunun hayatta kalıp kalmadığına dair bilgileri değil, aynı zamanda yaş, cinsiyet, bilet sınıfı ve diğer parametreler gibi nitelikleri de içerir. Bu veri seti ücretsizdir ve çeşitli çevrimdışı ve çevrimiçi platformlarda açılıp analiz edilebilir.

```
Titanic veri setine bağlantı:
https://raw.githubusercontent.com/datasciencedojo/datasets/master/titanic.csv
```

Daha önce "LLM özellikli IDE'ler ve gelecekteki programlama değişiklikleri" bölümünde, veri analizi ve makine öğrenimi için en popüler geliştirme ortamlarından biri olan Jupyter Notebook'u tartışmıştık. Jupyter Notebook'un ücretsiz bulut analogları, yazılım yüklemeden Python kodunu çalıştırmanıza ve bilgi işlem kaynaklarına ücretsiz erişim sağlamanıza olanak tanıyan Kaggle ve Google Collab platformlarıdır.

> Kaggle, entegre bir kod yürütme ortamına sahip en büyük veri analitiği, makine öğrenimi yarışma platformudur. Ekim 2023 itibarıyla Kaggle'ın 194 ülkeden 15 milyondan fazla kullanıcısı [156] bulunmaktadır.

Veri setini (bir kopyasını) saklamak ve Python kodunu önceden yüklenmiş kütüphanelerle, özel bir IDE yüklemek zorunda kalmadan doğrudan bir tarayıcıda çalıştırmak için Kaggle platformundaki Titanic veri setini indirin ve kullanın (Şekil 9.2-5).



Şekil 9.2-5 Titanic tablo istatistikleri - veri analitiği ve makine öğrenimini öğrenmek için en popüler eğitim veri seti.

Titanic veri kümesi, 1912 yılında battığı sırada *RMS Titanic* gemisinde bulunan 2.224 yolcuya ait verileri içermektedir. Veri kümesi, eğitim (train.csv) ve test (test.csv) örneği olmak üzere iki ayrı tablo olarak sunulmakta ve böylece hem modellerin eğitimi hem de yeni veriler üzerindeki doğruluklarının değerlendirilmesi için kullanılabilmektedir.

Eğitim veri kümesi hem yolcuların özniteliklerini (yaş, cinsiyet, bilet sınıfı ve diğerleri) hem de kimlerin hayatta kaldığına dair bilgileri ("Hayatta kaldı" ikili değerlerine sahip sütun) içerir. Eğitim veri kümesi (Şekil 9.2-6 - train.csv dosyası) modeli eğitmek için kullanılır. Test veri kümesi (Şekil 9.2-7 - test.csv dosyası) yalnızca kurtulan bilgisi olmayan yolcu özniteliklerini içerir ("Kurtulan" tek bir sütun olmadan). Test veri kümesi, modeli yeni veriler üzerinde test etmek ve doğruluğunu değerlendirmek için tasarlanmıştır.

Dolayısıyla, eğitim ve test veri kümelerinde neredeyse aynı yolcu özelliklerine sahibiz. Tek önemli fark, test veri kümesinde, çeşitli matematiksel algoritmalar kullanarak tahmin etmeyi öğrenmek istediğimiz hedef değişken olan "Survivor" sütununa sahip olmayan yolcuların bir listesine sahip olmamızdır. Ve modeli oluşturduktan sonra, modelimizin çıktısını, sonuçları değerlendirmek için dikkate alacağımız test veri kümesindeki gerçek "Hayatta Kalan" parametresiyle karşılaştırabileceğiz.

Tablonun ana sütunları, eğitim ve test veri setindeki yolcu parametreleri:

- **PassengerId** - benzersiz yolcu tanımlayıcısı
- **Hayatta** kaldı - Yolcu hayatta kaldıysa 1, öldüyse 0 (test setinde mevcut değildir)

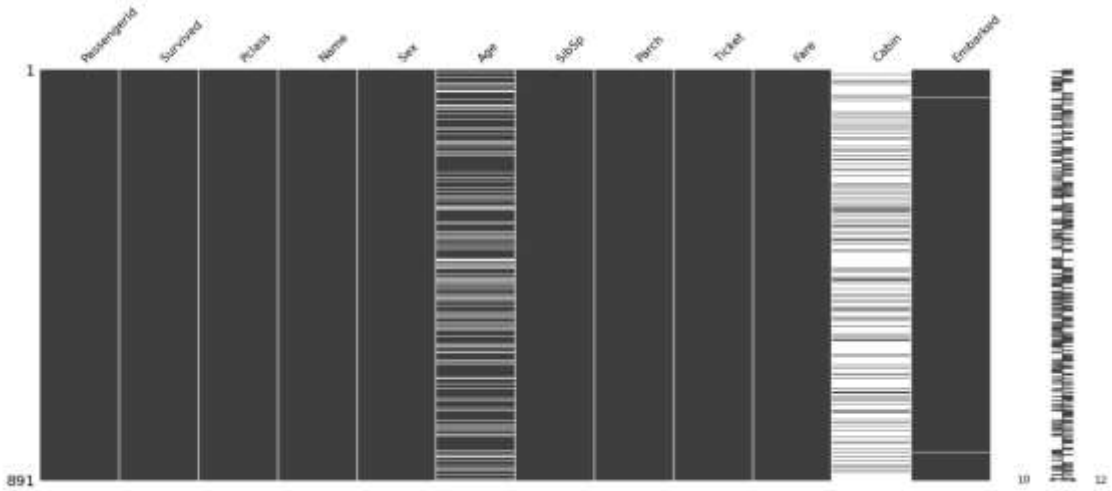
- **Pclass** - bilet sınıfı (1, 2 veya 3)
- **İsim** - yolcunun ismi
- Cinsiyet - yolcunun cinsiyeti (erkek/kadın)
- Yaş
- **SibSp** - gemideki erkek/ kız kardeş veya eş sayısı
- **Parch** - gemideki ebeveyn veya çocuk sayısı
- **Bilet** - bilet numarası
- **Ücret** - bilet fiyatı
- Kabin - kabin numarası (birçok veri eksik)
- **Gemiye binilen** liman gemiye biniş limanıdır (C = Cherbourg, Q = Queenstown, S = Southampton).

Her iki tablodaki eksik verileri görselleştirmek için, eksik değerleri beyaz alanların eksik verileri gösterdiği bir histogram şeklinde görüntüleyen missingno kütüphanesini kullanabilirsiniz (Şekil 9.2-6, Şekil 9.2-7). Bu görselleştirme, işlemeden önce veri kalitesinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar.

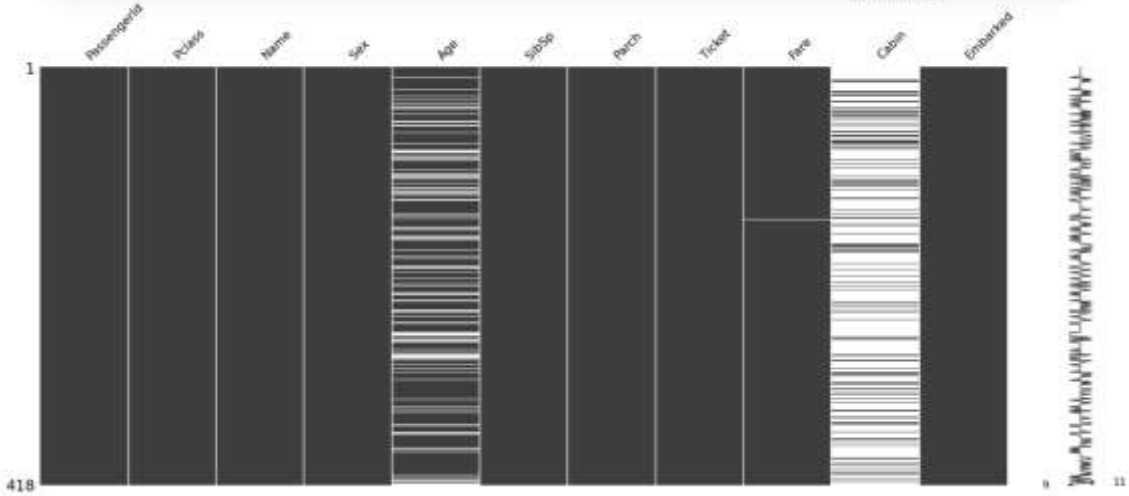
titanic_missingno.py

```python
import pandas as pd
import missingno as msno
import matplotlib.pyplot as plt

# Load the dataset
train = pd.read_csv('train.csv')

# Visualize missing values
msno.matrix(train)
plt.show()
```

Run in IDE



Şekil 9.2-6 Eğitim için anahtar parametrenin "Hayatta Kaldı" parametresi olduğu Titanic eğitim veri setindeki eksik verileri görselleştirmek için birkaç satır kod kullanılır.



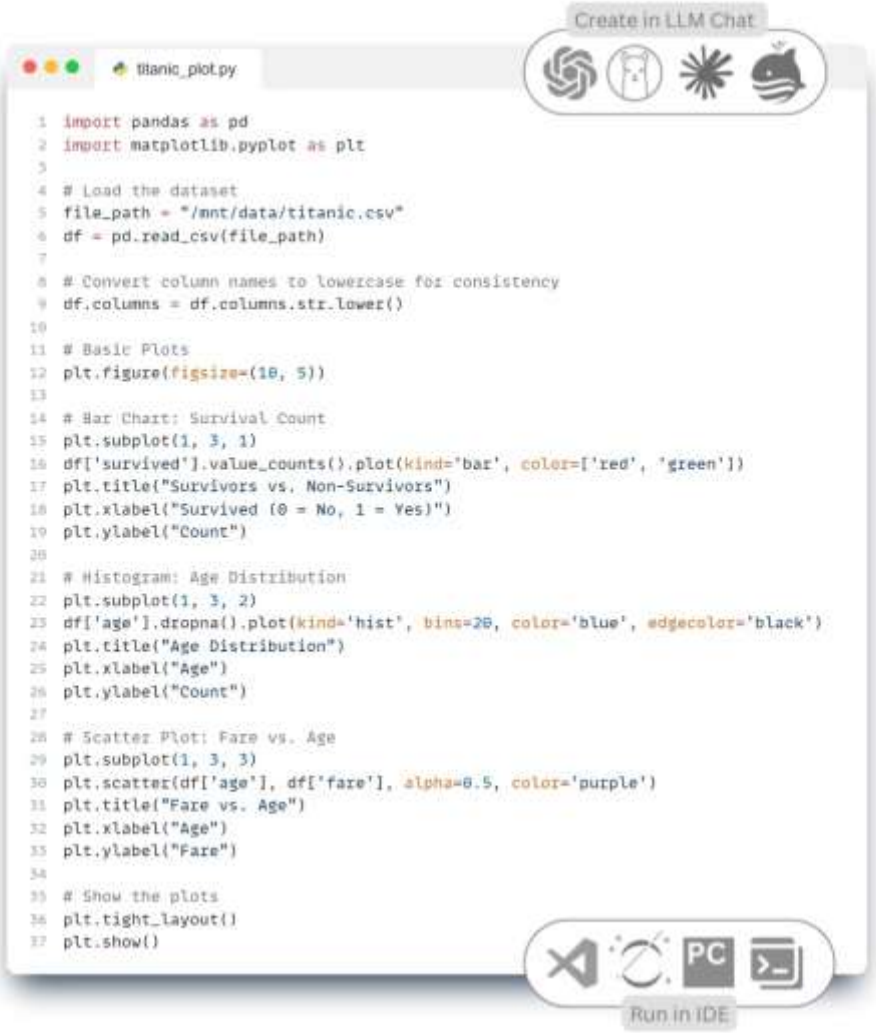
Şekil 9.2-7 Görselleştirme sadece bilgi içermeyen yolcu özelliklerini içeren Titanic test veri setindeki eksik veriler.

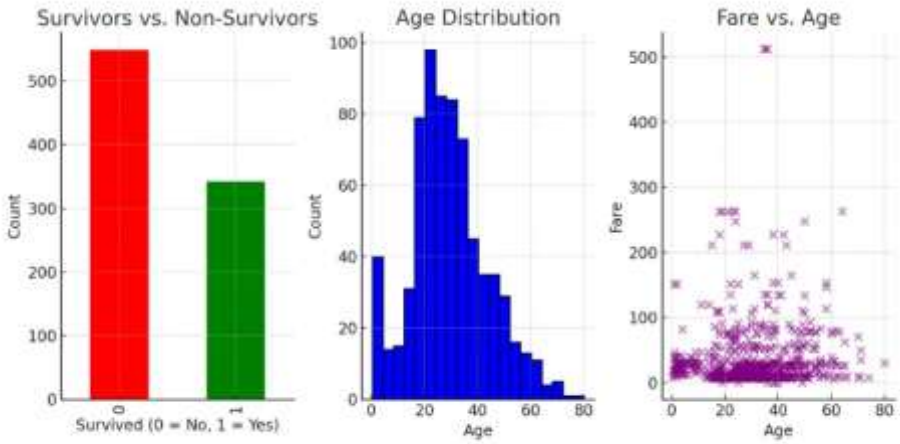
Hipotezleri formüle etmeden ve veri setine dayalı tahminlerde bulunmadan önce, görsel analizler verilerdeki temel kalıpları belirlemeye, kalitesini değerlendirmeye ve olası bağımlılıkları tanımlamaya yardımcı olur. Titanik veri setini daha iyi anlamanıza yardımcı olabilecek birçok görselleştirme tekniği vardır. Yolcu yaş gruplarını analiz etmek için dağılım grafiklerini, cinsiyet ve sınıfa göre hayatta kalma grafiklerini ve bilgi kalitesini değerlendirmek ve verileri anlamak için eksik veri matrislerini kullanabilirsiniz.

- Aşağıdaki metin isteğini herhangi bir LLM modeline (CHATGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN veya herhangi biri) göndererek LLM 'dan Titanic veri kümesindeki verileri görselleştirmemize yardımcı olmasını isteyelim:

> Lütfen Titanik veri seti için bazı basit grafikler gösterin. Veri setini kendiniz indirin ve gösterin ⏎

- LLM yanıtı hazır kod ve veri seti parametrelerini görselleştiren grafikler şeklinde





Şekil 9.2-8 LLM veri kümenizin verilerini anında görselleştirmenize yardımcı olur.

Veri görselleştirme, veri kümesini daha sonra bir makine öğrenimi modelinin oluşturulmasına hazırlamak için önemli bir adımdır ve bu modele yalnızca verilerin anlaşılmasıyla erişilebilir.

Makine öğrenimi iş başında: Titanik yolcularından proje yönetimine

Titanik veri setine dayalı olarak makine öğrenimi çerçevesini keşfetmek için kullanılan ana hipotez, belirli yolcu gruplarının hayatta kalma şansının daha yüksek olduğudur.

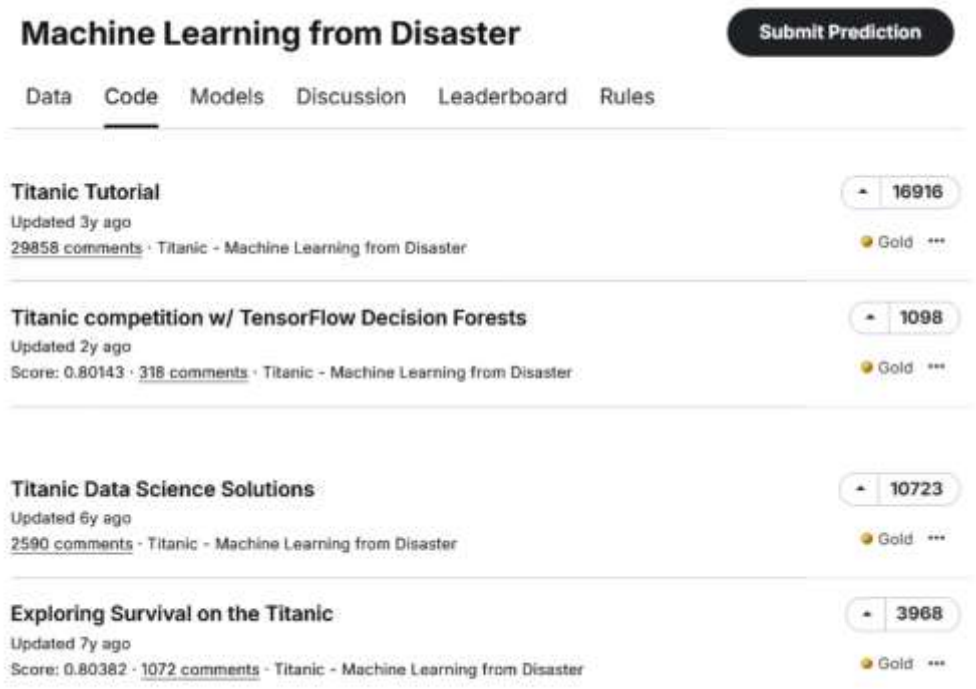
> Titanik yolcularının küçük tablosu tüm dünyada popüler hale geldi ve milyonlarca insan, Titanik yolcuları için eğitim veri setine dayalı olarak hangi algoritmaların ve hipotezlerin en doğru hayatta kalma tahmin modelini oluşturacağını bulmak için eğitim, deney ve model testi için kullanıyor.

Titanic veri setinin çekiciliği kompakt olmasından kaynaklanmaktadır: birkaç yüz satır ve on iki sütunla (Şekil 9.2-6), analiz için geniş bir fırsat sunmaktadır. Veri kümesi, nispeten basit bir şekilde, ikili sınıflandırma çözümünün klasik bir örneğidir, burada problemin amacı - hayatta kalma - uygun 0 veya 1 biçiminde ifade edilir.

> John Wheeler "It from Bit" filminde [7] evrenin ikili seçimler üzerine kurulu olduğunu savunmaktadır. Benzer şekilde, moleküllerden oluşan insanlar tarafından yürütülen bir iş de aslında bir dizi ikili ikili seçim üzerine kuruludur.

Buna ek olarak, veriler gerçek bir tarihi olaya dayanmaktadır ve bu da yapay olarak oluşturulmuş örneklerin aksine araştırma için değerli olmasını sağlamaktadır. Yalnızca Kaggle platformunda, en büyük Veri Ardışık Düzen ve ETL, 1.355.998 kişi Titanic veri kümesi tabanlı meydan okumalara katılarak 53.963 benzersiz Veri Ardışık Düzen çözümü geliştirmiştir [157] (Şekil 9.2-9).

İnanılmaz gibi görünebilir ama Titanik yolcuları hakkında 12 parametreli sadece 1000 satırlık veri milyonlarca hipotez, mantıksal zincir ve benzersiz Veri-Pipeline için bir alan haline geldi. Küçük bir veri setinden, basit hayatta kalma modellerinden gizli kalıpları ve karmaşık mantık labirentlerini dikkate alan karmaşık topluluklara kadar sonsuz içgörü, hipotez ve yorum doğar.



Şekil 9.2-9 Toplam 53.963 hazır ve açık kaynak Boru Hattı çözümü arasından ilk beş çözüm. Sadece Kaggle'da neredeyse 1,5 milyon kişi bu problemi çözmeye çalışmıştır [157].

Bu kadar küçük bir tablo bile milyonlarca benzersiz çözüm üretebiliyorsa (Şekil 9.2-9), parametrelerin on binlerle ölçüldüğü gerçek endüstriyel inşaat veri kümeleri hakkında ne söyleyebiliriz?

Nispeten küçük bir binanın standart bir CAD tasarımı, geometrik özelliklerden maliyet ve zaman niteliklerine kadar binlerce parametreye sahip on binlerce varlık içerir. Şirketinizin yıllar boyunca toplanan tüm projelerinden elde edilen verilerde ne kadar çok potansiyel içgörü, ilişki, tahmin ve yönetim hipotezinin saklı olduğunu bir düşünün. Geçmiş proje verileri sadece bir arşiv değildir - bir kuruluşun yaşayan hafızası, çok sayıda benzersiz hipotez oluşturmak için analiz edilebilen dijital ayak izidir.

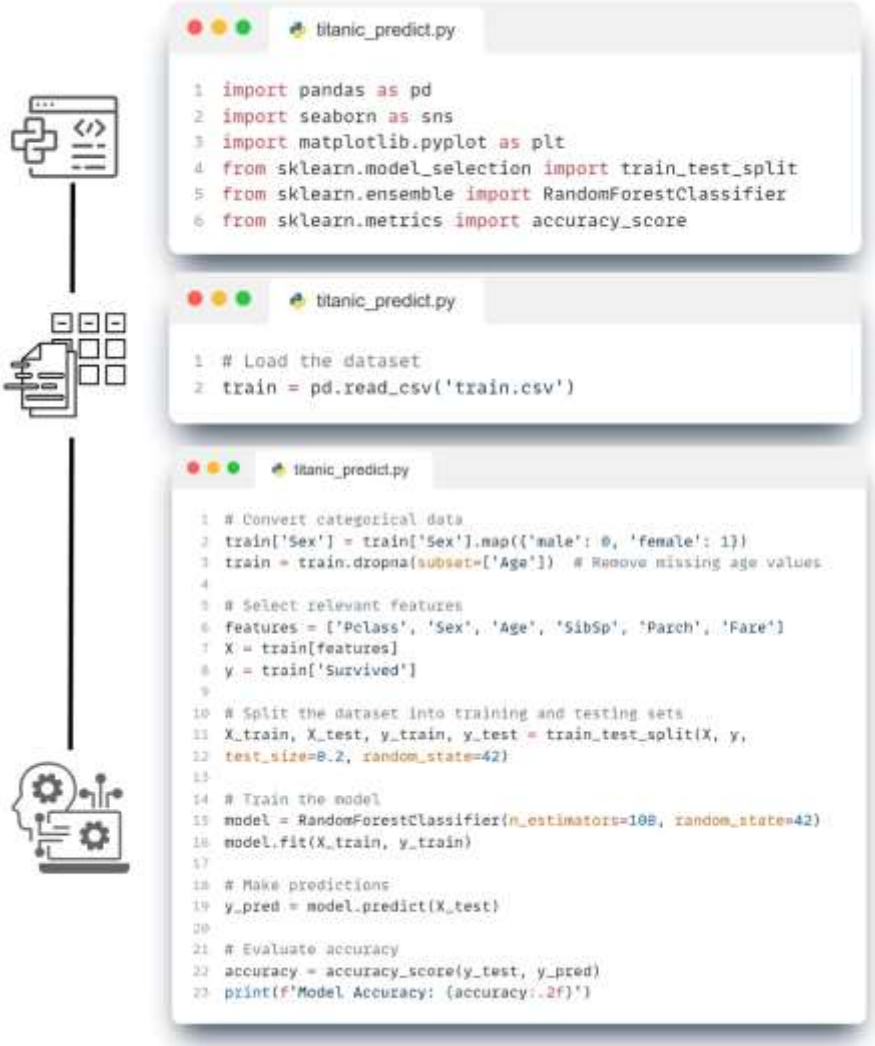
En önemlisi, Kaggle topluluğunun şirketinize veya verilerinize ilgi göstermesini beklemek zorunda değilsiniz. Bugün sahip olduklarınızla çalışmaya başlayabilirsiniz: kendi verileriniz üzerinde analitik çalıştırın, kendi verileriniz üzerinde modelleri eğitin, tekrarları, anomalileri ve kalıplarını belirleyin. Eskiden yıllar süren deneyler ve pahalı danışmanlıklar gerekirken, artık inisiyatif, yüksek lisans, verilere

açık bir yaklaşım ve öğrenmeye istekli olmak yeterli.

- train.csv yolcu eğitim veri setine dayalı olarak yolcu hayatta kalma oranlarını tahmin edecek bir makine öğrenimi algoritması oluşturmak için LLM adresinden bu sorunu bizim için çözmesini isteyelim:

> Titanik yolcu eğitim veri setine dayanarak, hayatta kalma oranlarını tahmin etmek için bir makine öğrenimi modeli oluşturun ⏎

- LLM'nin yanıtı:



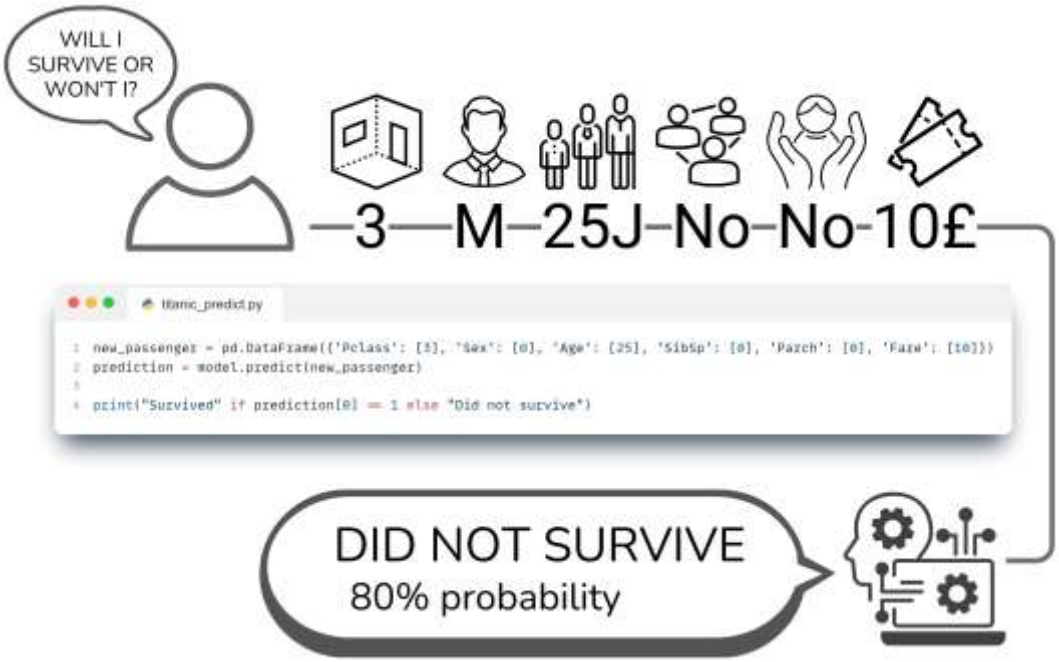
Şekil 9.2-10 LLM, makine öğrenimi algoritması Random Forest kullanarak Titanik'ten kurtulanların bir tahminini oluşturdu.

LLM 'dan elde edilen kod (Şekil 9.2-10) Titanik yolcu verilerini yükler, temizler, kategorik değişkenleri (örneğin cinsiyet sayısal biçime dönüştürür) ve bir yolcunun hayatta kalıp kalmadığını tahmin etmek için RandomForestClassifier algoritması aracılığıyla modeli eğitir (sonraki bölümlerde popüler algoritmalar hakkında daha fazla konuşacağız).

Kod, eğitim verilerini eğitim ve test setlerine ayırır (Kaggle'ın web sitesi eğitim için hazır test.csv (Şekil 9.2-7) ve train.csv (Şekil 9.2-6) oluşturmuştur), ardından model eğitim verileri üzerinde eğitilir ve belirli bir tahmin modelinin ne kadar iyi olduğunu görmek için test verileri üzerinde test edilir. Eğitimden sonra, test.csv'deki test verileri (hayatta kalan veya kalmayanlarla ilgili gerçek verilerle) modele beslenir ve model kimin hayatta kaldığını ve kimin kalmadığını tahmin eder. Bizim durumumuzda, elde ettiğimiz makine öğrenimi modelinin doğruluğu yaklaşık%80'dir, bu da kalıpları oldukça iyi yakaladığını göstermektedir.

> Makine öğrenimi dikdörtgen bir bloğu yuvarlak bir deliğe sığdırmaya çalışan bir çocuğa benzetilebilir. İlk aşamalarda algoritma birçok yaklaşım dener, hatalar ve tutarsızlıklarla karşılaşır. Bu süreç verimsiz görünebilir, ancak önemli bir öğrenme sağlar: her hatayı analiz ederek, model tahminlerini geliştirir ve giderek daha doğru kararlar verir.

Şimdi bu model (Şekil 9.2-10) yeni yolcuların hayatta kalma oranını tahmin etmek için kullanılabilir ve örneğin, model.predict fonksiyonunu parametrelerle kullanarak yolcu beslerseniz: "erkek", "3. sınıf", "25 yaşında", "gemide akrabası yok", model bir tahmin üretecektir -%80 olasılıkla yolcu 1912'de Titanik'te olsaydı felaketten kurtulamayacaktı (Şekil 9.2-11).



Şekil 9.2-11 Yukarıda oluşturduğumuz model artık yeni bir Titanik yolcusunun hayatta kalıp kalmayacağını%80 olasılıkla tahmin edebilir.

Titanik yolcularının hayatta kalma tahmin modeli çok daha geniş bir kavramı göstermektedir: inşaat sektöründe her gün binlerce profesyonel benzer "ikili" kararlar vermektedir - bir kararın, bir projenin, bir tahminin, bir aracın, kar veya zararın, güvenlik veya riskin yaşamı veya ölümü. Sonucun faktörlere (cinsiyet, yaş, sınıf) bağlı olduğu Titanik örneğinde olduğu gibi, inşaatta da kararın her bir yönü kendine özgü birçok faktör ve değişkenden (tablo sütunları) etkilenir: malzeme maliyeti, işçilerin nitelikleri, teslim tarihleri, hava durumu, lojistik, teknik riskler, yorumlar ve yüz binlerce başka parametre.

> İnşaat sektöründe, makine öğrenimi diğer alanlarla aynı ilkeleri izler: modeller, çeşitli hipotezleri test etmek ve en etkili çözümleri bulmak için geçmiş veriler (projelerden, sözleşmelerden, tahminlerden) üzerinde eğitilir. Bu süreç bir çocuğa deneme yanılma yoluyla bir şeyler öğretmeye benzer: her döngüde modeller uyum sağlar ve daha doğru hale gelir.

Birikmiş verilerin kullanımı inşaat için yeni ufuklar açıyor. Zaman alan manuel hesaplamalar yerine, gelecekteki projelerin temel özelliklerini yüksek bir doğruluk derecesiyle tahmin edebilen modeller eğitilebilir. Bu şekilde, tahmine dayalı analitik inşaat sektörünü sadece plan yapabileceğiniz değil, aynı zamanda gelişmeleri güvenle tahmin edebileceğiniz bir alana dönüştürür.

Geçmiş verilere dayalı tahminler ve öngörüler

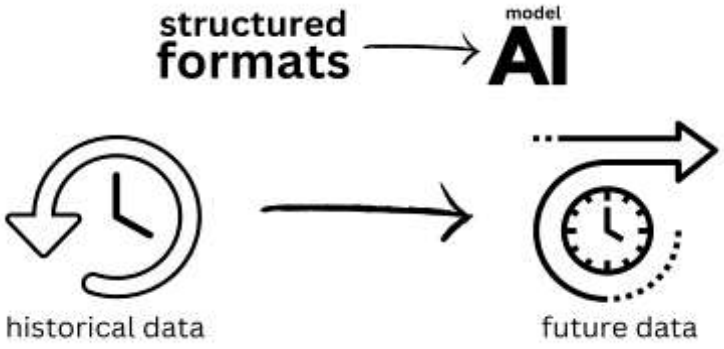
Şirketin projelerinden toplanan veriler, zaman alan manuel hesaplamalar ve karşılaştırmalar

olmaksızın, gelecekte gerçekleştirilecek ve henüz hayata geçirilmemiş nesnelerin maliyet ve zaman özelliklerini tahmin edebilen modeller oluşturma imkanı sunuyor. Bu da öznel varsayımlara değil, sağlam matematiksel tahminlere dayanan değerleme süreçlerini önemli ölçüde hızlandırmayı ve basitleştirmeyi mümkün kılıyor.

Daha önce, kitabın dördüncü bölümünde, kaynak tabanlı yöntem de dahil olmak üzere geleneksel proje maliyet tahmini yöntemlerini ayrıntılı olarak ele almış ve ayrıca parametrik ve uzman yaklaşımlarından bahsetmiştik. Bu yöntemler hala geçerliliğini korumaktadır, ancak modern uygulamada istatistiksel analiz ve makine öğrenimi araçlarıyla zenginleştirilmeye başlanmıştır, bu da tahminlerin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini önemli ölçüde artırabilir.

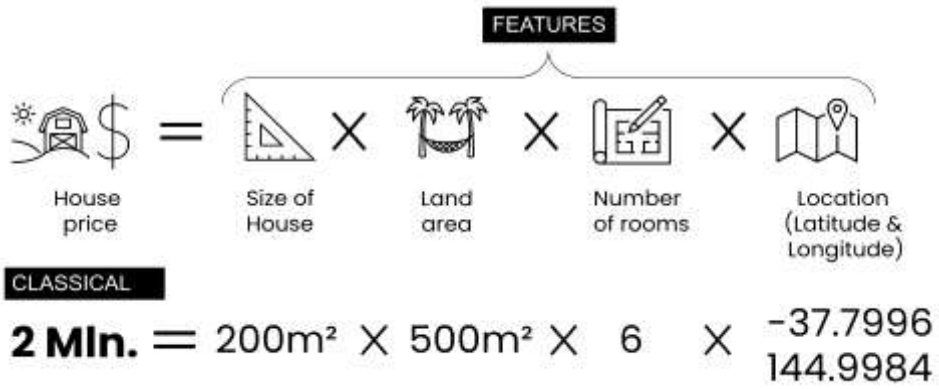
Fiyatların ve zaman özelliklerinin manuel ve yarı otomatik olarak hesaplanması süreçleri, gelecekte geçmiş verileri analiz edebilen, gizli kalıpları bulabilen ve bilinçli kararlar önerebilen makine öğrenimi modellerinin görüş ve tahminleri ile tamamlanacaktır.
Dil modellerinin (LLM) yıllar boyunca açık kaynaklardan toplanan verilere dayanarak metinler, görüntüler ve kodlar oluşturmasına benzer şekilde, yeni veriler ve senaryolar halihazırda mevcut olan bilgilerden otomatik olarak oluşturulacaktır [158].

> Günümüzde insanların gelecekteki olayları değerlendirmek için deneyim, sezgi ve dahili istatistiklere güvenmesi gibi, önümüzdeki yıllarda inşaat projelerinin geleceği giderek artan bir şekilde birikmiş bilgi ve matematiksel makine öğrenimi modellerinin bir kombinasyonu ile belirlenecektir.



Şekil 9.2-12 Nitel ve yapılandırılmış geçmiş şirket verileri, makine öğrenimi modellerinin ve tahminlerin üzerine inşa edildiği malzemedir.

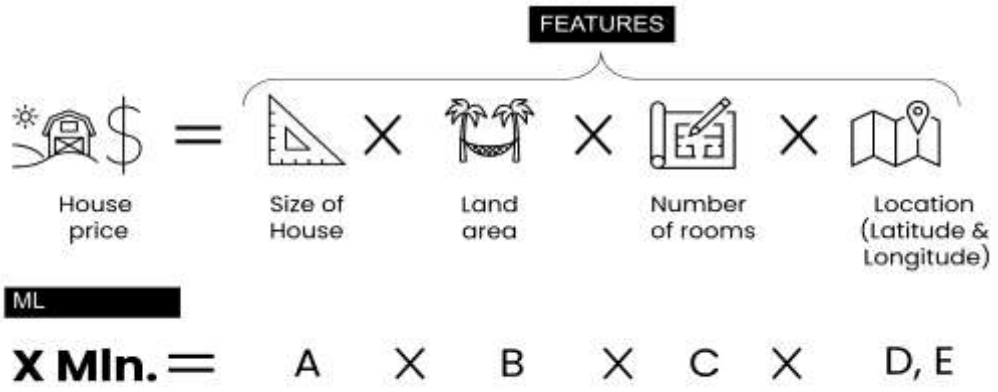
Basit bir örnek ele alalım: bir evin fiyatını, alanı, arsa büyüklüğü, oda sayısı ve coğrafi konumuna göre tahmin etmek. Bir yaklaşım, bu parametreleri analiz eden ve beklenen fiyatı hesaplayan klasik bir model oluşturmaktır (Şekil 9.2-13). Bu yaklaşım, önceden kesin ve bilinen bir formül gerektirir ki bu da gerçek uygulamada neredeyse imkansızdır.



Şek. 9.2-13 Bulunacak sabit bir formülle bir evin değerini tahmin etmek için klasik bir algoritma kullanılabilir.

Makine öğrenimi formüllerin manuel olarak aranmasını ortadan kaldırır ve bunların yerine önceden belirlenmiş denklemlerden kat kat daha doğru olan bağımlılıkları bağımsız olarak belirleyen eğitimli algoritmalar koyar. Alternatif olarak, problemin önceden anlaşılmasına ve eksik olabilecek geçmiş verilere dayalı bir model oluşturacak bir makine öğrenimi algoritması oluşturalım (Şekil 9.2-14).

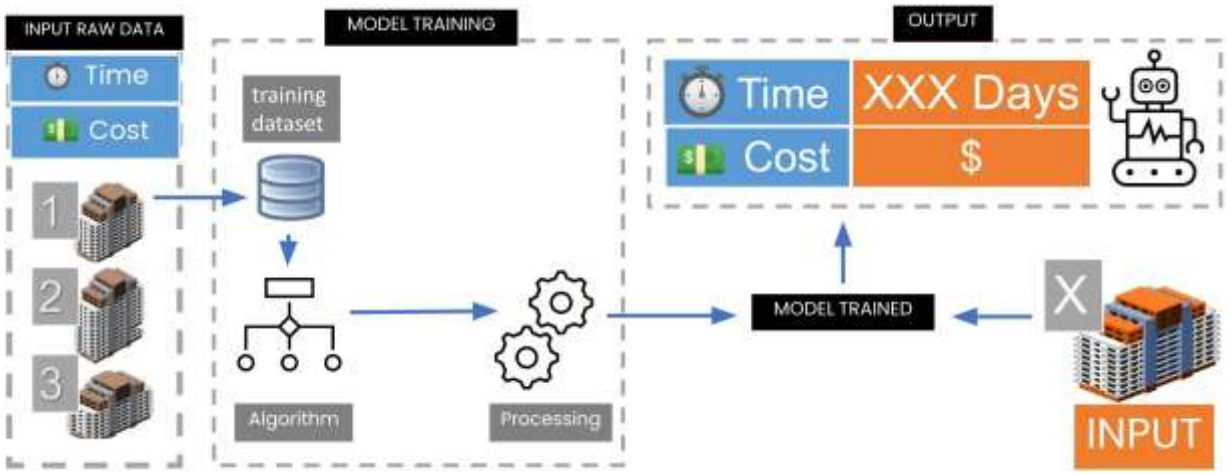
> Fiyatlandırmayı örnek olarak kullanan makine öğrenimi, maliyet oluşum mekanizmasının tam olarak bilinmesini gerektirmeyen farklı türde matematiksel modellerin oluşturulmasını sağlar. Model, önceki projelerdeki verilerden "öğrenir" ve bina parametreleri, maliyetleri ve teslim tarihleri arasındaki gerçek modellere uyum sağlar.



Şekil 9.2-14 Klasik formül tabanlı tahminin aksine, makine öğrenimi algoritması geçmiş veriler üzerinde eğitilir.

Denetimli makine öğrenimi bağlamında, eğitim veri kümesindeki her proje hem girdi niteliklerini (örneğin benzer binaların maliyeti ve süresi) hem de beklenen çıktı değerlerini (örneğin maliyet veya süre) içerir. Benzer bir veri kümesi bir makine öğrenimi modeli oluşturmak ve özelleştirmek için kullanılır (Şekil 9.2-15). Veri kümesi ne kadar büyük ve içindeki verilerin kalitesi ne kadar yüksek olursa,

model o kadar doğru olacak ve tahmin sonuçları da o kadar doğru olacaktır.



Şekil 9.2-15 Geçmiş projelerden elde edilen maliyet ve program verileri üzerinde eğitilen bir makine öğrenimi modeli, yeni bir projenin maliyetini ve programını belirli bir olasılıkla belirleyecektir.

Model oluşturulduktan ve yeni bir projenin inşasını tahmin etmek için eğitildikten sonra, modele yeni proje için yeni nitelikler sağlamak yeterlidir; model, daha önce öğrenilen modellere dayalı olarak belirli bir olasılıkla tahmini sonuçlar sağlayacaktır.

Makine öğreniminin temel kavramları

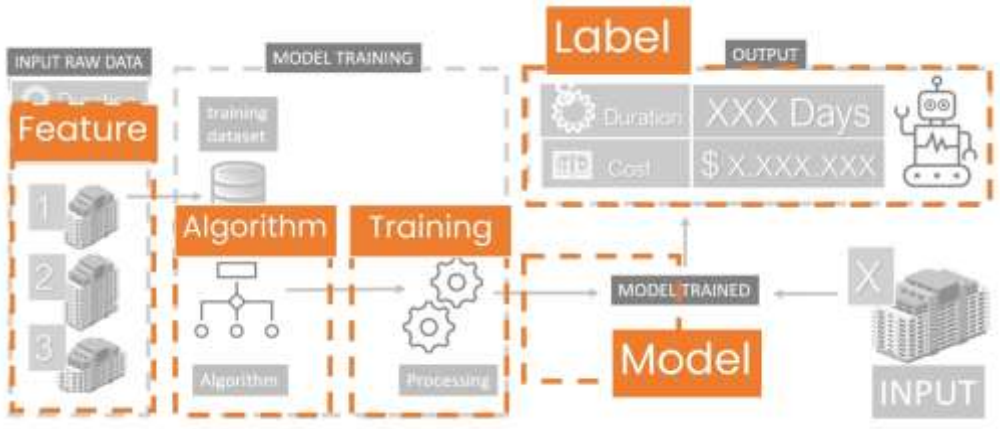
Makine öğrenimi sihir değildir, sadece matematik, veri ve kalıpları bulmaktır. Gerçek bir zekaya sahip değildir, ancak sürekli insan müdahalesi olmadan kalıpları tanımak ve kararlar almak için veriler üzerinde eğitilmiş bir programdır.

Makine öğrenimi, yapısını tanımlamak için bir dizi anahtar kavram kullanır (Şekil 9.2-16):

- **Etiketler**, modelin tahmin etmesi gereken hedef değişkenler veya niteliklerdir (Titanic veri setindeki "Hayatta Kalan" parametresi). Örnek: inşaat maliyeti (örneğin dolar cinsinden), inşaat işinin süresi (örneğin ay cinsinden).
- **Özellikler**, modele girdi olarak hizmet eden bağımsız değişkenler veya özniteliklerdir. Bir tahmin modelinde, etiketleri tahmin etmek için kullanılırlar. Örnekler: arsa büyüklüğü (metrekare cinsinden), bir binanın kat sayısı, bir binanın toplam taban alanı (metrekare cinsinden), coğrafi konum (enlem ve boylam), inşaatta kullanılan malzemelerin türü. Özelliklerin sayısı aynı zamanda verilerin boyutluluğunu da belirler.
- **Bir model**, biri tahmin edilecek veya yaklaştırılacak hedef fonksiyona yaklaşan farklı hipotezler kümesidir. Örnek: inşaat maliyetini ve zamanlamasını tahmin etmek için regresyon analizi tekniklerini kullanan makine öğrenimi modeli.
- **Öğrenme Algoritması Öğrenme Algoritması**, bir dizi eğitim verisi kullanarak hedef

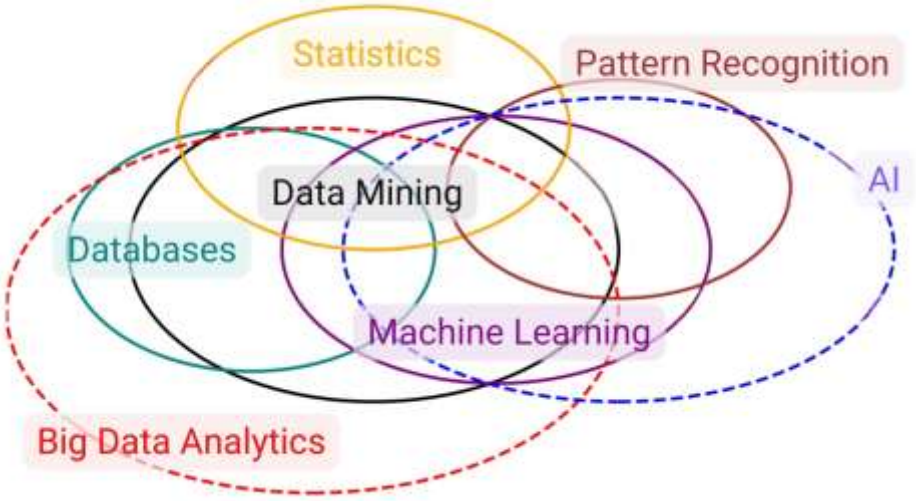
fonksiyonla tam olarak eşleşen bir modelde en iyi hipotezi bulma sürecidir. Örnek: İlişkileri ve kalıpları belirlemek için maliyet ve inşaat süresi verilerini analiz eden bir doğrusal regresyon, KNN veya rastgele orman algoritması.

- **Eğitim** - Eğitim süreci sırasında algoritma, girdi nitelikleri ile hedef etiketler arasındaki ilişkiye karşılık gelen kalıpları bulmak için eğitim verilerini analiz eder. Bu sürecin sonucu, tahmin için hazır olan eğitilmiş bir makine öğrenimi modelidir. Örnek: bir algoritmanın geçmiş inşaat verilerini (maliyet, zaman, tesis özellikleri) analiz ederek bir tahmin modeli oluşturduğu bir süreç.



Şekil 9.2-16 ML, sonuçları tahmin etmek için algoritmalar kullanarak veriler üzerinde eğitilen modeller oluşturmak üzere etiketler ve öznitelikler kullanır.

Makine öğrenimi tek başına var olmayıp istatistik, veri tabanları, veri madenciliği, örüntü tanıma, büyük veri analitiği ve yapay zeka gibi analitik disiplinlerden oluşan daha geniş bir ekosistemin parçasıdır. Şekil 9.2-17, bu alanların birbirleriyle nasıl örtüştüğünü ve birbirlerini nasıl tamamladığını göstermekte ve modern karar verme ve otomasyon sistemleri için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.



Şekil 9.2-17 Veri analizinin farklı alanları arasındaki ilişki: istatistik, makine öğrenimi, yapay zeka, büyük veri, örüntü tanıma ve veri madenciliği.

> Makine öğreniminin temel amacı bilgisayarlara insan müdahalesi veya yardımı olmadan bilgiyi otomatik olarak öğrenme ve eylemlerini buna göre ayarlama yeteneği kazandırmaktır [159].

Dolayısıyla, gelecekte insanın rolü yalnızca makineye bilişsel yetenekler sağlamak olacaktır - koşulları, ağırlıkları ve parametreleri onlar belirleyecek ve makine öğrenimi modeli gerisini halledecektir.

Bir sonraki bölümde algoritma uygulamasının somut örneklerini ele alacağız. Tahminin adım adım nasıl oluşturulduğunu göstermek için gerçek tablolar ve basitleştirilmiş modeller kullanılacaktır.

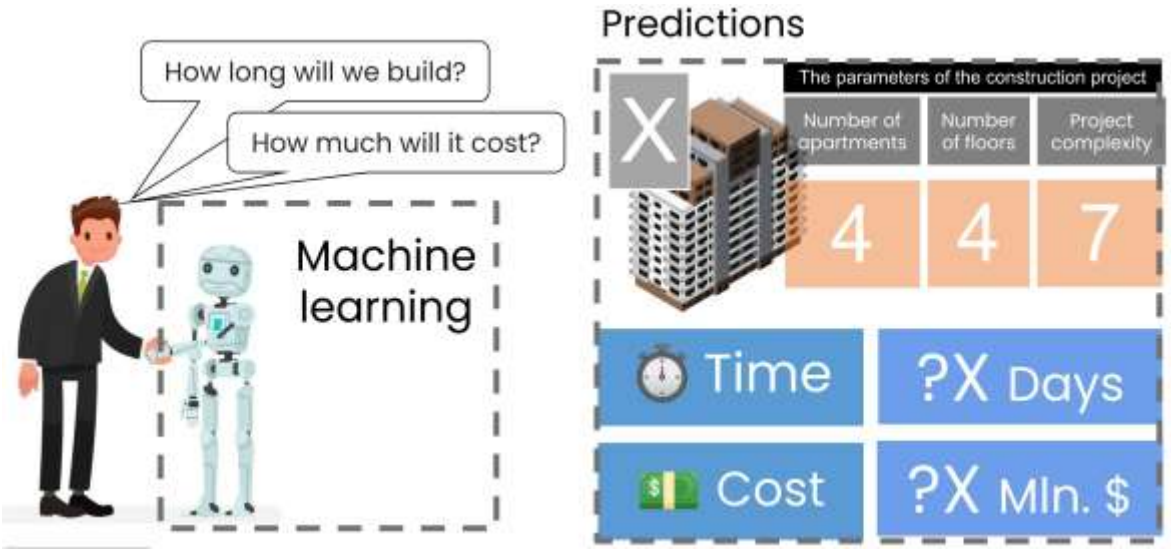
BÖLÜM 9.3.
MAKINE ÖĞRENIMINI KULLANARAK MALIYETLERI VE TESLIM TARIHLERINI TAHMIN ETME

Proje maliyetini ve zaman çizelgelerini bulmak için makine öğrenimi kullanımına bir örnek

İnşaat süresinin ve maliyetinin tahmin edilmesi, bir inşaat şirketinin faaliyetlerindeki kilit süreçlerden biridir. Geleneksel olarak, bu tür tahminler uzmanlar tarafından deneyimlere, referans kitaplarına ve düzenleyici veri tabanlarına dayalı olarak yapılmaktadır. Ancak dijital dönüşüm ve artan veri kullanılabilirliği ile birlikte, bu tür tahminlerin doğruluğunu ve otomasyonunu iyileştirmek için makine öğrenimi (ML) modellerini kullanmak artık mümkün.

Makine öğreniminin inşaat maliyetini ve zamanlamasını hesaplama sürecine dahil edilmesi yalnızca daha verimli bir planlama yapılmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda akıllı modellerin risk yönetiminden lojistik ve tedarikin optimize edilmesine kadar diğer iş süreçlerine entegre edilmesi için bir başlangıç noktası haline gelir.

> Bir projenin inşasının ne kadar süreceğini ve toplam maliyetinin ne olacağını hızlı bir şekilde belirleyebilmek önemlidir. Proje süresi ve maliyetiyle ilgili bu sorular, inşaat sektörünün doğuşundan bu yana geleneksel olarak hem müşterilerin hem de inşaat şirketlerinin zihninde ön planda olmuştur.



Şekil 9.3-1 İnşaat projelerinde, inşaat süresi ve maliyet tahminlerinin hızı ve kalitesi kilit başarı faktörleridir.

Aşağıdaki örnekte, geçmiş projelerden temel veriler çıkarılacak ve bir makine öğrenimi modeli

geliştirmek için kullanılacaktır, bu da modeli yeni parametrelerle yeni inşaat projelerinin maliyetini ve zamanlamasını tahmin etmek için kullanmamızı sağlayacaktır (Şekil 9.3-1).

Üç temel özelliğe sahip üç proje düşünün: daire sayısı (görselleştirme kolaylığı için 100 daire 10 sayısına eşdeğerdir), kat sayısı ve 1 ila 10 arasında bir ölçekte inşaat karmaşıklığının koşullu bir ölçüsü, burada 10 en yüksek karmaşıklık puanıdır. Makine öğreniminde, 100'den 10'a veya 50'den 5'e gibi değerleri dönüştürme ve basitleştirme işlemine "normalleştirme" denir.

> Makine öğreniminde **normalleştirme**, işleme ve analizi kolaylaştırmak için farklı sayısal verileri ortak bir ölçeğe getirme sürecidir. Bu işlem özellikle verilerin farklı ölçeklere ve ölçüm birimlerine sahip olduğu durumlarda önemlidir.

İlk projenin (Şekil 9.3-2) 50 daireye (normalizasyondan sonra 5), 7 kata ve nispeten basit bir inşaat anlamına gelen 2 karmaşıklık puanına sahip olduğunu varsayalım. İkinci proje ise 80 daire, 9 kat ve nispeten karmaşık bir tasarıma sahipti. Bu koşullar altında, birinci ve ikinci apartmanın inşaatı 270 ve 330 gün sürmüş ve toplam proje maliyeti sırasıyla 4,5 milyon dolar ve 5,8 milyon dolar olmuştur.

Şekil 9.3-2 Gelecekteki X projesinin zaman ve maliyetini tahmin etmek için kullanılacak bir dizi geçmiş proje örneği.

Bu tür veriler için bir makine öğrenimi modeli oluştururken, ana görev tahmin için kritik öznitelikleri (veya etiketleri), bu durumda inşaat süresi ve maliyetini belirlemektir. Küçük bir veri kümesiyle, yenilerini planlamak için önceki inşaat projeleri hakkındaki bilgileri kullanacağız: makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak, yeni projenin 40 daire, 4 kat ve 7 gibi nispeten yüksek bir proje karmaşıklığı gibi verilen niteliklerine dayanarak yeni bir X projesinin maliyetini ve inşaat süresini tahmin etmemiz gerekir (Şekil 9.3-2). Gerçek dünya ortamında, girdi parametrelerinin sayısı çok daha fazla olabilir, onlarca faktörden yüzlerce faktöre kadar değişebilir. Bunlar arasında inşaat malzemelerinin türü, iklim bölgesi, yüklenicilerin yeterlilik düzeyi, kamu hizmetlerinin mevcudiyeti, temel türü, işlerin başlama mevsimi, ustabaşıların yorumları vb. yer alabilir.

> Tahmine dayalı bir makine öğrenimi modeli oluşturmak için, bunu oluşturacak bir algoritma seçmemiz gerekir. Makine öğreniminde bir algoritma bilgisayara nasıl tahminde bulunacağını (parametreleri doğru sırayla karıştırmayı) veya verilere dayalı kararlar almayı öğreten matematiksel bir reçete gibidir.

Geçmiş inşaat projelerine ilişkin verileri analiz etmek ve gelecekteki projelerin süresini ve maliyetini tahmin etmek için (Şekil 9.3-2), popüler bir makine öğrenimi algoritması kullanılabilir:

- **Doğrusal regresyon (Doğrusal regresyon):** Bu algoritma, nitelikler arasında, örneğin kat sayısı ile inşaat maliyeti arasında doğrudan bir ilişki bulmaya çalışır. Algoritmanın amacı, bu ilişkiyi en iyi şekilde tanımlayan ve tahminlerde bulunmayı sağlayan doğrusal bir denklem bulmaktır.
- **Algoritma k-en yakın komşular (k-NN):** bu algoritma yeni bir projeyi boyut veya karmaşıklık açısından benzer olan geçmiş projelerle karşılaştırır. k-NN, verileri k (sayı) eğitim örneğinden hangisinin kendisine en yakın olduğuna göre sınıflandırır. Regresyon bağlamında sonuç, k en yakın komşunun ortalaması veya medyanıdır.
- **Karar Ağaçları**: Bir ağaç yapısı kullanarak verileri farklı koşullara göre alt kümelere ayıran bir tahmine dayalı modellemedir. Ağacın her bir düğümü, verilerin daha fazla bölünmesine yol açan bir koşulu veya soruyu temsil eder ve her bir yaprak nihai tahmini veya sonucu temsil eder. Algoritma bir tahminde bulunmak için verileri önce hikaye sayısı, sonra karmaşıklık ve benzeri gibi farklı özelliklere göre daha küçük gruplara ayırır.

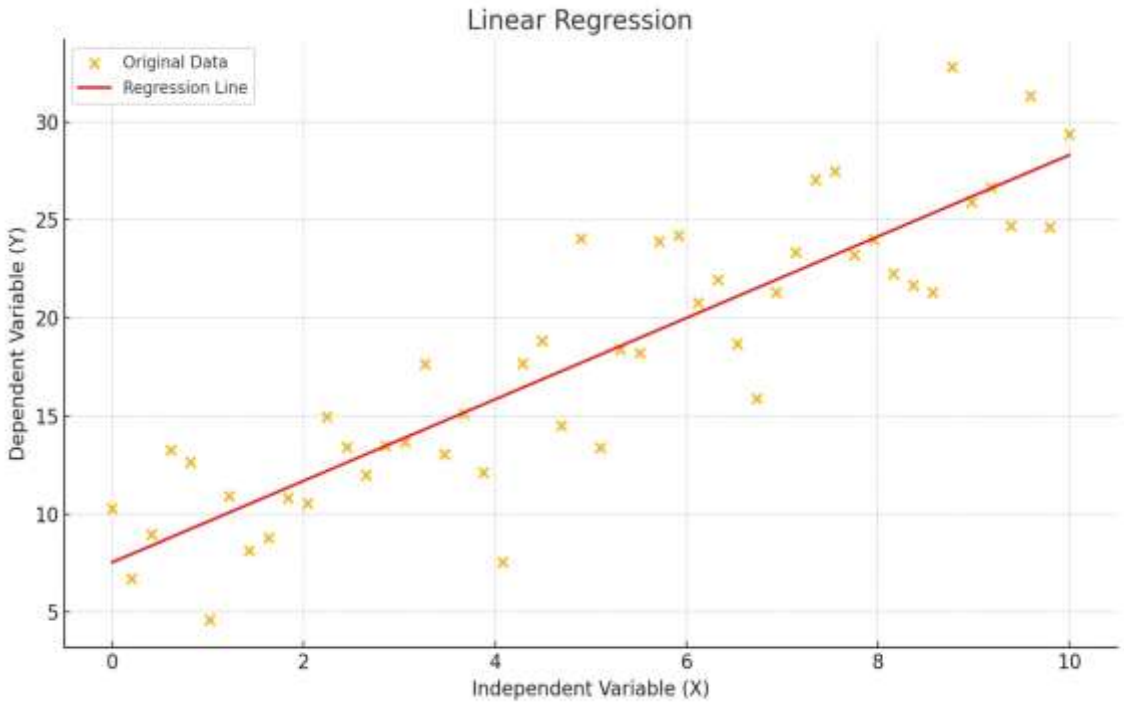
İki popüler algoritmayı örnek olarak kullanarak yeni bir projenin maliyetini tahmin etmek için makine öğrenimi algoritmalarına bir göz atalım: doğrusal regresyon ve K-en yakın komşular algoritması.

Doğrusal regresyon kullanarak proje maliyet ve zaman tahmini

Doğrusal regresyon, bir veya daha fazla başka değişkenle doğrusal bir ilişkiye dayalı olarak bir değişkenin değerini tahmin eden temel bir veri analizi algoritmasıdır. Bu model, bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasında doğrudan doğrusal bir ilişki olduğunu varsayar ve algoritmanın amacı bu ilişkiyi bulmaktır.

> Doğrusal regresyonun basitliği ve anlaşılırlığı, onu çeşitli alanlarda popüler bir araç haline getirmiştir. Tek bir değişkenle uğraşırken, doğrusal regresyon veri noktalarına en iyi uyan doğruyu bulmakla ilgilidir.

Doğrusal regresyon girdi değişkeni X ile çıktı değişkeni Y arasındaki bağımlılığa yaklaşan en iyi düz çizgiyi (kırmızı çizgi) bulur. Bu doğru, tanımlanan doğrusal ilişkiye dayanarak yeni X değerleri için Y değerlerinin tahmin edilmesini sağlar (Şekil 9.3-3).



Şek. 9.3-3 Doğrusal regresyonun prensibi, eğitim değerleri üzerinden en iyi düz çizgiyi bulmaktır.

Bu çizgi, bağımsız değişkenin (X) bir değerinin girilmesinin bağımlı değişkenin (Y) tahmin edilen bir değerini ürettiği bir denklemle temsil edilir. Bu süreç, X'in bilinen değerlerinden Y'nin aralarında doğrusal bir ilişki kullanılarak verimli bir şekilde tahmin edilmesini sağlar. İstatistiksel olarak ortalaması alınmış böyle bir doğrunun bulunmasına bir örnek, farklı tesis türleri için doğrusal regresyon kullanılarak enflasyonun hesaplandığı San Francisco İnşaat İzni Veri Değerlendirmesinde görülebilir (Şekil 9.1-7).

Proje veri tablosunu (önceki bölümden Şekil 9.3-2) doğrudan LLM 'a yükleyelim ve bizim için basit bir makine öğrenimi modeli oluşturmasını isteyelim.

- LLM sohbetine bir metin isteği gönderin (CHATGP, LlaMa, Mistral DeepSeek, Grok, Claude, QWEN:

> Yeni bir X projesini gerçekleştirmenin maliyetini ve süresini tahmin etmek için basit bir makine öğrenimi modelinin oluşturulmasını göstermemiz gerekiyor (Şekil 9.3-2 ekteki resim) ⏎

LLM'nin yanıtı:

Create in LLM Chat

Linear regression.py

```
1  from sklearn.linear_model import LinearRegression
2  import numpy as np
3
4  # Data from the image
5  # Features: Number of apartments, number of floors, project complexity
6  X = np.array([
7      [5, 7, 2],
8      [8, 9, 6],
9      [3, 5, 3]
10 ])
11
12 # Targets: Time (days), Cost ($)
13 y_time = np.array([270, 330, 230])
14 y_cost = np.array([4502000, 5750000, 3262000])
15
16 # Creating linear regression models for time and cost
17 model_time = LinearRegression()
18 model_cost = LinearRegression()
19
20 # Training the models
21 model_time.fit(X, y_time)
22 model_cost.fit(X, y_cost)
23
24 # The new project's features
25 X_new = np.array([[4, 4, 7]])
26
27 # Predicting the time and cost for the new project
28 predicted_time = model_time.predict(X_new)
29 predicted_cost = model_cost.predict(X_new)
30
31 predicted_time, predicted_cost
```

PC

Run in IDE

Result

```
(array([238.44444444]), array([3042337.77777778]))
```

Şekil 9.3-4 LLM proje maliyetini ve süresini tahmin etmek üzere bir makine öğrenimi modeli oluşturmak için doğrusal regresyonu seçmiştir.

LLM ekteki görüntüden tabloyu otomatik olarak tanımış ve verileri görsel formattan bir tablo dizisine dönüştürmüştür (Şekil 9.3-4 - satır 6). Bu dizi, doğrusal regresyon kullanan bir makine öğrenimi modelinin (Şekil 9.3-4 - 17-22. satır) oluşturulduğu özellikler ve etiketler oluşturmak için temel olarak kullanılmıştır.

"Son derece küçük" bir veri kümesi üzerinde eğitilen temel bir doğrusal regresyon modeli kullanılarak Proje X olarak etiketlenen yeni bir varsayımsal inşaat projesi için tahminler yapılmıştır. Problemimizde,

bu proje 40 daire, 4 kat ve 7 karmaşıklık seviyesi ile karakterize edilmektedir (Şekil 9.3-2).

Yeni X Projesi için sınırlı ve küçük bir veri setine dayanan doğrusal regresyon modeli tarafından tahmin edildiği gibi (Şekil 9.3-4 - satır 24-29):

- **İnşaat süresi** yaklaşık 238 gün (238.4444444) olacaktır.
- **Toplam harcama** yaklaşık olarak$ 3,042,338 (3042337.777) olacaktır.

Proje maliyeti hipotezini daha fazla araştırmak için farklı makine öğrenimi algoritmaları ve yöntemleri ile denemeler yapmak faydalı olacaktır. Bu nedenle, K-En Yakın Komşular algoritmasını (k-NN) kullanarak küçük bir geçmiş veri kümesine dayalı olarak yeni bir X projesi için aynı maliyet ve zaman değerlerini tahmin edelim.

K-en yakın komşu algoritması kullanılarak proje maliyet ve zaman tahminleri (k-NN)

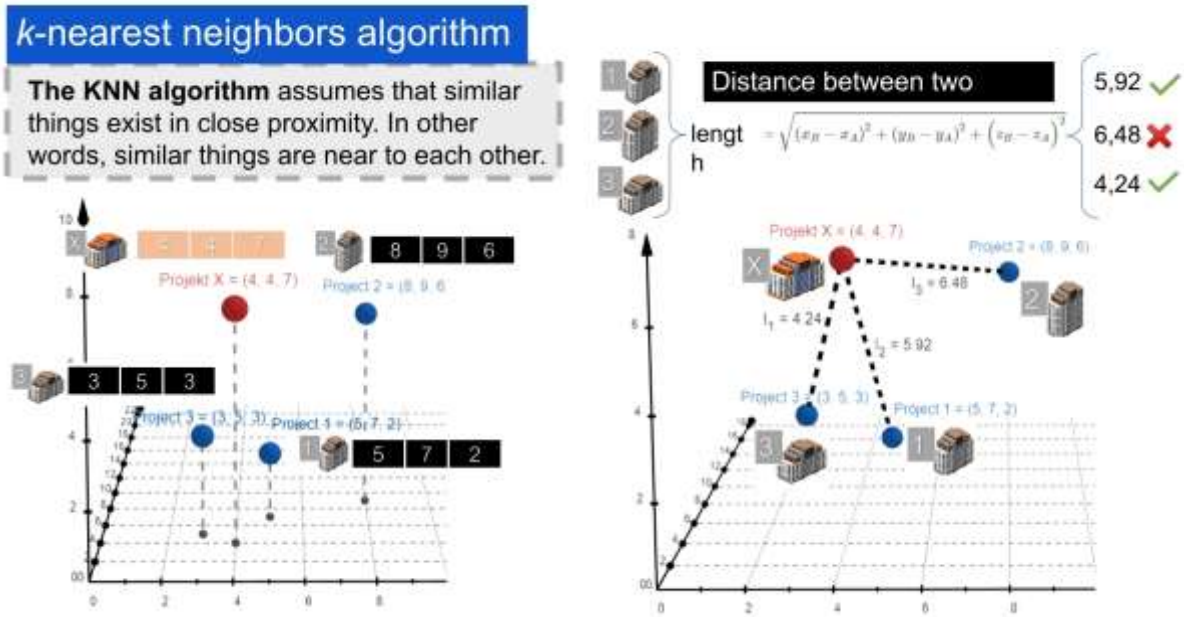
Yeni bir projenin maliyetini ve süresini tahmin etmek için ek bir tahminci olarak k-En Yakın Komşular (k-NN) algoritmasını kullanıyoruz. K-En Yakın Komşular (k-NN) algoritması hem sınıflandırma hem de regresyon için denetimli bir makine öğrenimi (supervised machine learning) yöntemidir. Daha önce k-NN algoritmasını vektör veritabanı arama (Şekil 8.2-2) bağlamında da tartışmıştık; burada en yakın vektörleri (örneğin metinler, resimler veya teknik açıklamalar) bulmak için kullanılır. Bu yaklaşımda, her proje çok boyutlu bir uzayda bir nokta olarak temsil edilir ve burada her boyut projenin belirli bir özelliğine karşılık gelir.

Bizim durumumuzda, her bir projenin üç niteliği göz önüne alındığında, bunları üç boyutlu bir uzayda noktalar olarak temsil edeceğiz (Şekil 9.3-5). Böylece, yaklaşmakta olan X projemiz bu uzayda (x=4, y=4, z=7) koordinatlarıyla konumlandırılacaktır. Gerçek dünya koşullarında, nokta sayısının ve uzayın boyutluluğunun büyüklük sırasına göre daha büyük olabileceği unutulmamalıdır.

> K-NN (k-nearest neighbours) algoritması, istenen X projesi ile eğitim veritabanındaki projeler arasındaki mesafeyi ölçerek çalışır. Algoritma bu mesafeleri karşılaştırarak yeni proje X'in noktasına en yakın olan projeleri belirler.

Örneğin, orijinal veri setimizdeki ikinci proje (x=8, y=9, z=6) X'e (Şekil 9.3-5) diğer projelerden çok daha uzaksa, daha ileri analizlerden çıkarılabilir. Sonuç olarak, ortalama değerin belirleneceği hesaplamalar için yalnızca en yakın iki (k=2) proje kullanılabilir.

Böyle bir yöntem, komşuluk araştırması yoluyla, projeler arasındaki benzerliklerin değerlendirilmesine olanak tanır ve bu da daha önce uygulanmış benzer projelere dayalı olarak yeni bir projenin olası maliyeti ve zamanlaması hakkında sonuçlar çıkarılmasına yardımcı olur.



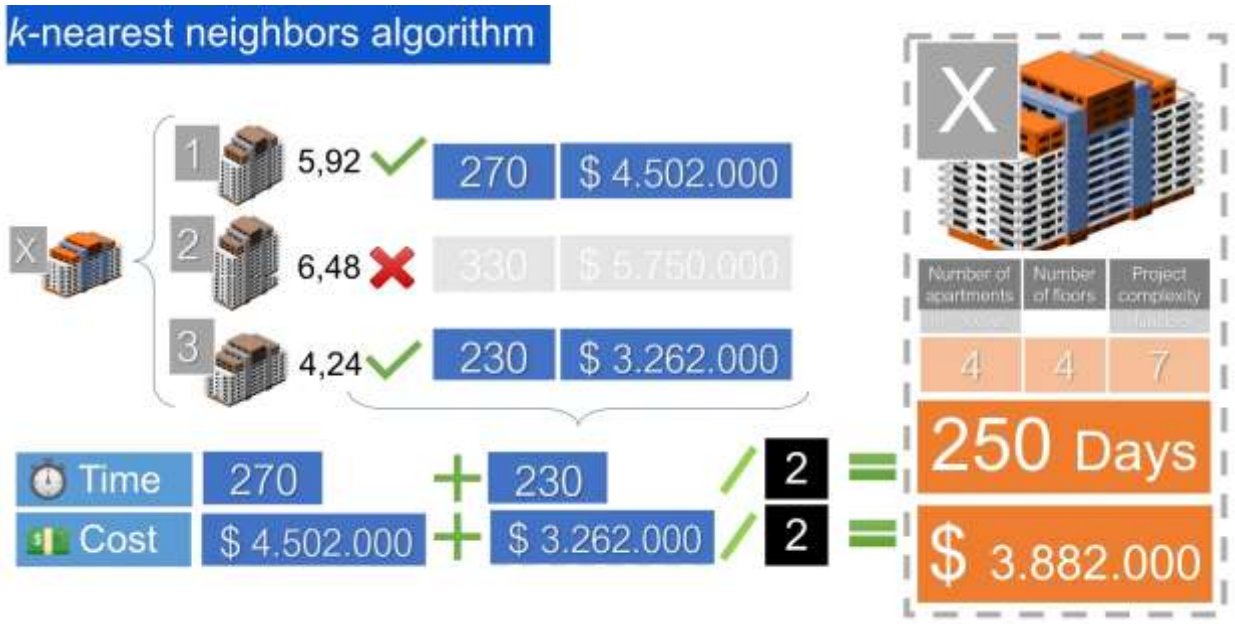
Şekil 9.3-5 K-NN algoritmasında, projeler çok boyutlu bir uzayda noktalar olarak temsil edilir ve benzerlik değerlendirmesi ve tahmini için mesafelere göre en yakın projeler seçilir.

k-NN'nin çalışması birkaç temel adımı içerir:

- **Veri hazırlama:** önce eğitim ve test veri kümeleri yüklenir. Eğitim verileri algoritmayı "eğitmek" için, test verileri ise algoritmanın verimliliğini kontrol etmek için kullanılır.
- **K parametresinin seçilmesi:** Algoritmada kaç tane en yakın komşunun (veri noktası) dikkate alınması gerektiğini gösteren bir K sayısı seçilir. "K" değeri çok önemlidir çünkü sonucu etkiler.
- Sınıflandırma süreci ve test verileri için regresyon:
  - **Uzaklıkların hesaplanması:** test verilerindeki her bir eleman için eğitim verilerindeki her bir elemana olan uzaklık hesaplanır (Şekil 9.3-5). Bunun için Öklid mesafesi (en yaygın yöntem), Manhattan mesafesi veya Hamming mesafesi gibi farklı mesafe ölçüm yöntemleri kullanılabilir.
  - **K en yakın komşuların sıralanması ve seçilmesi:** mesafeler hesaplandıktan sonra sıralanır ve test noktasına en yakın K nokta seçilir.
  - **Bir test noktasının** sınıfının **veya değerinin belirlenmesi:** eğer bu bir sınıflandırma görevi ise, test noktasının sınıfı seçilen K komşu arasında en sık rastlanan sınıfa göre belirlenir. Bir regresyon görevi ise, K komşu değerlerinin ortalaması (veya başka bir merkezi eğilim ölçüsü) hesaplanır.
- **Sürecin tamamlanması:** tüm test verileri sınıflandırıldıktan veya bunlar için tahminler yapıldıktan sonra süreç tamamlanmış olur.

k-en yakın komşular algoritması (k-NN) birçok pratik uygulamada etkilidir ve makine öğrenimi uzmanlarının cephaneliğindeki ana araçlardan biridir. Bu algoritma, özellikle veriler arasındaki ilişkilerin yorumlanmasının kolay olduğu görevlerde basitliği ve verimliliği nedeniyle popülerdir.

Örneğimizde, K-en yakın komşular algoritması uygulandıktan sonra, X projesine en kısa mesafeye sahip iki proje (küçük örneğimizden) belirlenmiştir (Şekil 9.3-5). Bu projelere dayanarak, algoritma fiyatlarının ve inşaat sürelerinin ortalamasını belirler. Analizden sonra (Şekil 9.3-6), algoritma, en yakın komşuların ortalamasını alarak, X projesinin yaklaşık$ 3.800.000 $'a mal olacağı ve tamamlanmasının yaklaşık 250 gün süreceği sonucuna varır.

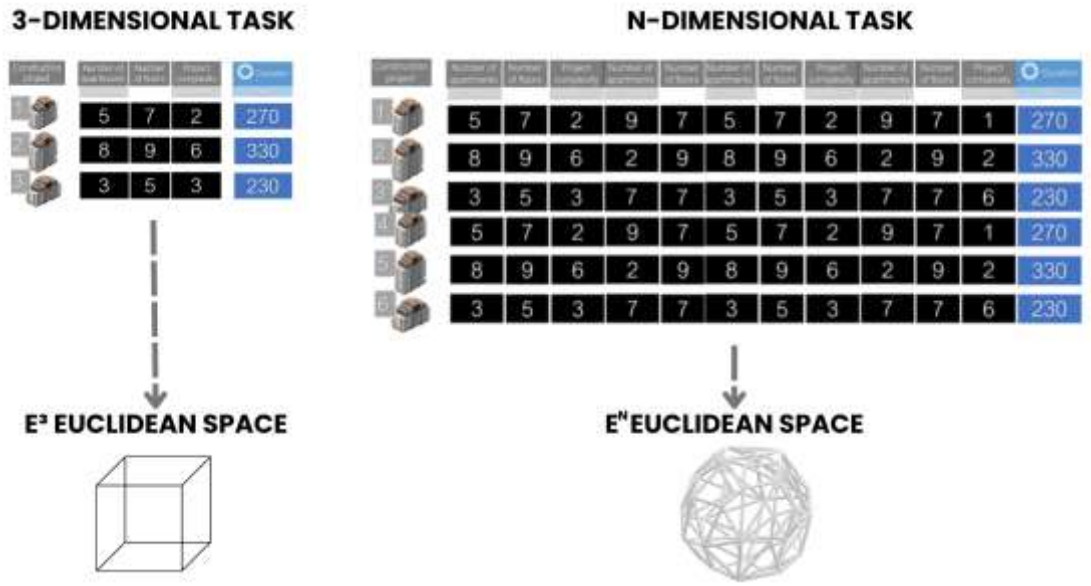


Şekil 9.3-6 K-en yakın komşular algoritması, örneklemdeki en yakın iki projeyi analiz ederek X projesinin maliyetini ve programını belirler.

k-En Yakın Komşular (k-NN) algoritması özellikle belirli bir kullanıcının ilgi alanlarına benzer tercihlere dayalı olarak ürün veya içerik önermek için kullanıldığı tavsiye sistemleri gibi sınıflandırma ve regresyon görevlerinde popülerdir. Buna ek olarak, k-NN tıbbi teşhislerde hasta semptomlarına dayalı hastalık türlerini sınıflandırmak için, örüntü tanımada ve finans sektöründe müşterilerin kredi itibarını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sınırlı verilerle bile, makine öğrenimi modelleri faydalı tahminler sağlayabilir ve inşaat proje yönetiminin analitik bileşenini önemli ölçüde geliştirebilir. Geçmiş veriler genişletildikçe ve temizlendikçe, daha sofistike modellere geçmek mümkündür - örneğin, inşaatın türü, yeri, inşaatın başladığı mevsim ve diğer faktörler dikkate alınarak.

Basitleştirilmiş görevimizde 3D uzayda görselleştirme için üç öznitelik kullanılmıştır, ancak gerçek projeler ortalama olarak yüzlerce veya binlerce öznitelik içerir ("CAD tabanlı büyük veri örneği (BIM)" bölümündeki veri setine bakın), bu da uzayın boyutluluğunu ve projeleri vektör olarak temsil etmenin karmaşıklığını önemli ölçüde artırır (Şekil 9.3-7).



Şekil 9.3-7 Basitleştirilmiş örnekte, 3D -görselleştirme için üç nitelik kullanılmıştır, gerçek projelerde ise daha fazlası vardır.

Farklı algoritmaların 40 daireli, 4 katlı ve karmaşıklık seviyesi 7 olan X projesi için aynı veri setine uygulanması farklı tahmini değerler vermiştir. doğrusal regresyon algoritması 238 gün tamamlanma süresi ve$ 3,042,338 maliyet öngörürken (Şekil 9.3-4), k-NN algoritması 250 gün ve$ 3,882,000 maliyet öngörmüştür (Şekil 9.3-6).

Makine öğrenimi modelleri kullanılarak elde edilen tahminlerin doğruluğu, doğrudan girdi verilerinin hacmine ve kalitesine bağlıdır. Eğitime ne kadar çok proje dahil edilirse ve bunların özellikleri (nitelikleri) ve sonuçları (etiketleri) ne kadar eksiksiz ve doğru bir şekilde temsil edilirse, minimum hata değerleriyle güvenilir tahminler elde etme olasılığı o kadar yüksek olur.

Veri ön işleme teknikleri bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır:

- Özellikleri ortak bir ölçeğe getirmek için normalleştirme;
- Aykırı değer tespiti ve eliminasyonu, model bozulmasını ortadan kaldırır;
- Metinsel verilerin manipülasyonuna izin vermek için kategorik özelliklerin kodlanması;
- Kayıp değerlerin doldurulması, modelin sağlamlığının artırılması.

Buna ek olarak, modelin genelleştirilebilirliğini ve yeni veri kümelerine karşı sağlamlığını değerlendirmek için çapraz doğrulama yöntemleri kullanılarak aşırı uyum tespit edilir ve tahminin güvenilirliği artırılır.

> *Kaos, deşifre edilmesi gereken bir düzendir [160].*
>
> - José Saramago, "The Double"

Görevlerinizin kaosu size resmi olarak tanımlanamaz gibi görünse bile, dünyadaki herhangi bir olayın ve özellikle inşaat süreçlerinin, katı formüllerle değil, istatistikler ve tarihsel verilerin yardımıyla değerlerin hesaplanmasının desteğine ihtiyaç duyabilecek matematiksel yasalara tabi olduğunu bilmelisiniz.

Hem geleneksel maliyetlendirme departmanı tahminleri hem de makine öğrenimi modelleri kaçınılmaz olarak belirsizlik ve potansiyel hata kaynaklarıyla karşı karşıyadır. Bununla birlikte, yeterli kalitede veri mevcutsa, makine öğrenimi uzman kararlarıyla karşılaştırılabilir ve hatta bazen daha yüksek tahmin doğruluğu gösterebilir.

> Makine öğrenimi, hesaplamaları, alternatif senaryolar ve proje parametreleri arasındaki gizli bağımlılıkları belirleyebilen analizler için güvenilir bir tamamlayıcı araç haline gelecektir. Bu tür modeller evrensel olma iddiasında olmayacak, ancak yakında hesaplamalarda ve karar verme süreçlerinde önemli bir yer işgal edecekler. Makine öğrenimi teknolojileri mühendislerin, tahmincilerin ve analistlerin katılımını dışlamayacak, aksine geçmiş verilere dayalı ek bir bakış açısı sunarak yeteneklerini genişletecektir.

İnşaat şirketlerinin iş süreçlerine uygun şekilde entegre edildiği takdirde makine öğrenimi, yönetim karar destek sisteminde önemli bir unsur haline gelme potansiyeline sahiptir - insanların yerine geçerek değil, profesyonel sezgilerinin ve mühendislik mantığının bir uzantısı olarak.

Sonraki adımlar: depolamadan analiz ve tahmine

Verilerle çalışmaya yönelik modern yaklaşımlar, inşaat sektöründe kararların alınma şeklini değiştirmeye başlıyor. Sezgisel değerlendirmelerden objektif veri analizine geçiş sadece doğruluğu artırmakla kalmıyor, aynı zamanda süreçleri optimize etmek için yeni fırsatlar da sunuyor. Bu bölümü özetlemek gerekirse, tartışılan yöntemleri günlük işlerinizde uygulamanıza yardımcı olacak temel pratik adımları vurgulamakta fayda var:

- Sürdürülebilir bir depolama altyapısının kurulması
  - Farklı belgeleri ve proje verilerini tek bir tablo modelinde birleştirmeye çalışın, önemli bilgileri daha fazla analiz için tek bir veri çerçevesinde toplayın
  - Özellikle gelecekte makine öğrenimi modellerini eğitmek için kullanılabilecek setler için verimli veri depolama formatları (örneğin CSV veya XLSX yerine Apache Parquet gibi sütunlu formatlar) kullanın
  - Proje boyunca değişiklikleri takip etmek için bir veri versiyonlama sistemi kurmak

- Analiz ve otomasyon araçlarının uygulanması
  - Kalıpları, eğilimleri ve anormallikleri belirlemek için geçmiş proje verilerini - belgelere, modellere, tahminlere göre - analiz etmeye başlayın
  - Verileri otomatik olarak yüklemek ve hazırlamak için ana ETL süreçleri (Extract, Transform, Load)
  - Çeşitli ücretsiz Python görselleştirme kütüphanelerini kullanarak önemli metrikleri nasıl görselleştireceğinizi öğrenin
  - Temsili ve tekrarlanabilir analitik bulgular üretmek için istatistiksel yöntemleri ve rastgele örneklemeyi uygulamaya başlama
- Verilerle çalışma konusunda artan olgunluk
  - Titanic veri seti gibi basit ve anlaşılır örneklerle birkaç temel makine öğrenimi algoritmasını öğrenin
  - Mevcut süreçleri analiz edin ve katı neden-sonuç mantığından istatistiksel tahmin ve kestirim yöntemlerine geçebileceğiniz noktaları belirleyin
  - Verileri bir yan üründen ziyade stratejik bir varlık olarak ele almaya başlayın: karar alma süreçlerini belirli yazılım çözümleri yerine veri modelleri etrafında oluşturun

Verinin değerinin farkına varan inşaat şirketleri, rekabet avantajının kaynak miktarına göre değil, analitiğe dayalı karar alma hızına göre belirlendiği yeni bir gelişim aşamasına giriyor.

BASILI VERSIYON ILE MAKSIMUM KOLAYLIK

Veri Odaklı İnşaat kitabının ücretsiz dijital versiyonuna sahipsiniz. Daha rahat çalışmak ve materyallere hızlı erişim için **basılı baskıya** dikkat etmenizi öneririz:

- **Her zaman elinizin** altında: Basılı formattaki kitap, her türlü çalışma durumunda doğru görselleştirmeleri ve diyagramları hızlı bir şekilde bulmanızı ve kullanmanızı sağlayan güvenilir bir çalışma aracı haline gelecektir

- **Yüksek kaliteli çizimler**: basılı baskıdaki tüm görseller ve grafikler maksimum kalitede sunulmuştur

- **Bilgiye hızlı erişim**: kolay gezinme, not alma, yer imi koyma ve kitapla her yerde çalışma olanağı.

Kitabın tam basılı versiyonunu satın alarak, bilgi ile rahat ve verimli çalışmak için kullanışlı bir araç elde edersiniz: günlük işlerde görsel materyalleri hızlı bir şekilde kullanma, gerekli şemaları hızlı bir şekilde bulma ve not alma yeteneği. Ayrıca, satın alma işleminiz açık bilginin yayılmasını da desteklemektedir.

Kitabın basılı versiyonunu şu adresten sipariş edebilirsiniz: datadrivenconstruction.io/books

X KISIM

DİJİTAL ÇAĞDA İNŞAAT SEKTÖRÜ. FIRSATLAR VE ZORLUKLAR

Son onuncu bölüm, dijital dönüşüm çağında inşaat sektörünün geleceğine kapsamlı bir bakış sunuyor. Nedensel analizden büyük veri korelasyonlarıyla çalışmaya geçişi analiz ediyor. Güzel sanatların evrimi ile inşaat sektöründeki veri çalışmalarının gelişimi arasında paralellikler kurularak sektörün detaylı kontrolden süreçlerin bütüncül bir şekilde anlaşılmasına doğru nasıl ilerlediği gösteriliyor. Veri şeffaflığı ve otomatik hesaplamaların geleneksel iş modellerini kökten değiştirebileceği, aracılara olan ihtiyacı ortadan kaldırabileceği ve spekülasyon fırsatlarını azaltabileceği inşaat sektörünün "uberleşmesi " kavramı incelenmiştir. İnşaat şirketlerine yeni ortama uyum sağlamaları için zaman tanıyan unsurlarının evrensel sınıflandırması gibi çözülmemiş konular ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Bölüm, değişen bir sektörde rekabetçi kalabilmek için güvenlik açıklarının analiz edilmesini ve hizmetlerin genişletilmesini içeren bir dijital dönüşüm stratejisinin şekillendirilmesine yönelik özel tavsiyelerle sona ermektedir.

BÖLÜM 10.1.
HAYATTA KALMA STRATEJİLERİ: REKABET AVANTAJLARI OLUŞTURMAK

Hesaplamalar yerine korelasyonlar: inşaat analitiğinin geleceği

Bilginin hızla dijitalleşmesi nedeniyle (Şekil 1.1-5), modern inşaat, verilerin sadece bir araç değil, proje ve iş yönetimine yönelik geleneksel yaklaşımları temelden değiştirebilecek stratejik bir varlık haline geldiği temel bir dönüşümden geçmektedir.

Binlerce yıldır inşaat faaliyetleri deterministik yöntemlere dayanmaktadır - hassas hesaplamalar, detaylandırma ve parametrelerin sıkı kontrolü. MS ilk yüzyıllarda Romalı mühendisler su kemerleri ve köprülerin inşasında matematiksel ilkeleri uygulamışlardır. Orta Çağ'da mimarlar Gotik katedrallerin ideal oranlarını yakalamaya çalışmış, 20. yüzyılın sanayileşme sürecinde ise toplu inşaatın temelini oluşturan standartlaştırılmış normlar ve yönetmelikler sistemleri oluşturulmuştur

Günümüzde gelişim vektörü, kesin neden-sonuç ilişkileri arayışından olasılıksal analize, korelasyon ve gizli örüntü arayışına doğru kaymaktadır. Sektör yeni bir aşamaya giriyor - veri temel bir kaynak haline geliyor ve buna dayalı analitik sezgisel ve yerel olarak optimize edilmiş yaklaşımların yerini alıyor.

Şekil 10.1-1 İnşaat verilerinin gizli potansiyeli: şirketteki mevcut hesaplamalar, yönetimin analiz edebileceği buzdağının sadece görünen kısmıdır.

> Bir şirketin bilgi sistemi bir buzdağına benzer (Şekil 10.1-1): verinin potansiyelinin sadece küçük bir kısmı şirket yönetimi tarafından görülebilirken, asıl değer derinlerde gizlidir. Veriyi sadece mevcut kullanımına göre değil, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkaracağı fırsatlara göre de değerlendirmek önemlidir. Sürdürülebilir bir rekabet avantajı yaratacak olan, gizli kalıpları nasıl çıkaracağını ve verilerden yeni içgörüler yaratmayı öğrenen şirketlerdir

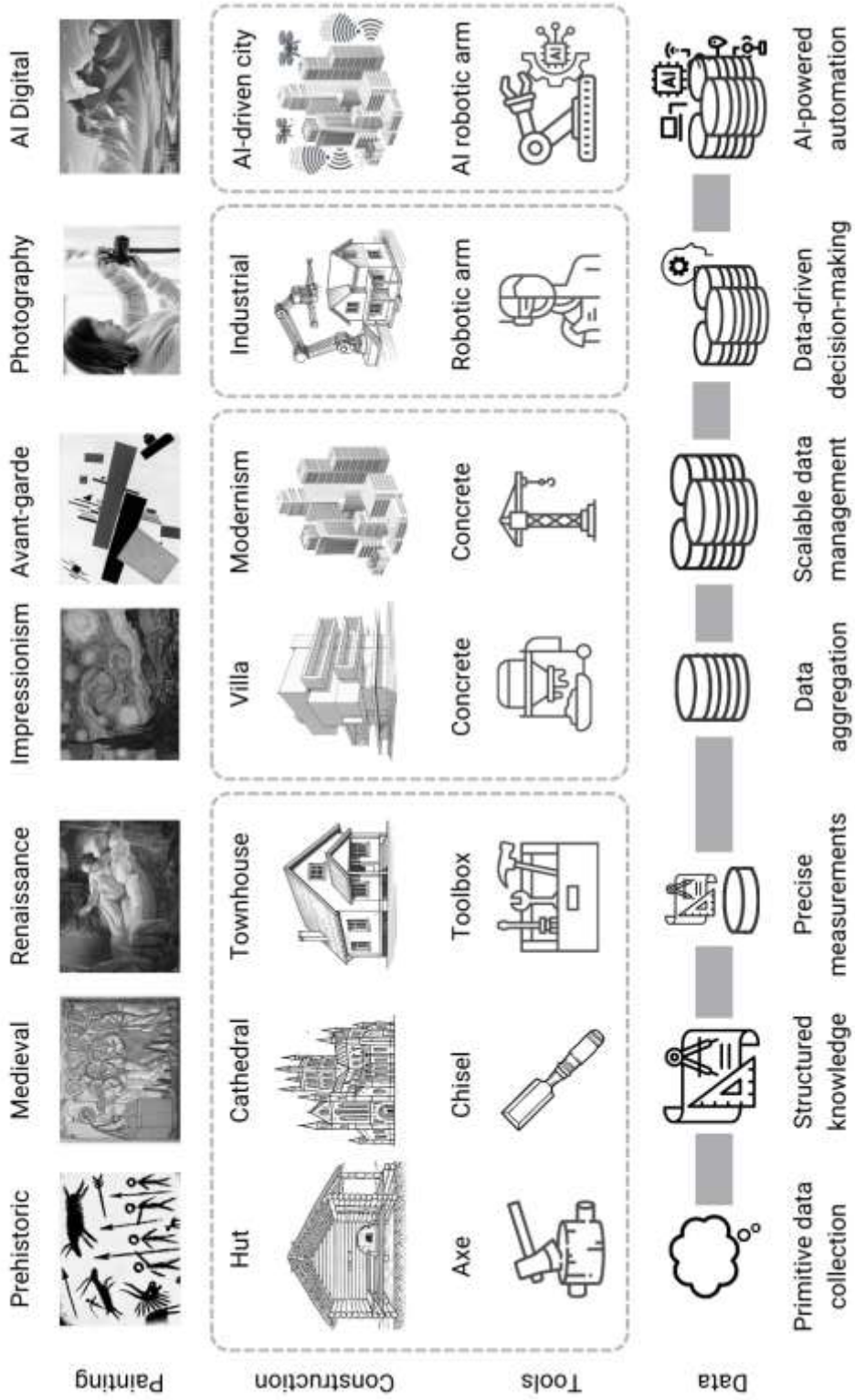
Gizli örüntüleri bulmak ve verileri anlamlandırmak sadece sayılarla çalışmak değil, soyut düşünme ve birbirinden farklı unsurların ardındaki resmin bütününü görebilme becerisi gerektiren yaratıcı bir süreçtir. Bu anlamda, verilerle çalışmanın evrimi görsel sanatların evrimiyle karşılaştırılabilir (Şekil 10.1-2).

İnşaatın gelişimi, güzel sanatların gelişimine oldukça benzemektedir. Her iki durumda da insanlık ilkel yöntemlerden sofistike görselleştirme ve analiz teknolojilerine doğru ilerlemiştir. Tarih öncesi çağlarda insanlar günlük işleri çözmek için mağara çizimleri ve ilkel aletler kullanıyordu. Orta Çağ ve Rönesans döneminde, mimari ve sanattaki gelişmişlik düzeyi çarpıcı bir şekilde artmıştır. Orta Çağ'ın başlarında inşaat aletleri basit bir baltadan teknik bilginin gelişimini simgeleyen kapsamlı alet setlerine dönüşmüştür.

Gerçekçilik Çağı görsel sanatlardaki ilk devrimdir: sanatçılar en küçük ayrıntıları nasıl yeniden üreteceklerini öğrenerek maksimum inandırıcılığa ulaşmışlardır. İnşaatta bu dönemin karşılığı, yüzyıllar boyunca tasarım pratiğinin temeli haline gelen hassas mühendislik teknikleri, ayrıntılı çizimler ve sıkı bir şekilde düzenlenmiş hesaplamalardı.

> Daha sonra Empresyonizm sanatsal gerçeklik algısını değiştirdi: sanatçılar biçimi tam anlamıyla resmetmek yerine, mutlak doğruluktan ziyade genel bir izlenimi yansıtmayı amaçlayarak ruh halini, ışığı ve dinamikleri yakalamaya başladılar. Benzer şekilde, bina analitiğinde makine öğrenimi, katı mantıksal modellerden, klasik analizde erişilemeyen verilerdeki gizli bağımlılıkları "görmenize" olanak tanıyan örüntü tanıma ve olasılıksal örüntülere doğru ilerliyor. Bu yaklaşım, Bauhaus'un anlamın (işlevin) biçimden daha önemli olduğu minimalizm ve işlevsellik fikirlerini yansıtmaktadır. Bauhaus gereksiz olanı ortadan kaldırmaya, açıklık, faydacılık ve kitlesel çekicilik uğruna süslemeden vazgeçmeye çalışmıştır. Her şey anlaşılabilir ve kullanışlı olmalı, aşırılığa kaçılmamalıydı - estetik, tasarım ve amaç mantığından doğdu.

Fotoğrafın 19. yüzyılın sonlarında ortaya çıkmasıyla birlikte sanat, gerçekliği daha önce görülmemiş bir doğrulukla yakalamak için yeni bir araç kazanmış ve görsel sanatlara yönelik tutumları alt üst etmiştir. Benzer şekilde, inşaatta da 21. yüzyıldaki sanayi devrimi, robotik teknolojilerin, lazerlerin, IoT'nin, RFID'nin ve tek tek parametrelerin toplanmasının şantiyenin tüm gerçekliğinin ölçeklenebilir akıllı bir şekilde yakalanmasına dönüştüğü Connected Construction gibi kavramların kullanılmasına yol açmaktadır.



Şek. 10.1-2 Güzel Sanatlar Evrimleri Çağı, inşaat sektöründe verilerle çalışma yaklaşımlarındaki gelişmelerle tutarlıdır.

Bugün, tıpkı görsel sanatların yapay zeka araçları ve LLM ile yeniden düşünüldüğü gibi, inşaat sektörü de bir başka kuantum sıçraması yaşıyor: yapay zeka tarafından yönlendirilen akıllı sistemler (AI), LLM sohbetleri, minimum insan müdahalesiyle tahmin, optimizasyon ve çözüm üretmeye olanak tanıyor.

Verilerin tasarım ve yönetimdeki rolü kökten değişmiştir. Eskiden bilgi sözlü ve deneysel olarak aktarılırken - tıpkı 19. yüzyıla kadar gerçekliğin elle boyanmış resimlerle yakalanması gibi - bugünün odak noktası inşaat 'resminin' tamamen dijital olarak yakalanmasıdır. Makine öğrenimi algoritmalarının yardımıyla bu dijital resim, inşaat gerçekliğinin izlenimsel bir temsiline dönüştürülür - tam bir kopya değil, süreçlerin genelleştirilmiş, olasılıksal bir anlayışı.

> Binaların tasarlanması, inşa edilmesi ve işletilmesi süreçlerinin sadece artırılmakla kalmayıp büyük ölçüde yapay zeka sistemleri tarafından yönlendirileceği bir çağa hızla yaklaşıyoruz. Tıpkı modern dijital sanatın bir fırça olmadan - metinsel yönlendirmeler ve üretken modeller kullanılarak - yaratılması gibi, geleceğin mimari ve mühendislik çözümleri de kullanıcı tarafından belirlenen temel sorgular ve parametrelerle şekillenecektir.

21. yüzyılda veriye erişim, verinin yorumlanması ve analitik kalitesi proje başarısı için vazgeçilmez hale geliyor. Ve verinin değeri hacmiyle değil, uzmanların onu analiz etme, doğrulama ve eyleme dönüştürme becerisiyle belirleniyor.

İnşaatta veri odaklı yaklaşım: yeni bir altyapı düzeyi

İnsanlık tarihinde, bu tür teknolojik sıçramaların her biri ekonomide ve toplumda köklü değişiklikler getirmiştir. Bugün, 19. yüzyılın sanayi devrimiyle kıyaslanabilecek ölçekte yeni bir dönüşüm dalgasına tanık oluyoruz. Ancak, yüz yıl önce değişimin ana itici gücü mekanik güçler ve enerji teknolojileri iken, şimdi veri ve yapay zeka.

Makine öğrenimi, LLM ve AI aracıları uygulamaların özünü değiştirerek geleneksel yazılım yığınlarını (kitabın ikinci bölümünde ele alınmıştır) gereksiz hale getirmektedir (Şekil 2.2-3). Tüm veri mantığı, sabit kodlanmış iş kuralları yerine YZ aracılarında merkezlenir (Şekil 2.2-4).

> Veri çağında, uygulamalara ilişkin geleneksel görüşler temelden dönüşüme uğruyor. Hantal, modüler kurumsal sistemlerin kaçınılmaz olarak yerini açık, hafif, özelleştirilmiş çözümlere bırakacağı bir modele doğru ilerliyoruz.

> *Gelecekte, yalnızca temel veri yapısı kalacak ve bununla tüm etkileşim doğrudan veritabanıyla çalışan aracılar aracılığıyla olacaktır. Tüm uygulama yığınının ortadan kalkacağına gerçekten inanıyorum, çünkü yapay zeka doğrudan altta yatan veritabanıyla etkileşime girdiğinde buna gerek kalmayacak. Tüm kariyerimi SaaS 'da çalışarak geçirdim - şirketler kurdum, bu şirketlerde çalıştım ve dürüst olmak gerekirse, muhtemelen şu anda yeni bir SaaS işi başlatmazdım. Ve muhtemelen şu anda SaaS şirketlerine de yatırım yapmazdım. Durum çok belirsiz. Bu, gelecekte yazılım şirketlerinin olmayacağı anlamına gelmiyor, sadece çok farklı görünecekleri anlamına geliyor. Gelecekteki sistemler, [AI] aracılarına getirilen iş mantığına sahip veritabanları olacak. Bu aracılar aynı anda birden fazla veri havuzuyla çalışacak, tek bir veritabanıyla sınırlı kalmayacak. Tüm mantık yapay zeka katmanına taşınacak [46].*
>
> - Matthew Berman, CEO Forward Future

Yeni paradigmanın temel farkı, teknolojik balastın en aza indirilmesidir. Devasa karmaşık ve kapalı yazılım sistemleri yerine, veri akışının içinde tam anlamıyla "yaşayan" esnek, açık ve hızla özelleştirilebilir modüller elde edeceğiz (Şekil 7.4-1 - Apache Airflow, NiFi). Geleceğin süreç yönetimi mimarisi mikro uygulamaların kullanımını öngörmektedir - büyük ve kapalı ERP, PMIS, CDE, CAFM sistemleri 'den temelde farklı, kompakt, amaca yönelik araçlar. Yeni aracılar mümkün olduğunca uyarlanabilir, entegre ve işe özel olacaktır (örneğin Düşük Kodlu/Kodsuz Şekil 7.4-6).

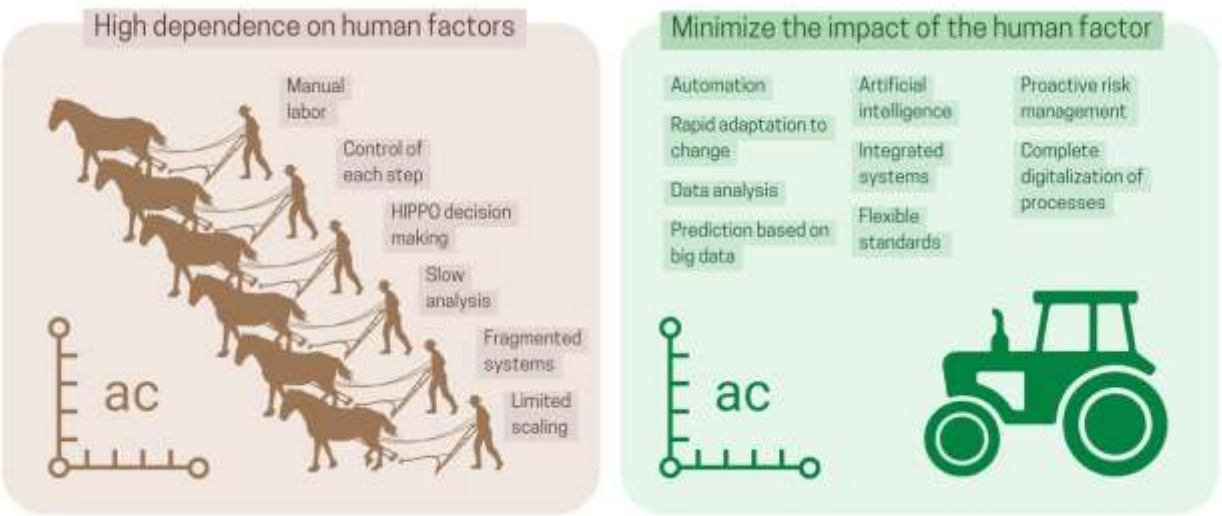
> *Tüm iş mantığı bu [AI] aracılarına gidecek ve bu aracılar birden fazla havuz üzerinde CRUD [Oluştur, Oku, Güncelle ve Sil] işlemlerini gerçekleştirecek, yani hangi arka ucun kullanıldığını ayırt etmeyeceklerdir. Birden fazla veritabanını güncelleyecekler ve tüm mantık AI olarak adlandırılan seviyede son bulacaktır. Ve yapay zeka katmanı tüm mantığın bulunduğu yer olduğunda, insanlar arka uçları değiştirmeye başlayacaklar. Dynamics arka uçlarında ve temsilci kullanımında halihazırda oldukça yüksek bir pazar kazanma yüzdesi görüyoruz ve hepsini bir araya getirmeye çalışarak bu yönde agresif bir şekilde ilerleyeceğiz. İster müşteri hizmetlerinde isterse sadece CRM değil, finans ve operasyon çözümlerimiz gibi diğer alanlarda olsun. Çünkü insanlar, mantık katmanının yapay zeka ve yapay zeka ajanları tarafından yönlendirilebildiği daha fazla yapay zeka odaklı iş uygulamaları istiyor. [...]. Benim için en heyecan verici şeylerden biri Python ile Excel , Copilot ile GitHub ile karşılaştırılabilir. Demek istediğim, yaptığımız şey şu: artık Excel'iniz varsa, onu açmalı, Copilot'u çalıştırmalı ve onunla oynamaya başlamalısınız. Artık sadece mevcut sayıları anlamakla kalmayacak, kendi başına bir plan yapacaktır. Tıpkı GitHub Copilot Çalışma Alanı'nın bir plan oluşturması ve ardından onu yürütmesi gibi, bu da bir veri analisti gibi, Excel'i analiz için satırları ve sütunları görselleştirmek için bir araç olarak kullanıyor. Yani Copilot, Excel'i tüm yetenekleriyle bir araç olarak kullanıyor çünkü veri üretebiliyor ve bir Python yorumlayıcısına sahip.*
>
> - Satya Nadella, CEO, Microsoft, BG2 kanalı ile röportaj Aralık 2024. [28]

Ofis uygulamalarının mantığında tanık olduğumuz dönüşüm - modüler, kapalı sistemlerden doğrudan açık verilerle çalışan yapay zeka ajanlarına geçiş - çok daha büyük bir sürecin yalnızca bir parçasıdır.

Bu sadece arayüzleri veya yazılım mimarisini değiştirmekle ilgili değil: değişiklikler iş organizasyonu, karar alma ve iş yönetiminin temel ilkelerini etkileyecek. İnşaatta bu, verilerin tasarımdan kaynak yönetimine ve inşaat takibine kadar süreçlerin merkezinde yer aldığı veri odaklı bir mantığa yol açacaktır.

Yeni nesil dijital ofis: AI çalışma alanını nasıl değiştiriyor?

Neredeyse bir asır önce insanlık benzer bir teknolojik devrim yaşıyordu. Buhar makinelerinden elektrik motorlarına geçiş kırk yıldan fazla sürmüş, ancak sonuçta enerji kapasitesinin merkezden uzaklaştırılması ve yeni çözümlerin esnekliği sayesinde benzeri görülmemiş bir verimlilik artışına yol açmıştı. Bu değişim, nüfusun büyük bölümünü kırsal alanlardan kentsel alanlara taşıyarak tarihin akışını değiştirmekle kalmadı, aynı zamanda modern ekonominin temellerini de attı. Teknoloji tarihi, fiziksel işçilikten otomasyona ve akıllı sistemlere doğru bir yolculuktur. Traktörün çok sayıda toprak işleme makinesinin yerini alması gibi, modern dijital teknoloji de geleneksel ofis tabanlı inşaat yönetimi yöntemlerinin yerini almaktadır (Şekil 10.1-3). 20. yüzyılın başlarında dünya nüfusunun çoğu, 1930'larda makineler ve traktörlerle emeğin makineleşmesi başlayana kadar toprağı elle işliyordu.



Şekil 10.1-3 20. yüzyılın başlarında traktörün onlarca insanın yerini alması gibi, makine öğrenimi de 21. yüzyılda geleneksel iş ve proje yönetimi yöntemlerinin yerini alacaktır.

Tıpkı yüz yıl önce insanlığın ilkel aletlerle tek tek arazileri işlemekten makine kullanımıyla büyük ölçekli çiftçiliğe geçmesi gibi, bugün de farklı bilgi "silolarını" işlemekten güçlü "traktörler" - ETL boru hattı ve yapay zeka algoritmaları - yardımıyla veri dizileriyle çalışmaya geçiş yapıyoruz.

Benzer bir sıçramanın eşiğindeyiz - ancak dijital düzlemde: geleneksel, manuel iş yönetiminden veri odaklı modellere.

Tam teşekküllü bir veri odaklı mimariye giden yol zaman, yatırım ve kurumsal çaba gerektirecektir. Ancak bu yol sadece kademeli bir iyileşmenin değil, inşaat süreçlerinde daha fazla verimlilik, şeffaflık

ve yönetilebilirliğe doğru niteliksel bir sıçramanın da yolunu açmaktadır. Tüm bunlar, dijital araçların sistematik olarak kullanılmasına ve modası geçmiş iş uygulamalarının terk edilmesine bağlıdır.

> Görev parametrelendirme, ETL, LLM, IoT bileşenleri, RFID, tokenizasyon, büyük **veri** ve makine öğrenimi, geleneksel inşaatı, projenin ve inşaat işinin her ayrıntısının veriler tarafından kontrol edileceği ve optimize edileceği **veri odaklı** inşaatına dönüştürecektir.

Eskiden bilgiyi analiz etmek binlerce insan saati alırdı. Şimdi bu görevler, farklı veri setlerini yönlendirmeler kullanarak stratejik kaynaklara dönüştüren algoritmalar ve LLM'ler tarafından gerçekleştiriliyor. Teknoloji dünyasında da tarımın başına gelenlerin aynısı yaşanıyor: çapadan otomatik tarım işlerine geçiyoruz. Aynı şekilde, inşaat sektöründeki ofis işleri de - Excel dosyaları ve manuel özetlemeden - verilerin toplandığı, temizlendiği, yapılandırıldığı ve içgörülere dönüştürüldüğü akıllı bir sisteme doğru ilerliyor.

Şirketler daha bugünden kaliteli veri toplama ve bilgi yapılandırma yoluyla bilgi tarlalarını "ekmeye" başlamalı, bunları temizleme ve normalleştirme araçlarıyla "gübrelemeli" ve ardından bunları tahmine dayalı analitik ve otomatik çözümler şeklinde "hasat etmelidir". Makineli modern bir çiftçi toprağın yüzlerce çapasının yerini alabiliyorsa, akıllı algoritmalar da rutini çalışanların üzerinden alıp onları bilgi akışlarının stratejik yöneticileri rolüne aktarabilecektir.

Ancak, gerçek anlamda veri odaklı bir -organizasyon oluşturmanın hızlı bir süreç olmadığını anlamak önemlidir. Bu, yeni bir ormanın (Şekil 1.2-5) yetiştirilmesi için yeni bir alan yaratmaya benzer şekilde uzun vadeli stratejik bir yöndür; bu ekosistemdeki her bir "ağaç", büyümesi ve gelişmesi zaman alan ayrı bir süreç, yetkinlik veya araçtır. Gerçek bir ormanda olduğu gibi, başarı sadece dikim malzemesinin kalitesine (teknoloji) değil, aynı zamanda toprağa (kurum kültürü), iklime (iş ortamı) ve bakıma (sistem yaklaşımı) da bağlıdır.

Şirketler artık yalnızca kapalı, kullanıma hazır çözümlere güvenemeyecek. Teknolojik gelişimin önceki aşamalarından farklı olarak, açık veri erişimi, yapay zeka ve Açık Kaynak'a yönelik mevcut geçişin, yerleşik iş modellerini ve temel gelir akışlarını doğrudan tehdit ettiği için büyük satıcılar tarafından desteklenmesi pek olası değildir.

Dördüncü ve beşinci teknolojik devrimlerle ilgili bölümde tartışılmış olan Harvard Business School çalışmasının [40] gösterdiği gibi, tüm şirketler için en çok kullanılan Açık Kaynak çözümlerini sıfırdan yaratmanın maliyeti yaklaşık 4,15 milyar dolar olacaktır. Ancak, her şirketin mevcut Açık Kaynak araçlarına erişimi olmadan kendi alternatiflerini geliştireceğini düşünürsek, ki son on yıllarda olan budur, toplam işletme maliyetleri 8.8 trilyon dolara ulaşabilir - bu yazılım pazarının değerlenebileceği irrasyonel talebin fiyatıdır.

Teknolojik ilerleme kaçınılmaz olarak yerleşik iş modellerinin yeniden düşünülmesine yol açacaktır. Eskiden şirketler karmaşık, opak süreçlerden ve kapalı verilerden para kazanabilirken, yapay zekanın ve analitiğin gelişmesiyle birlikte bu yaklaşım giderek daha az uygulanabilir hale geliyor.

> Veri ve araçlara erişimin demokratikleşmesinin bir sonucu olarak, geleneksel yazılım satış pazarı önemli ölçüde daralabilir. Ancak aynı zamanda yeni bir pazar da büyüyecektir - dijital uzmanlık, özelleştirme, entegrasyon ve çözüm tasarımı pazarı. Burada değer lisans satışlarından değil, esnek, açık ve uyarlanabilir dijital süreçler oluşturma becerisinden gelecektir. Elektrifikasyon ve traktörlerin ortaya çıkışı nasıl yeni endüstriler yarattıysa, büyük veri, yapay zeka ve LLM uygulamaları da inşaat sektöründe iş için tamamen yeni ufuklar açacak ve bu da sadece teknolojik yatırım değil, aynı zamanda zihniyetlerin, süreçlerin ve organizasyon yapılarının da köklü bir dönüşümünü gerektirecektir. Bunu fark eden ve bugünden harekete geçen şirketler ve profesyoneller yarının liderleri olacaktır.

Açık verinin önemli bir varlık haline geldiği bir dünyada, bilginin kullanılabilirliği oyunun kurallarını değiştirecektir. Yatırımcılar, müşteriler ve düzenleyiciler giderek daha fazla şeffaflık talep edecek ve makine öğrenimi tahminler, zaman çizelgeleri ve maliyetlerdeki tutarsızlıkları otomatik olarak belirleyebilecek. Bu da bizi inşaat sektörünün yavaş yavaş "uberleşmesine " götüren yeni bir dijital dönüşüm aşaması için gerekli koşulları yaratıyor.

Açık veri ve Uberleşme mevcut inşaat sektörü için bir tehdit

İnşaat bir bilgi yönetimi süreci haline gelmektedir. Veriler ne kadar doğru, kaliteli ve eksiksiz olursa, binaların tasarımı, hesaplamaları, maliyet tahminleri, montajı ve işletimi de o kadar verimli olur. Gelecekte anahtar kaynak vinç, beton ve inşaat demiri değil, bilgi toplama, analiz etme ve kullanma becerisi olacaktır.

> Gelecekte, inşaat şirketi müşterileri - yatırımcılar ve inşaatı finanse eden müşteriler - kaçınılmaz olarak açık veri ve analitiğin geçmiş verilerin değerini kullanacaktır. Bu, inşaat şirketlerini maliyetlendirme konularına dahil etmeden proje zaman çizelgelerinin ve maliyetlerinin hesaplanmasını otomatikleştirmek için fırsatlar yaratacaktır, bu da maliyetlerin kontrol edilmesine ve gereksiz maliyetlerin daha hızlı belirlenmesine yardımcı olacaktır.

Lazer tarayıcıların, quadrocopterlerin ve fotogrametri sistemlerinin kullanılan beton hacimleri hakkında gerçek zamanlı doğru veriler topladığı bir şantiye hayal edin. Bu bilgiler, karmaşık geometrik çekirdeklere, ERP veya PMIS bağımlı olmadan, hantal CAD (BIM) sistemlerini atlayarak, meta verilerle birlikte otomatik olarak basit düz MESH modellerine dönüştürülür. Şantiyeden toplanan bu veriler, kredi finansman oranından hava koşulları, inşaat malzemeleri için borsa kotasyonları, lojistik tarifeleri ve işçilik fiyatlarındaki istatistiksel mevsimsel dalgalanmalar gibi dinamik olarak değişen faktörlere kadar değişen parametrelerle farklı inşaat mağazalarından gerçek fiyatların yüklendiği, bağımsız analiz için müşterinin kullanımına sunulan tek bir yapılandırılmış havuza merkezi olarak aktarılır. Bu koşullar altında, tasarım ve gerçek malzeme hacimleri arasındaki herhangi bir tutarsızlık anında belirgin hale gelir ve hem tasarım aşamasında hem de proje teslim edildiğinde tahminlerin manipüle edilmesini

imkansız hale getirir. Sonuç olarak, inşaat sürecinin şeffaflığı bir denetçi ve yönetici ordusuyla değil, insan faktörünü ve spekülasyon olasılığını en aza indirecek objektif dijital verilerle sağlanır.

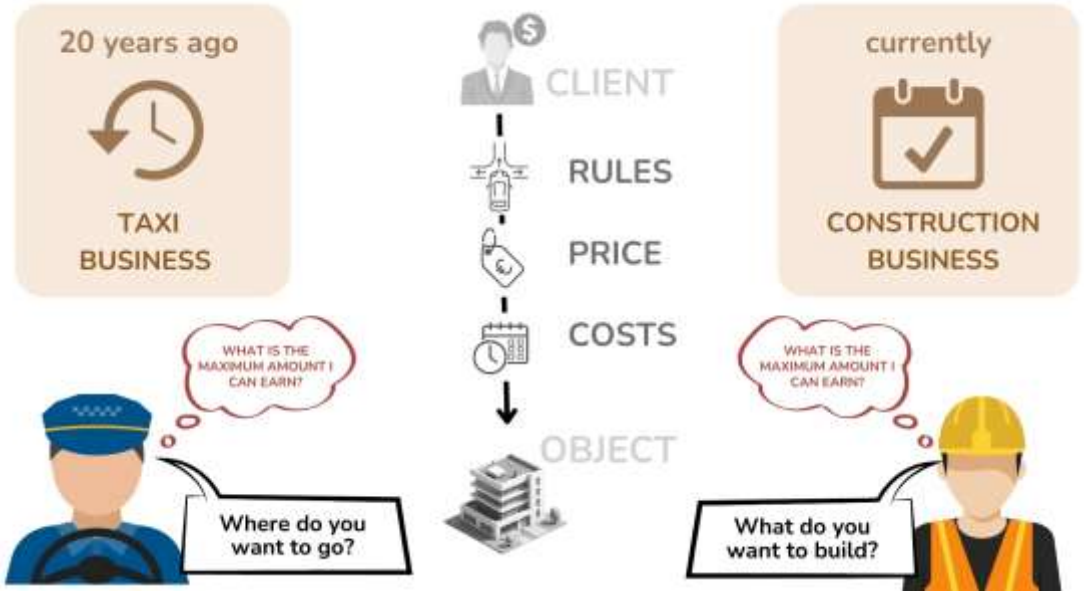
Gelecekte bu tür veri kontrol işleri daha ziyade müşteri tarafındaki veri yöneticileri tarafından yapılacaktır (Şekil 1.2-4 CQMS yöneticisi). Bu özellikle hesaplamalar ve proje tahminleri için geçerlidir: eskiden tahmincilerden oluşan bir departmanın olduğu yerde, yarın makine öğrenimi ve inşaat şirketlerinin uyması gereken fiyat sınırlarını belirleyecek tahmin araçları olacaktır.

> *Sistemlerin ve alt sistemlerin çoğunun KOBİ'ler tarafından tedarik edildiği [inşaat] sektörünün parçalı yapısı göz önüne alındığında, dijital strateji müşteriden gelmelidir. Müşteriler, tedarik zincirinin dijital yeteneklerini ortaya çıkaracak koşulları ve mekanizmaları yaratmalıdır [20].*
>
> - Andrew Davis ve Giuliano Denicol, Accenture "Sermaye projeleri aracılığıyla daha fazla değer yaratmak"

Verilerin bu şekilde açık ve şeffaf olması, spekülasyonların ve gizli maliyetlerin karmaşık ve kapalı formatların ve modüler tescilli veri platformlarının arkasına gizlenebildiği opak süreçlerden ve kafa karıştırıcı raporlardan para kazanmaya alışkın olan inşaat şirketleri için bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, Açık Kaynak çözümlerini teşvik eden satıcılarda olduğu gibi inşaat şirketlerinin de açık verileri iş süreçlerine tam olarak uygulamakla ilgilenmeleri pek olası değildir. Veriler mevcutsa ve müşteri için işlenmesi kolaysa, otomatik olarak kontrol edilebilir, bu da hacimlerin fazla tahmin edilmesi ve tahminlerin manipüle edilmesi olasılığını ortadan kaldıracaktır.

> Dünya Ekonomik Forumu'nun "İnşaatın Geleceğini Şekillendirmek" (2016) raporuna göre [5], sektörün önündeki en önemli zorluklardan biri müşterinin pasif rolü olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, erken planlamadan sürdürülebilir etkileşim modellerinin seçilmesine ve performansın izlenmesine kadar projelerin sonuçları için daha fazla sorumluluk alması gerekenler müşterilerdir. Proje sahiplerinin aktif katılımı olmadan inşaat sektörünün sistemik dönüşümü mümkün değildir.

Hacim ve maliyet hesaplamaları üzerindeki kontrolün kaybedilmesi, son 20 yılda diğer sektörleri de dönüştürmüş ve müşterilerin doğrudan, aracılar olmadan hedeflerine ulaşmalarını sağlamıştır. Dijitalleşme ve veri şeffaflığı, Uber'in ortaya çıkışıyla taksi şoförleri (Şekil 10.1-4) Airbnb'nin gelişiyle otelciler ve Amazon'un yükselişiyle perakendeciler ve mağazalar ve bilgiye doğrudan erişim ile zaman ve maliyet hesaplamalarının otomasyonunun aracıların rolünü önemli ölçüde azalttığı neo-bankaların ve merkezi olmayan fintech ekosistemlerinin yükselişiyle bankalar gibi birçok geleneksel iş modelini dönüştürmüştür.



Şekil 10.1-4 İnşaat sektörü, 10 yıl önce taksicilerin, otelcilerin ve perakendecilerin karşı karşıya kaldığı uberleşmeyle karşı karşıya kalacaktır.

Verilere ve bunların işlenmesine yönelik araçlara erişimin demokratikleştirilmesi süreci kaçınılmazdır ve zamanla tüm proje bileşenlerine ilişkin açık veriler bir müşteri gereksinimi ve yeni bir standart haline gelecektir. Bu nedenle, açık formatlar ve şeffaf hesaplamalar getirme konuları yatırımcılar, müşteriler, bankalar ve özel sermaye fonları (private equity) - inşa edilen nesnelerin son kullanıcıları olan ve daha sonra nesneyi onlarca yıl boyunca işletenler - tarafından desteklenecektir.

> Büyük yatırımcılar, müşteriler ve bankalar halihazırda inşaat sektöründe şeffaflık talep etmektedir. Accenture'ın "Sermaye projeleriyle daha fazla değer yaratmak" (2020) [20] başlıklı çalışmasına göre, şeffaf ve güvenilir veriler inşaat alanındaki yatırım kararları için belirleyici bir faktör haline gelmektedir. Uzmanların da belirttiği gibi, özellikle kriz dönemlerinde şeffaflık olmadan güvenilir ve etkili bir proje yönetimi mümkün değildir. Buna ek olarak, varlık sahipleri ve yükleniciler, yatırımcıların, bankaların ve düzenleyicilerin hesap verebilirlik ve şeffaflık konusundaki artan taleplerini yansıtarak veri paylaşımını ve işbirliğine dayalı analitiği teşvik eden sözleşmelere giderek daha fazla yönelmektedir.

> Yatırımcının, müşterinin fikirden bitmiş binaya hareketi, gelecekte otomatik pilotta seyahat etmeye benzeyecek - bir inşaat şirketi şeklinde bir sürücü olmadan, spekülasyon ve belirsizlikten bağımsız olmayı vaat ediyor.

Açık veri ve otomasyon çağı, tıpkı bankacılık, ticaret, tarım ve lojistikte olduğu gibi inşaat sektörünü de kaçınılmaz olarak değiştirecektir. Bu sektörlerde aracıların rolü ve geleneksel iş yapma biçimleri yerini otomasyona ve robotlaşmaya bırakmakta, haksız fiyat artışlarına ve spekülasyonlara yer bırakmamaktadır.

Tüm insani ekonomik faaliyetlerdeki veri ve süreçler, inşaat sektöründeki profesyonellerin uğraşmak zorunda olduklarından farklı değildir. Günümüzde fiyat ve hizmet kalitesi standartlarını belirleyerek pazara hakim olan inşaat şirketleri, uzun vadede müşteri ile inşaat projesi arasındaki kilit aracı rolünü kaybedebilir.

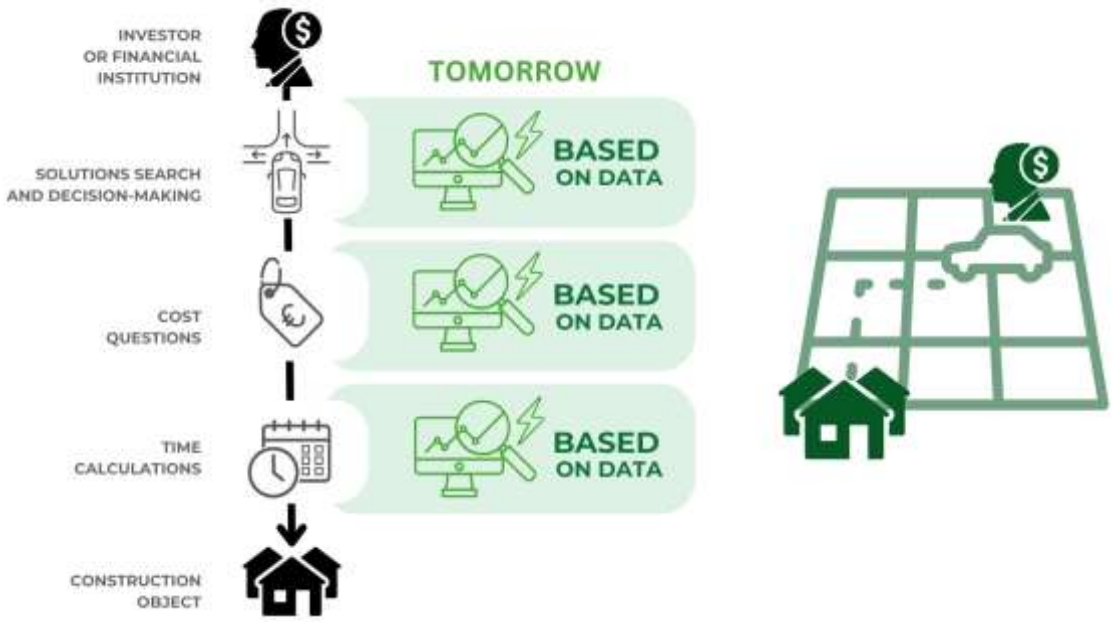
Überleşmenin çözülmemiş sorunları dönüşüm için zamanı kullanmak için son şans

Ancak inşaat sektörünün gerçeklerine dönelim. Sürücüsüz arabalar, merkezi olmayan finansal sistemler ve yapay zeka tabanlı çözümler ekonominin bazı sektörlerinde ortaya çıkarken, inşaat şirketlerinin önemli bir kısmı hala önemli kararların daha çok bireysel uzmanların sezgi ve deneyimlerine dayanarak alındığı kağıt tabanlı organizasyonlar olmaya devam ediyor.

Bu paradigmada modern bir inşaat şirketi, kaynakları, rotaları ve teslimat sürelerini kontrol eden ve proje fikrinden (lojistik ve kurulum süreci) projenin teslimine kadar "yolculuğun" zamanlamasından ve maliyetinden sorumlu olan 20 yıllık bir taksi şirketiyle karşılaştırılabilir. Tıpkı GPS (inşaatta IoT, RFID) ve zaman/maliyet hesaplamalarında makine öğrenimi algoritmalarının bir zamanlar ulaşım alanını dönüştürdüğü gibi, veriler, algoritmalar ve yapay zeka -ajanlar inşaat yönetimini sezgisel değerlendirmelerden öngörülü, yönlendirmeli modellere dönüştürme potansiyeline sahiptir. Son 20 yılda, finans, tarım, perakende ve lojistik gibi pek çok sektörde, verilerin opaklığı üzerinden spekülasyon yapma olanağı giderek ortadan kalktı. Fiyatlar, teslimat maliyetleri veya finansal işlemler dijital platformlarda sadece birkaç saniye içinde otomatik ve istatistiksel olarak hesaplanıyor.

İnşaat şirketleri geleceğe bakarken, verilere ve bunları analiz edecek araçlara erişimin demokratikleştirilmesinin, proje maliyetlerini ve zaman çizelgelerini tahmin etmeye yönelik geleneksel yaklaşımı bozacağını ve opak hacim ve fiyat verileri üzerinde spekülasyon yapma fırsatını ortadan kaldıracağını kabul etmelidir.

> Sürücü müdahalesi olmadan düzenlenmiş bir yolda araç kullanmak gibi, geleceğin inşaat süreçleri de otomatikleştirilmiş zaman ve maliyet tahmini, görevlerin şeffaf bir şekilde yönlendirilmesi ve insan faktörlerine minimum bağımlılık ile giderek daha fazla 'Uberleştirilmiş' bir sisteme benzeyecektir. Bu durum, fikirden hayata geçirmeye kadar olan 'yolculuğun' doğasını değiştirecek ve daha öngörülebilir, yönetilebilir ve veri odaklı hale getirecektir.



Şekil 10.1-5 İnşaat sırasındaki maliyet ve "seyahat" süresi makine öğrenimi ve istatistiksel araçlar kullanılarak belirlenecektir.

Dünyanın hemen her ülkesinde CAD- (BIM)-modellerinin müşterilere veya inşaat projelerini finanse eden bankalara aktarılmasını zorunlu kılan yeni düzenlemelerin ve gerekliliklerin kademeli olarak uygulamaya konulmasıyla birlikte, müşteri ve işveren maliyet ve kapsam hesaplamalarının şeffaflığını bağımsız olarak sağlama fırsatına sahip olmuştur. Bu özellikle hacimleri hızlı bir şekilde analiz etmek ve piyasa fiyatlarını izlemek için yeterli yetkinlik ve araçlara sahip olan büyük müşteriler ve yatırımcılar için önemlidir. Mağazalar, ofis binaları, konut kompleksleri gibi büyük ölçekli standart projeleri hayata geçiren şirketler için bu tür uygulamalar standart hale gelmektedir.

Modellerin bilgi içeriği daha eksiksiz ve standart hale geldikçe, manipülasyon ve spekülasyon olasılığı neredeyse ortadan kalkıyor. Dijital dönüşüm, inşaat sektöründe oyunun kurallarını yavaş yavaş değiştiriyor ve bu değişikliklere uyum sağlamayan şirketler ciddi zorluklarla karşılaşabilir.

> Artan rekabet, teknolojideki bozulma ve daralan marjlar iş sürdürülebilirliğini etkileme potansiyeline sahiptir. Likiditenin sınırlı olması nedeniyle, giderek daha fazla sektör oyuncusu verimliliği ve süreç şeffaflığını artırmanın bir yolu olarak otomasyon, analitik ve veri teknolojilerine yöneliyor. Bu araçlar, değişen ekonomik ortamda rekabetçi kalabilmek için önemli bir kaynak haline geliyor.

Belki de dış koşulların acil eylemi zorlamasını beklememeliyiz - dijital yetkinlikleri güçlendirerek, modern çözümleri uygulayarak ve veri merkezli bir kültür inşa ederek bugünden hazırlanmaya başlamak çok daha etkilidir.

Önümüzdeki yıllarda her şirketi etkileyecek olan inşaat sektörünün büyük ölçekli dijital dönüşümünün önündeki son önemli teknolojik engellerden biri, inşaat projelerinin unsurlarının otomatik olarak sınıflandırılması sorunudur.

> Güvenilir, doğru ve ölçeklenebilir sınıflandırma olmadan, yapay zeka ve tahmine dayalı modeller kullanarak tam teşekküllü analitik, süreç otomasyonu ve yaşam döngüsü yönetimi için bir temel oluşturmak imkansızdır. Nesne sınıflandırması hala deneyimli uzmanlar (ustabaşılar, tasarımcılar, tahminciler) tarafından manuel olarak yorumlanmaya bağlı olduğu sürece, inşaat sektörünün hala bir fırsat penceresi vardır. Bu süre, kaçınılmaz değişikliklere hazırlanmak için kullanılabilir: şeffaflık taleplerinin artması, araçların ve verilerin demokratikleşmesi ve oyunun kurallarını kökten değiştirecek otomatik sınıflandırma sistemlerinin ortaya çıkması.

İnşaat dünyasının unsurlarının otomatik olarak sınıflandırılması görevi, karmaşıklığı bakımından insansız sürüş sistemlerindeki nesne tanıma ile karşılaştırılabilir ve bu da ana zorluklardan biridir. A noktasından B noktasına giden insansız bir araç düşünelim (Şekil 10.1-5). Mevcut otomatik sürüş sistemleri, lidar ve kameralar tarafından tanınan nesneleri sınıflandırma sorunu nedeniyle tıkanmaktadır. Bir otomobilin bir engeli ya da yer işaretini sadece "görmesi" yeterli değildir, aynı zamanda bunun bir yaya mı, bir yol işareti mi yoksa bir çöp kutusu mu olduğunu da anlayabilmesi gerekir.

Benzer bir temel zorluk tüm inşaat sektöründe yaşanmaktadır. Pencereler, kapılar veya sütunlar gibi proje unsurları belgelere kaydedilebilir, CAD modellerinde temsil edilebilir, şantiyede fotoğraflanabilir veya lazer taramadan elde edilen nokta bulutlarında tanınabilir. Ancak bunların görsel veya kaba geometrik olarak tanınması, gerçek anlamda otomatik bir proje yönetim sistemi oluşturmak için yeterli değildir. Her bir unsurun, tahminler ve şartnamelerden lojistik, envanter kontrolü ve en önemlisi operasyonlara kadar sonraki tüm süreçlerde benzersiz bir şekilde tanımlanabilecek bir türde doğru ve tutarlı bir şekilde kategorize edilmesini sağlamak gerekir (Şekil 4.2-6).

İşte bu aşamada - tanımadan anlamlı sınıflandırmaya geçişte - en önemli engellerden biri ortaya çıkmaktadır. Dijital sistemler teknik olarak modellerdeki ve şantiyedeki nesneleri ayırt etme ve tanımlama yeteneğine sahip olsa bile, asıl zorluk farklı yazılım ortamları için öğe türünün doğru ve bağlamsal olarak istikrarlı bir şekilde tanımlanmasında yatmaktadır.. Örneğin, bir kapı tasarımcı tarafından bir CAD modelinde "kapı" kategorisinin bir öğesi olarak etiketlenebilir, ancak bir ERP veya PMIS sistemine aktarıldığında, ya tasarımcının bir hatası ya da sistemler arasındaki tutarsızlıklar nedeniyle yanlış yazılabilir. Dahası, veri aktarımı ve içe aktarımı sırasında eleman genellikle bazı önemli niteliklerini kaybeder veya sistem muhasebesinden kaybolur. Bu durum veri akışında bir boşluğa yol açmakta ve inşaat süreçlerinin uçtan uca dijitalleştirilmesi ilkesini baltalamaktadır. Bu durum, "görünür" ve "anlaşılabilir" semantik anlam arasında kritik bir boşluk yaratarak veri bütünlüğünü zayıflatır ve bir inşaat projesinin tüm yaşam döngüsü boyunca süreçlerin otomasyonunu önemli ölçüde zorlaştırır.

Büyük veri ve makine öğrenimi teknolojileri (Şekil 10.1-6) kullanılarak yapı elemanlarının evrensel sınıflandırılması sorununa bulunacak çözüm, sektör çapında bir dönüşüm için katalizör olacak ve belki de birçok inşaat şirketi için beklenmedik bir keşif olacaktır. Birleşik, öğrenilebilir bir sınıflandırma sistemi ölçeklenebilir analitik dijital yönetim ve yapay zekanın inşaat kuruluşlarının günlük

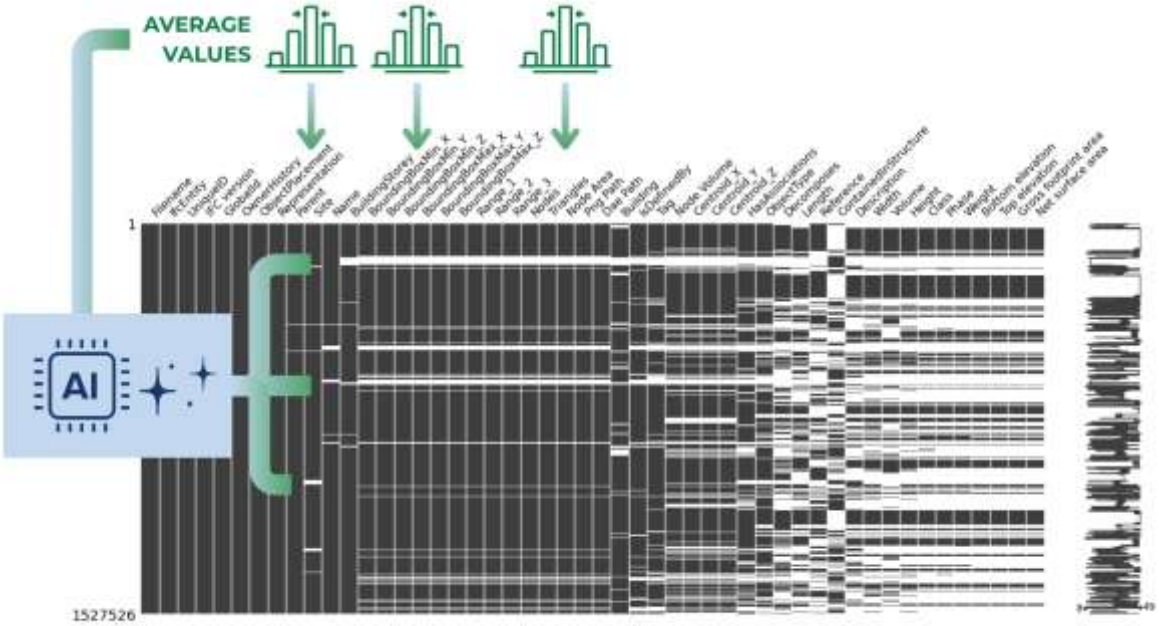
uygulamalarına uyarlanması için temel oluşturacaktır.

NVIDIA ve diğer teknoloji liderleri halihazırda diğer sektörlerde büyük miktarda metinsel ve görsel bilgiyi otomatik olarak kategorize edip yapılandırabilen çözümler sunmaktadır.

> Örneğin NVIDIA'nın NeMo Curator modeli [161], verileri önceden tanımlanmış kategorilere göre otomatik olarak sınıflandırma ve kategorilere ayırma konusunda uzmanlaşmıştır ve üretken yapay zeka modellerine ince ayar yapmak ve ön eğitim vermek için bilgi işleme boru hatlarını optimize etmede önemli bir rol oynamaktadır. Cosmos platformu, gerçek dünya videoları ve 3D sahneleri [162] üzerinde eğitilerek NVIDIA ekosisteminde halihazırda inşa edilmekte olan otonom sistemler ve dijital ikizler için bir temel sağlamaktadır. NVIDIA Omniverse, 2025 yılına kadar tasarım bilgisi aktarım süreçlerinde IFC formatının yerini alabilecek evrensel bir sahne tanımı olan USD formatıyla çalışmak için lider araç haline gelmiştir. Bir robotik süreç simülatörü olan Isaac Sim [163] ile birlikte NeMo Curator, Cosmos ve Omniverse gibi çözümler, veri temizleme ve filtrelemeden eğitim seti oluşturmaya, nesne özelliği modellemeye ve şantiyede robot eğitimine kadar yeni bir otomasyon düzeyini temsil etmektedir. Tüm bu araçlar ücretsiz ve açık kaynak kodlu olup mühendislik ve inşaat uygulamalarında benimsenmesinin önündeki engelleri önemli ölçüde azaltmaktadır.

YapılandırılmıĢ tablolar düzeyinde verilerin otomatik olarak sınıflandırılması ilk bakıĢta göründüğü kadar zor değildir. Önceki bölümde gösterdiğimiz gibi (Şekil 9.1-10), birikmiş geçmiş veriler varsa, diğer unsurların benzer parametrelerine dayanarak eksik veya yanlış sınıf değerlerini telafi etmek mümkündür. Benzer özelliklere sahip unsurlar tamamlanmış birkaç projede zaten doğru bir şekilde sınıflandırılmışsa, sistem yeni veya tamamlanmamış bir unsur için yüksek olasılıkla uygun bir değer önerebilir (Şekil 10.1-6). Ortalama değerlere ve bağlam analizine dayanan bu tür bir mantık, tahminlerden, şartnamelerden veya CAD modellerinden gelen tablo verilerini toplu olarak işlerken özellikle etkili olabilir.

>



Şek. 10.1-6 Makine öğrenimi geçmiş projelere dayalı olarak doldurulmamış (beyaz kutular) tablo parametreleri için ortalama değerleri otomatik olarak bulmanıza yardımcı olabilir.

> Makine öğrenimindeki bu hızlı ilerlemenin arka planında şu açık: 2025 yılında, yapı elemanlarını otomatik olarak sınıflandırma sorununun uzun süre çözümsüz kalacağına inanmak saflık olur. Evet, mevcut algoritmalar, özellikle eksik veya heterojen verilerle henüz tam olgunluğa ulaşmamıştır, ancak adaptasyon için fırsat penceresi hızla kapanmaktadır.

Verilerini toplamak, temizlemek ve düzenlemek için halihazırda yatırım yapan ve ETL otomasyon araçlarını benimseyen şirketler avantajlı olacaktır. Geri kalanlar ise geride kalma riskiyle karşı karşıya kalacaktır - tıpkı şirketlerin bir zamanlar ulaştırma ve finans sektörlerinde dijital dönüşümün zorluklarının üstesinden gelemediği gibi

Manuel veri yönetimine ve geleneksel maliyet ve zaman tahmini yöntemlerine güvenmeye devam edenler, 2020'lerin başında kendilerini mobil uygulamalar ve otomatik rota hesaplamaları çağına uyum sağlayamayan 2000'lerin taksi filolarının konumunda bulma riskiyle karşı karşıyadır.

BÖLÜM 10.2.
VERİ ODAKLI BİR YAKLAŞIMI UYGULAMAYA YÖNELİK PRATİK BİR REHBER

Teoriden Pratiğe: İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm için Bir Yol Haritası

İnşaat sektörü, alışılagelmiş süreçlerin dijital platformlar ve şeffaf etkileşim modelleriyle giderek daha fazla desteklendiği ve hatta bazen bunların yerini aldığı yeni bir gelişim aşamasına giriyor. Bu durum şirketlere sadece zorluklar değil, aynı zamanda önemli fırsatlar da sunuyor. Bugünden uzun vadeli bir dijital strateji oluşturmaya başlayan kuruluşlar sadece pazardaki konumlarını korumakla kalmayacak, aynı zamanda müşterilerine modern yaklaşımlar ve güvenilir, teknolojik olarak desteklenen çözümler sunarak bu konumlarını genişletebileceklerdir.

> Kavramlar ve teknolojiler hakkındaki bilginin sadece bir başlangıç noktası olduğunun farkına varmak önemlidir. Yöneticiler ve uzmanlar pratik bir soruyla karşı karşıyadır: uygulamaya nereden başlanacağı ve teorik fikirlerin gerçek değere nasıl dönüştürüleceği. Buna ek olarak, şu soru giderek daha fazla gündeme gelmektedir: Geleneksel maliyetlendirme ve zamanlama yöntemleri müşteri tarafından her an revize edilebiliyorsa, iş neye dayanacaktır?

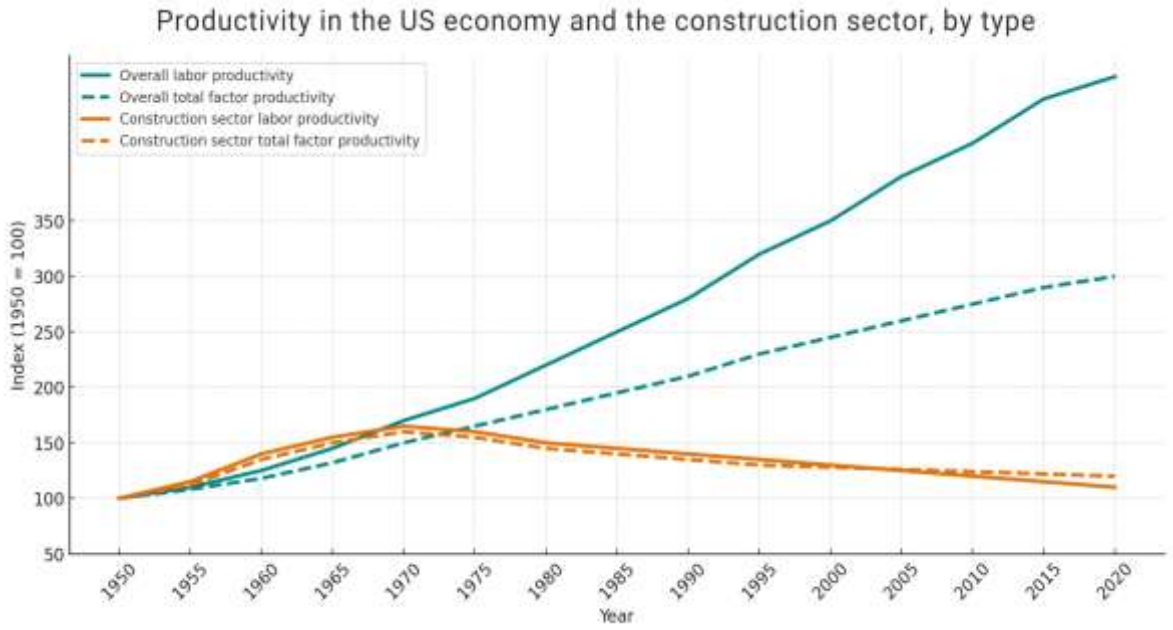
Cevap muhtemelen teknolojide değil, verilerle çalışmanın günlük uygulamaların ayrılmaz bir parçası olarak algılandığı yeni bir profesyonel kültürün oluşturulmasında yatmaktadır. Dijital teknolojiye ve inovasyona gereken önemin verilmemesi, inşaat sektörünü son on yıllarda gözlemlenen ciddi bir geri kalmışlığa sürüklemiştir [43].

> McKinsey'e göre, inşaat sektöründe Ar-Ge harcamaları gelirin%1'inden azken, otomotiv ve havacılık sektörlerinde bu rakam%3,5-4,5'e ulaşmaktadır. Benzer şekilde, inşaat sektöründeki BT maliyetleri de toplam gelirin%1'inden azdır [107].

Sonuç olarak, inşaatta sadece otomasyon seviyesi değil, aynı zamanda işgücü verimliliği de düşmektedir ve 2020 yılına gelindiğinde inşaat işçisi yarım yüzyıl öncesine göre daha az üretim yapmaktadır (Şekil 10.2-1)

İnşaat sektöründeki bu tür verimlilik sorunları çoğu gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede ortaktır (29 OECD ülkesinden 16'sında inşaat verimliliği düşmüştür (Şekil 2.2-1)) ve sadece teknoloji eksikliğine değil aynı zamanda yönetim, eğitim ve inovasyon yaklaşımlarında sistemik değişikliklere ihtiyaç duyulduğuna işaret etmektedir.

Dijital dönüşümün başarısı, araçların sayısına ve kullanılabilirliğine değil, kuruluşların süreçlerini gözden geçirme ve değişime açık bir kültür geliştirme becerilerine bağlıdır. Önemli olan teknolojinin kendisi değil, etkin kullanımını sağlayan, sürekli öğrenmeyi destekleyen ve yeni fikirlerin kabul edilmesini teşvik eden insanlar ve süreçlerdir.



Şekil 10.2-1 ABD ekonomisinde ve inşaat sektöründe işgücü verimliliği ve toplam kaynak verimliliği paradoksu (1950-2020) ([43]'e dayanarak).

Kitabın ilk bölümlerinde iş ortamı modeli bir orman ekosistemi ile karşılaştırılmıştır (Şekil 2.1-2, Şekil 1.2-4, Şekil 1.3-2). Sağlıklı bir ormanda, tüm yıkıcı güçlerine rağmen periyodik yangınlar uzun vadeli yenilenmede kilit bir rol oynar. Toprağı eski bitki örtüsünden temizler, depolanmış besin maddelerini geri getirir ve yeni yaşam için alan yaratır. Hatta bazı bitki türleri, tohumları sadece yüksek yangın sıcaklıklarına maruz kaldığında açılacak şekilde evrimleşmiştir - çimlenme için ideal zamanı sağlayan doğal bir mekanizma.

Benzer şekilde iş dünyasında da krizler 'kontrollü tükenmişlik' olarak işlev görebilir ve modası geçmiş sistemlere bağlı olmayan yeni yaklaşımların ve şirketlerin ortaya çıkmasını teşvik edebilir. Bu tür dönemler verimsiz uygulamaların terk edilmesini zorlar ve inovasyon için kaynakların serbest kalmasını sağlar. Yangın sonrası bir ormanın öncü bitkilerle başlaması gibi, kriz sonrası bir işletme de olgun bir bilgi ortamının temelini oluşturan yeni, esnek süreçler oluşturur.

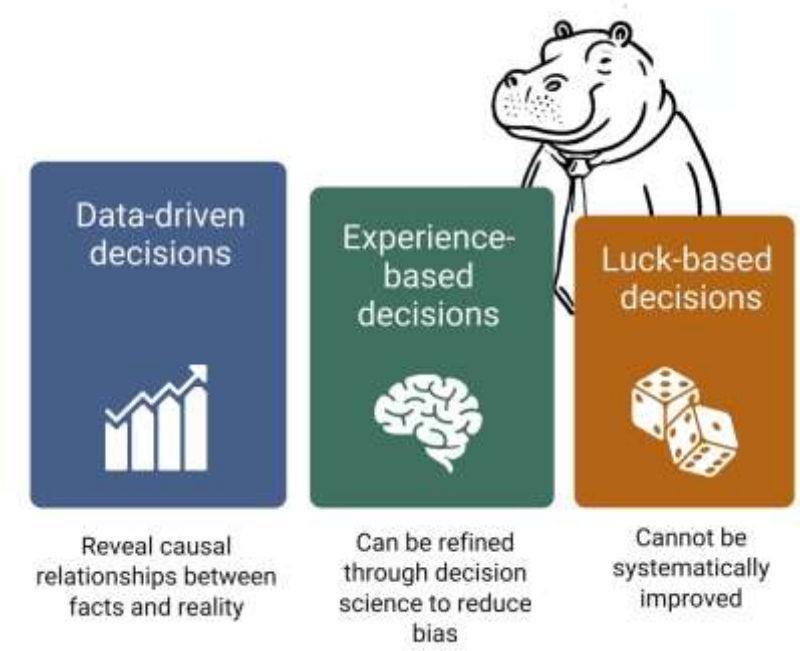
Bu 'sinyal yangınlarını' doğru yorumlamayı ve yıkıcı enerjilerini yapıcı değişime dönüştürmeyi başaran şirketler, bir kuruluşun doğal yenilenme ve büyüme yeteneğini geliştiren daha şeffaf, uyarlanabilir veri süreçleriyle yeni bir performans düzeyine ulaşacaktır.

> Yapay zeka ve makine öğreniminin iş ortamı üzerindeki artan etkisi artık şüphe götürmüyor. Bu sadece geçici bir trend değil, stratejik bir gerekliliktir. Yapay zekayı göz ardı eden şirketler yenilikçiliği ve esnekliği giderek daha fazla teşvik eden bir pazarda rekabet gücünü kaybetme riskiyle karşı karşıya kalmaktadır.

Gelecek, yapay zekayı sadece bir araç olarak değil, süreçleri optimize etmekten yönetim kararları almaya kadar işlerinin her yönünü yeniden düşünmek için bir fırsat olarak görenlere ait.

Dijital Temelin Atılması: Dijital Olgunluğa Doğru 1-5 Adım

Bu bölümde, dijital dönüşüm yol haritasına bakıyor ve hem kurum kültürünü hem de şirketin bilgi ekosistemini dönüştürmeye yardımcı olabilecek veri odaklı bir yaklaşımı uygulamak için gereken temel adımları belirliyoruz.



Şekil 10.2-2 Kontrollü güncelleme ve strateji seçimi: vaka, deneyim veya veri.

McKinsey'in "Why Digital Strategies Fail" (2018) adlı çalışmasına göre, şirketlerin dijital dönüşüm hedeflerine ulaşamamasının en az beş nedeni vardır [164]

- **Bulanık tanımlar**: Yöneticiler ve müdürler "dijital "in ne anlama geldiği konusunda farklı anlayışlara sahiptir ve bu da yanlış anlamalara ve tutarsızlıklara yol açmaktadır.
- **Dijital ekonomiyi yanlış anlamak**: Birçok şirket, dijitalleşmenin iş modellerine ve sektör dinamiklerine getirdiği değişikliklerin ölçeğini hafife almaktadır (Şekil 10.1-6).
- **Ekosistemlerin** göz ardı edilmesi: şirketler, daha geniş dijital ekosistemlere entegre olma

ihtiyacını göz ardı ederek bireysel teknoloji çözümlerine (veri siloları) odaklanmaktadır (Şekil 2.2-2, Şekil 4.1-12).

- **Rakiplerin dijitalleşmesini hafife** almak: Yöneticiler, rakiplerin de dijital teknolojileri aktif olarak benimsediğini ve bunun rekabet avantajı kaybına yol açabileceğini dikkate almazlar.
- **Dijitalleşme ikilemini gözden kaçırmak**: CEO'lar dijital dönüşümün sorumluluğunu diğer yöneticilere devrediyor, bu da kontrolü bürokratikleştiriyor ve değişim sürecini yavaşlatıyor.

Bu zorlukların üstesinden gelmek, kuruluşun tüm seviyelerinde dijital stratejilerin net bir şekilde anlaşılmasını ve uyumlaştırılmasını gerektirir. Dijital bir strateji oluşturmadan önce başlangıç noktasını anlamak önemlidir. Birçok kuruluş, mevcut durumun tam bir resmine sahip olmadan yeni araçları ve platformları benimseme eğilimindedir.

Adım 1: Mevcut sistemlerinizin ve verilerinizin bir denetimini gerçekleştirin.

Süreçleri değiştirmeden önce, halihazırda nelerin yürürlükte olduğunu anlamak önemlidir. Bir denetim gerçekleştirmek, veri yönetimindeki zayıflıkları belirlemenizi ve hangi kaynakların kullanılabileceğini anlamanızı sağlar. Denetim, iş süreçlerinizin bir tür "röntgenidir". Risk alanlarını belirlemenize ve hangi verilerin projeniz veya işiniz için kritik, hangilerinin ikincil olduğunu belirlemenize olanak tanır.

Ana Eylemler:

- BT ortamınızın haritasını çıkarın (Draw.io, Lucidchart, Miro, Visio veya Canva'da). Süreçlerinizde yer alan ve "Modern inşaatta teknolojiler ve yönetim sistemleri" bölümünde ele aldığımız sistemleri (ERP, CAD, CAFM, CPM, SCM ve diğerleri) listeleyin (Şekil 1.2-4)
- Mükerrerlerin sıklığı, olası eksik değerler ve her bir sistemdeki format tutarsızlıkları açısından her bir sistem için veri kalitesi sorunlarını değerlendirin.
- "Sıkıntılı noktaları" - süreçlerin bozulabildiği veya genellikle manuel müdahale gerektiren yerleri - ithalat, ihracat ve ek doğrulama süreçlerini belirleyin.

> Ekibin raporlara güvenmesini istiyorsanız, verilerin en başından itibaren doğru olduğundan emin olmanız gerekir.

Kaliteli bir veri denetimi size hangi verilerin kullanılacağını gösterecektir:

- Daha fazla geliştirmeye ihtiyaç var (otomatik temizleme süreçleri veya ek dönüşümlerin ayarlanması gerekiyor)
- Bunlar sadece sistemleri tıkayan ve artık süreçlerde kullanılmayarak kurtulunabilecek "çöplerdir".

Böyle bir denetimi kendi başınıza yapmanız mümkündür. Ancak bazen, özellikle diğer sektörlerden olmak üzere, dışarıdan bir danışmanla çalışmak faydalı olabilir: yeni bir bakış açısı ve inşaat "özelliklerinden" bağımsızlık, mevcut durumu ölçülü bir şekilde değerlendirmeye ve belirli çözümlere

ve teknolojilere yönelik tipik önyargı tuzaklarından kaçınmaya yardımcı olacaktır.

Adım 2: Veri uyumlaştırması için temel standartları belirleyin.

Denetimden sonra, verilerle çalışmak için ortak kurallar oluşturmak gerekir. "Standartlar: Rastgele Dosyalardan Akıllı Veri Modeline" bölümünde tartıştığımız gibi, bu silo halindeki veri akışlarının ortadan kaldırılmasına yardımcı olacaktır.

> Tek bir standart olmadan, her ekip "kendi yolunda" çalışmaya devam edecek ve her dönüşümde verilerin kaybolduğu bir entegrasyon "hayvanat bahçesi" sürdüreceksiniz.

Ana Eylemler:

- Sistemler arasında bilgi alışverişi yapmak için veri standartlarını seçin:
  - Tablo verileri için bu, CSV, XLSX gibi yapılandırılmış formatlar veya Parquet gibi daha verimli formatlar olabilir
  - Gevşek yapılandırılmış veri ve belgelerin değişimi için: JSON veya XML
- Veri modelleri ile çalışma konusunda uzmanlaşın:
  - "Veri modelleme: kavramsal, mantıksal ve fiziksel model" bölümünde açıklandığı gibi, görevleri kavramsal veri modeli düzeyinde parametrelendirerek başlayın (Şekil 4.3-2)
  - İş süreci mantığını daha derinlemesine inceledikçe, mantıksal ve fiziksel modellerdeki parametreleri kullanarak gereksinimleri resmileştirmeye geçin (Şekil 4.3-6)
  - Temel varlıkları, bunların niteliklerini ve süreçler içindeki ilişkileri tanımlayın ve bu ilişkileri hem varlıklar arasında hem de parametreler arasında görselleştirin (Şekil 4.3-7)
- Verileri doğrulamak ve standartlaştırmak için düzenli ifadeler (RegEx) kullanın (Şekil 4.4-7), "Yapılandırılmış Gereksinimler ve RegEx düzenli ifadeler" bölümünde tartıştığımız gibi. RegEx karmaşık bir konu değildir ancak fiziksel veri modelleri düzeyinde gereksinim oluşturma çalışmalarında son derece önemli bir konudur.

Veri düzeyinde standartlar ve süreç görselleştirme olmadan tutarlı ve ölçeklenebilir bir dijital ortam sunmak mümkün değildir. Unutmayın, "kötü veri pahalıdır." Ve bir proje veya kuruluş daha karmaşık hale geldikçe hata maliyeti de artar. Formatları birleştirmek, adlandırma, yapı ve doğrulama kurallarını tanımlamak, gelecekteki çözümlerin istikrarına ve ölçeklenebilirliğine yapılan bir yatırımdır.

Adım 3. DataOps'u uygulayın ve süreçleri otomatikleştirin.

İyi tanımlanmış bir mimari olmadan, şirketler kaçınılmaz olarak silo halindeki bilgi sistemlerinde bulunan farklı verilerle karşı karşıya kalacaktır. Veriler entegre edilmemiş, birden fazla konumda yinelenmiş ve bakımı maliyetli olacaktır.

> Verinin su olduğunu ve veri mimarisinin de bu suyu depolandığı kaynaktan kullanım noktasına taşıyan karmaşık bir boru hattı sistemi olduğunu düşünün. Bilginin nasıl toplanacağını, depolanacağını, dönüştürüleceğini, analiz edileceğini ve son kullanıcılara veya uygulamalara nasıl ulaştırılacağını belirleyen veri mimarisidir.

DataOps (Veri Operasyonları), kitabın 8. Bölümünde ayrıntılı olarak ele aldığımız gibi, verilerin toplanması, temizlenmesi, doğrulanması ve kullanılmasını tek bir otomatik süreç akışına entegre eden bir metodolojidir.

Ana Eylemler:

- ETL -süreçleri otomatikleştirmek için konveyörler oluşturun ve özelleştirin:
  - Extract: PDF belgelerinden (Şekil 4.1-2, Şekil 4.1-5, Şekil 4.1-7), Excel elektronik tablolarından, CAD -modellerinden (Şekil 7.2-4), ERP -sistemlerinden ve birlikte çalıştığınız diğer kaynaklardan otomatik veri toplamayı organize edin
  - Transform: verileri tek bir yapılandırılmış formata dönüştürmek ve kapalı uygulamaların dışında gerçekleşecek hesaplamaları otomatikiçin otomatik süreçler kurun (Şekil 7.2-8)
  - Yükle: özet tablolara, belgelere veya merkezi havuzlara otomatik veri yüklemeyi deneyin (Şekil 7.2-9, Şekil 7.2-13, Şekil 7.2-16)
- Hesaplama ve QTO (Quantity Take-Off) süreçlerini "QTO Quantity Take-Off: Proje Verilerini Özniteliklere Göre Gruplama" bölümünde ele aldığımız gibi otomatikleştirin:
  - API'ler, eklentiler veya tersine mühendislik araçları kullanarak CAD modellerinden hacimlerin otomatik olarak çıkarılmasını ayarlayın (Şekil 5.2-5).
  - Farklı sınıflar için öğeleri tablolar şeklinde niteliklere göre gruplandırmak için kurallar oluşturun (Şekil 5.2-12)
  - Modüler kapalı sistemler dışında sık tekrarlanan hacim ve maliyet hesaplamalarını otomatikleştirmeye çalışın (Şekil 5.2-15)
- "Python Pandas: verilerle çalışmak için vazgeçilmez bir araç" bölümünde ele aldığımız gibi verileri işlemek için Python ve Pandas kullanmaya başlayın:
  - XLSX dosyalarıyla çalışmak ve tablo verilerinin işlenmesini otomatikleştirmek için DataFrame uygulayın (Şekil 3.4-6)
  - Çeşitli Python kütüphaneleri aracılığıyla bilgilerin toplanmasını ve dönüştürülmesini otomatikleştirin
  - Hazır kod bloklarını ve tüm Boru Hatlarını yazmayı basitleştirmek için LLM adresini kullanın (Şekil 7.2-18)
  - Python'da bir Boru Hattı oluşturmayı deneyin, bu hataları bulur veya anormallikleri görür ve sorumlu kişiye (örneğin, proje yöneticisi) bir bildirim gönderir (Şekil 7.4-2)

DataOps ilkelerine dayalı otomasyon, manuel ve parçalı veri işlemeden sürdürülebilir ve tekrarlanabilir süreçlere geçmenizi sağlar. Bu sadece her gün aynı dönüşümlerle uğraşan çalışanların yükünü azaltmakla kalmaz, aynı zamanda tüm bilgi sisteminin güvenilirliğini, ölçeklenebilirliğini ve şeffaflığını da önemli ölçüde artırır.

Adım 4: Açık bir veri yönetişimi ekosistemi oluşturun.

Kapalı modüler sistemlerin geliştirilmesine ve yeni araçlarla entegrasyonuna rağmen, şirketler ciddi bir sorunla karşı karşıyadır - bu tür sistemlerin artan karmaşıklığı kullanışlılıklarını aşmaktadır. Tüm iş süreçlerini kapsayan tek bir tescilli platform oluşturma fikri, herhangi bir değişikliğin adapte olmak için önemli kaynak ve zaman gerektirdiği aşırı merkezileşmeye yol açmıştır.

"Kurumsal Miselyum: Veriler İş Süreçlerini Nasıl Birbirine Bağlar?" bölümünde ele aldığımız gibi, etkili veri yönetimi tüm bilgi kaynaklarını birbirine bağlayan açık ve birleşik bir ekosistem gerektirir.

Ekosistemin temel unsurları:

- Uygun bir veri deposu seçin:
  - Tablolar ve hesaplamalar için veritabanları kullanın - örneğin PostgreSQL veya MySQL (Şekil 3.1-7)
  - Belgeler ve raporlar için bulut depolama (Google Drive, OneDrive) veya JSON formatını destekleyen sistemler uygun olabilir
  - Büyük miktarda bilginin merkezi olarak depolanması ve analizi için Veri Ambarı, Veri Gölleri ve diğer araçların yeteneklerine göz atın (Şekil 8.1-8)
- Tescilli verilere erişmek için çözümler uygulayın:
  - Tescilli sistemler kullanıyorsanız, harici işleme için veri almak üzere API veya SDK aracılığıyla bunlara erişimi yapılandırın (Şekil 4.1-2)
  - CAD formatları için tersine mühendislik araçlarının potansiyeline aşina olun (Şekil 4.1-13)
  - Uygulamalardan veya sunuculardan periyodik olarak veri toplayan, bunları açık yapılandırılmış formatlara dönüştüren ve havuzlara kaydeden ETL-Pipeline'lar kurun (Şekil 7.2-3)
  - Tescilli yazılıma ihtiyaç duymadan verilere erişimin nasıl sağlanacağını ekip içinde tartışın
  - Unutmayın: veri, arayüzlerden daha önemlidir. Uzun vadeli değer sağlayan, belirli kullanıcı arayüzü araçları değil, bilginin yapısı ve kullanılabilirliğidir
- "Veri Modelleme için Mükemmeliyet Merkezi (CoE)" bölümünde tartıştığımız gibi veriler için bir mükemmeliyet merkezi (CoE) oluşturmayı veya veri uzmanlığını başka şekillerde nasıl sağlayabileceğinizi düşünün (Şekil 4.3-9)

Veri yönetimi ekosistemi, tüm proje katılımcılarının tutarlı, güncel ve doğrulanmış bilgilerle çalıştığı birleşik bir bilgi alanı oluşturur. Ölçeklenebilir, esnek ve güvenilir dijital süreçler için temel oluşturur

Verilerin potansiyelini açığa çıkarma: Dijital olgunluğa giden 5-10 adım

Teknik entegrasyona ek olarak, dijital çözümlerin başarılı bir şekilde uygulanmasında önemli bir faktör de bunların son kullanıcılar tarafından benimsenmesidir. Müşterileri veya kullanıcıları performans ölçümüne dahil etmek, hem kullanıcı deneyimini iyileştirmek hem de şirketteki değişimi yönetmek için bir zorluktur. Bir çözüm alışılmış bir iş akışına uymuyorsa veya gerçek kullanıcı ya da müşteri sorunlarını çözmüyorsa, kullanılmayacaktır ve hiçbir ek önlem ve teşvik bunu düzeltmeyecektir.

Dönüşüm, kullanıcı etkileşim verilerinin yeni süreçlerle analiz edilmesine, sık test döngülerine, sürekli geri bildirimlere ve iyileştirmelere dayanan yinelemeli bir süreçtir.

Adım 5: Bir veri kültürü oluşturun, personeli eğitin ve geri bildirim toplayın

En gelişmiş sistem bile çalışan katılımı olmadan çalışmayacaktır. Verilerin günlük olarak kullanıldığı ve ekibin bunun değerini anladığı bir ortam yaratmanız gerekir.

> Birleşik Krallık hükümetinin yayınladığı 2024 tarihli "Veri Analitiği ve Yapay Zeka in Government Project Delivery" raporunda [83], veri işleme ve yorumlama konusunda gerekli yetkinliklere sahip profesyonellerin eğitiminin veri analitiği ve yapay zekanın başarılı bir şekilde uygulanması için kritik öneme sahip olduğu belirtilmektedir.

Veri analitiği uzmanlığının eksikliği, dijital dönüşümü sınırlayan temel sorunlardan biridir. Yöneticiler yerleşik rutinlere alışkındır: üç aylık döngüler, önceliklendirilmiş girişimler ve projeleri ileriye taşımanın geleneksel yolları. Değişim, kendine özgü bir lider gerektirir - etki sahibi olacak kadar yüksek rütbeli, ancak uzun vadeli bir dönüşüm projesine liderlik edecek zamana ve motivasyona sahip olmayacak kadar yüksek değil.

Ana Eylemler:

- "HiPPO veya Karar Almada Görüş Tehlikesi" bölümünde tartışıldığı üzere, yüksek maaşlı bir çalışanın görüşüne dayalı öznel kararlardan (HiPPO) gerçeklere ve verilere dayalı bir karar alma kültürüne geçme ihtiyacının kabul edilmesi (Şekil 2.1-9).
- Sistematik eğitimler düzenleyin:
  - Yapılandırılmış verilerin nasıl kullanılacağına ilişkin eğitim oturumları düzenleyin ve diğer sektörlerden, günümüzde inşaat sektöründe popüler olan ürün ve kavramlara karşı önyargısı olmayan uzmanları davet edin
  - Veri analizi yaklaşımlarını ve araçlarını meslektaşlarınızla tartışın ve Python, pandas ve LLM gibi araçlarla pratik çalışmayı bağımsız olarak öğrenin (Şekil 4.1-3, Şekil 4.1-6)
  - Verilerin yapılandırılması (Şekil 3.2-15) ve veri modellerinin oluşturulması (Şekil 4.3-6, Şekil 4.3-7) konularında bir öğretici kitaplık (tercihen kısa videolarla) oluşturun

- Modern öğrenme teknolojilerinden yararlanma:
  - Kod oluşturma, yeniden düzenleme ve analizin yanı sıra tablo bilgilerinin işlenmesi ve yorumlanması da dahil olmak üzere kod ve veri manipülasyonunu desteklemek için dil modellerini (LLM'ler) kullanma (Şekil 3.4-1)
  - Çevrimdışı bir geliştirme ortamında (IDE) çalışırken LLM tarafından oluşturulan kodun nasıl uyarlanabileceğini ve eksiksiz bir Boru Hattı çözümüne nasıl entegre edilebileceğini keşfedin (Şekil 4.4-14, Şekil 5.2-13)

> Bir yönetici kararlarını "eski usul" vermeye devam ederse, hiçbir eğitim insanları analitiği ciddiye almaya ikna edemez.

Sürekli geri bildirim olmadan bir veri kültürü oluşturmak mümkün değildir. Geri bildirim, dahili raporlar veya resmi KPI'lar metrikler aracılığıyla keşfedilemeyen süreçler, araçlar ve stratejilerdeki boşlukları belirlemenizi sağlar. Çözümlerinizin kullanıcılarından gelen övgü dolu yorumlar pratik bir değer sağlamayacaktır. Özellikle somut gözlemlere ve gerçeklere dayanıyorsa, değerli olan eleştirel geribildirimdir. Ancak bu tür bilgileri elde etmek çaba gerektirir: hem dahili hem de harici katılımcıların yorumlarını çarpıtmadan ve görüşlerinin kendi işlerini etkileyebileceğinden korkmadan paylaşabilecekleri (bunu anonim olarak yapmak mantıklı olabilir) süreçler oluşturmanız gerekir. Bunu çarpıtmadan ve kendileri için olumsuz sonuçlardan korkmadan yapmaları önemlidir.

> *Her türlü öğrenme nihayetinde kendi kendine öğrenmedir [165].*
>
> - Milton Friedman, Amerikalı ekonomist ve istatistikçi

Analitik araçların uygulanmasına, uygulamadaki etkinliklerinin (ROI, KPI'lar) düzenli olarak doğrulanması eşlik etmelidir; bu da ancak çalışanlardan, müşterilerden ve ortaklardan yapılandırılmış geri bildirim yoluyla elde edilebilir. Bu, şirketlerin yalnızca hataları tekrarlamaktan kaçınmasına değil, aynı zamanda çevredeki değişikliklere daha hızlı uyum sağlamasına da olanak tanır. Geri bildirim toplamak ve analiz etmek için bir mekanizmaya sahip olmak, ara sıra yapılan dijital girişimlerden sürdürülebilir bir sürekli iyileştirme modeline geçen bir kuruluşun olgunluk işaretlerinden biridir (Şekil 2.2-5).

Adım 6: Pilot projelerden ölçek büyütmeye

> *Önemli olacak kadar büyük ve kazanacak kadar küçük savaşlar seçin.*
>
> - Jonathan Kozol

Dijital dönüşümü "bir kerede ve her yerde" başlatmak son derece risklidir. Pilot projelerle başlamak ve başarılı uygulamaları kademeli olarak ölçeklendirmek daha etkili bir yaklaşımdır.

Ana Eylemler:

- Pilot uygulama için doğru projeyi seçin:
  - Ölçülebilir sonuçları olan belirli bir iş hedefi veya süreci tanımlayın (KPI, ROI) (Şekil 7.1-5)
  - Python ve Pandas kullanarak otomatik veri doğrulama veya iş yükü hesaplama (QTO) gibi bir ETL otomasyon süreci seçin (Şekil 5.2-10
  - Başarı için net ölçütler belirleyin (örneğin, denetim spesifikasyonlarını veya veri doğrulama raporlarını hazırlama süresini bir haftadan bir güne indirin)
- Yinelemeli yaklaşımlar benimseyin:
  - Basit veri dönüştürme süreçleriyle başlayın ve çok formatlı verilerin süreçleriniz için ihtiyaç duyduğunuz formatlara akış dönüşümlerini oluşturun (Şekil 4.1-2, Şekil 4.1-5)
  - Belgelenmiş kod bloklarına dayalı olarak IDE'de eksiksiz bir Boru Hattı oluşturarak görevlerin karmaşıklığını kademeli olarak artırın ve süreçlerin otomasyonunu genişletin (Şekil 4.1-7, Şekil 7.2-18).
  - Başarılı çözümleri belgeleyin ve kaydedin (tercihen kısa videolarla) ve bunları meslektaşlarınızla veya profesyonel topluluklarla paylaşın
- Meslektaşlarınız (veya sosyal medya kullanıcıları da dahil olmak üzere profesyonel topluluk üyeleri) tarafından etkili bir şekilde kullanılabilmeleri için bu tür çözümleri çoğaltmak üzere şablonlar ve eşlik eden belgeler geliştirin

Adım adım "toparlama", değişikliklerin yüksek kalitesini korumanıza ve paralel uygulamaların kaosuna düşmemenize olanak tanır. "Küçükten büyüğe" stratejisi riskleri en aza indirir ve kritik sorunlara dönüşmelerine izin vermeden küçük hatalardan ders almanızı sağlar.

Çalışanların sadece kısmen dahil olduğu bir proje yaklaşımından kalıcı ekiplerin (örneğin uzmanlık merkezleri - CoE'ler) oluşturulmasına geçiş, ürünün ilk sürümü piyasaya sürüldükten sonra bile sürdürülebilir gelişiminin sağlanmasına yardımcı olur. Bu tür ekipler yalnızca mevcut çözümleri desteklemekle kalmaz, aynı zamanda bunları geliştirmeye de devam eder.

Bu sayede uzun onay süreçlerine bağımlılık azalır: ekip üyeleri kendi sorumluluk alanları dahilinde karar verme yetkisine sahip olurlar. Sonuç olarak yöneticiler mikro yönetim ihtiyacından kurtulur ve ekipler gerçek değer yaratmaya odaklanabilir.

> Yeni çözümler geliştirmek bir koşu değil, bir maratondur. Bunu başaranlar, başlangıçta uzun vadeli, tutarlı çalışmayı hedefleyenlerdir.

Teknolojinin sürekli gelişim gerektirdiğinin farkına varmak önemlidir. Teknolojik çözümlerin uzun vadeli gelişimine yatırım yapmak, başarılı operasyonların temelini oluşturur.

Adım 7: Açık veri formatları ve çözümleri kullanın

Modüler platformlar (ERP, PMIS, CAFM, CDE, vb.) ile ilgili bölümlerde tartıştığımız gibi, satıcı çözümlerinden bağımsızlığı sağlayan ve tüm paydaşlar için bilgi kullanılabilirliğini artıran açık ve evrensel veri formatlarına odaklanmak önemlidir.

Ana Eylemler:

- Kapalı formatlardan açık formatlara geçin:
  - Tescilli formatlar yerine açık formatlar kullanın veya kapalı formatların açık formatlara otomatik olarak yüklenmesini veya dönüştürülmesini ayarlamanın bir yolunu bulun (Şekil 3.2-15).
  - Çoğu modern sistem arasında değişim standartları olan Parquet, CSV, JSON, XLSX ile çalışmak için araçlar uygulayın (Şekil 8.1-2)
  - 3B geometri ile çalışmak süreçlerinizde önemli bir rol oynuyorsa USD, glTF, DAE veya OBJ gibi açık formatları kullanmayı düşünün (Şekil 3.1-14)
- Bilgiyi verimli bir şekilde analiz etmek ve aramak için vektör veri tabanlarını veri tabanlarını kullanın:
  - 3D geometrisini basitleştirmek için Bounding Box ve diğer yöntemleri kullanın (Şekil 8.2-1)
  - Veri vektörleştirmeyi - metinleri, nesneleri veya belgeleri sayısal temsillere dönüştürmeyi - nerede uygulayabileceğinizi düşünün (Şekil 8.2-2)
- Büyük veri analitiği araçlarını uygulayın:
  - Birikmiş geçmiş verilerin (örneğin PDF, XLSX, CAD) analiz için uygun formatlarda (Apache Parquet, CSV, ORC) depolanmasını organize edin (Şekil 8.1-2).
  - Temel istatistiksel yöntemleri uygulamaya ve temsili örneklerle çalışmaya başlayın - veya en azından istatistiğin temel ilkelerine aşina olun (Şekil 9.2-5)
  - Analiz sonuçlarını görselleştirmek için verileri ve veriler arasındaki ilişkileri görselleştirecek araçları uygulayın ve öğrenin. İyi bir görselleştirme olmadan, verinin kendisini veya veriye dayalı süreçleri tam olarak anlamak mümkün değildir (Şekil 7.1-4).

Açık veri formatlarına geçiş ve bilgilerin analiz edilmesi, depolanması ve görselleştirilmesine yönelik araçların kullanıma sunulması, sürdürülebilir ve bağımsız dijital yönetişimin temelini oluşturmaktadır. Bu sadece satıcılara olan bağımlılığı azaltmakla kalmaz, aynı zamanda tüm paydaşlar için verilere eşit erişim sağlar.

Adım 8. Tahmin için makine öğrenimini uygulamaya başlayın

Birçok şirket, hala kullanılmayan bir tür "bilgi gayzerleri" olan büyük miktarda veri biriktirmiştir. Bu veriler yüzlerce veya binlerce projede toplanmış, ancak genellikle sonraki süreçlerde yalnızca bir kez kullanılmış veya hiç kullanılmamıştır. Kapalı formatlarda ve sistemlerde saklanan belgeler ve modeller genellikle eskimiş ve işe yaramaz balast olarak algılanır. Ancak gerçekte bunlar değerli bir kaynaktır - yapılan hataları analiz etmek, rutin işlemleri otomatikleştirmek ve gelecekteki projelerde otomatik sınıflandırma ve özellik tanıma için yenilikçi çözümler geliştirmek için temel oluştururlar.

Asıl zorluk, bu verilerin nasıl çıkarılacağını ve eyleme geçirilebilir içgörülere nasıl dönüştürüleceğini öğrenmektir. Makine Öğrenimi ve Tahminler bölümünde tartışıldığı gibi, makine öğrenimi teknikleri inşaatla ilgili çeşitli süreçlerde tahminlerin ve öngörülerin doğruluğunu önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Biriken verilerin tam olarak kullanılması, verimliliği artırmanın, riski azaltmanın ve sürdürülebilir dijital süreçler oluşturmanın yolunu açar.

Ana Eylemler:

- Basit algoritmalarla başlayın:
  - Çok sayıda faktöre bağımlılığın olmadığı veya minimum düzeyde olduğu veri kümelerinde tekrarlayan performansı tahmin etmek için LLM'nin ipuçlarını kullanarak doğrusal regresyon uygulamayı deneyin (Şekil 9.3-4)
  - k-en yakın komşular (k-NN) algoritmasının teorik olarak süreçlerinizin hangi aşamalarında uygulanabileceğini düşünün - örneğin, sınıflandırma görevleri, nesne benzerliği değerlendirmesi veya tarihsel analoglara dayalı tahminler için (Şekil 9.3-5).
- Modelleri eğitmek için veri toplayın ve yapılandırın:
  - Geçmiş proje verilerini tek bir yerde ve tek bir formatta toplayın (Şekil 9.1-10)
  - Otomatik ETL aracılığıyla eğitim örneklerinin kalitesi ve temsil gücü üzerinde çalışın (Şekil 9.2-8)
  - Titanic veri kümesi örneğinde yaptığımız gibi verileri eğitim ve test kümelerine ayırmayı öğrenin (Şekil 9.2-6, Şekil 9.2-7)
- Makine öğrenimi tekniklerinin proje zaman çizelgelerinin tahmin edilmesinden lojistiğin optimize edilmesine, kaynak yönetimine ve potansiyel sorunların erken tespitine kadar çok çeşitli görevlere uygulanmasını genişletmeyi düşünün

Makine öğrenimi, arşivlenmiş verileri tahmin, optimizasyon ve bilinçli karar verme için değerli bir varlığa dönüştüren bir araçtır. Küçük veri kümeleri (Şekil 9.2-5) ve basit modellerle başlayın, karmaşıklığı kademeli olarak artırın.

Adım 9. IoT ve modern veri toplama teknolojilerini entegre edin

İnşaat dünyası hızla dijitalleşiyor: her inşaat fotoğrafı, her Teams gönderisi zaten gerçekliği parametreleştiren ve simgeleştiren daha büyük bir sürecin parçası. Tıpkı GPS'in bir zamanlar lojistiği dönüştürdüğü gibi, IoT, RFID ve otomatik veri toplama teknolojileri de inşaat sektörünü değiştiriyor. "Nesnelerin İnterneti ve Akıllı Sözleşmeler" bölümünde tartışıldığı gibi, sensörler ve otomatik izleme ile

dijital şantiye sektörün geleceğidir.

Ana Eylemler:

- IoT -cihazları, RFID -etiketleri uygulayın ve bunlarla ilişkili süreçleri detaylandırın:
  - Bir projenin hangi alanlarının veya proje aşamalarının en yüksek yatırım getirisinden (ROI) yararlanabileceğini değerlendirin - örneğin, sıcaklık, titreşim, nem veya hareketini izlemek için
  - Tedarik zinciri boyunca malzemeleri, araçları ve ekipmanları izlemek için RFID kullanmayı düşünün
  - Toplanan verilerin otomatik gerçek zamanlı işleme ve analiz için Apache NiFi gibi tek bir bilgi sistemine nasıl entegre edilebileceğini düşünün (Şekil 7.4-5)
- Gerçek zamanlı bir izleme sistemi kurun:
  - Streamlit, Flask veya Power BI gibi görselleştirme araçlarını kullanarak temel süreç veya proje ölçümlerini izlemek için gösterge tabloları geliştirin)
  - Plandan veya normlardan kritik sapmaları bildirmek için otomatik bildirimler ayarlayın (Şekil 7.4-2)
  - Toplanan verilere ve belirlenen modellere dayalı olarak ekipmanın kestirimci bakım potansiyelini değerlendirin (Şekil 9.3-6)
- Farklı kaynaklardan gelen verileri birleştirin:
  - Veri modelini fiziksel düzeyde görselleştirerek başlayın - CAD sistemlerinden, IoT cihazlarından ve ERP platformlarından gelen bilgi akışlarının ve temel parametrelerin yapısını yansıtın (Şekil 4.3-1)
  - Veri analizi ve yönetim karar desteği için birleşik bir platformun kaba bir taslağını oluşturarak işe başlayın. Temel işlevleri, veri kaynaklarını, kullanıcıları ve öngörülen uygulama senaryolarını belirleyin (Şekil 4.3-7).

Gerçek süreçleri dijital dünyaya bağlamaya ne kadar erken başlarsanız, bunları verilerle o kadar erken yönetebilirsiniz - verimli, şeffaf ve gerçek zamanlı olarak.

10. Adım Sektördeki değişikliklerin geleceği için hazırlanın

İnşaat şirketleri sürekli olarak dış çevrenin baskısı altındadır: ekonomik krizler, teknolojik atılımlar, mevzuat değişiklikleri. Yağmur, kar, kuraklık ve kavurucu güneşe dayanmak zorunda olan bir orman gibi, şirketler de sürekli adaptasyon koşulları altında yaşarlar. Tıpkı ağaçların derin kök sistemleri sayesinde dona ve kuraklığa karşı dirençli hale gelmesi gibi, yalnızca otomatikleştirilmiş süreçlerden oluşan sağlam bir temele, değişimi öngörme ve stratejileri esnek bir şekilde uyarlama becerisine sahip kuruluşlar yaşayabilir ve rekabetçi kalabilir.

"Hayatta Kalma Stratejileri: Rekabet Avantajları Oluşturmak" bölümünde de belirtildiği üzere, inşaat

sektörü radikal bir dönüşüm aşamasına girmektedir. Müşteri ve yüklenici arasındaki etkileşim, şeffaflık, öngörülebilirlik ve dijital araçların geleneksel yaklaşımların yerini aldığı bir ikna modeline doğru ilerliyor. Bu yeni gerçeklikte, en büyükler değil, en esnek ve teknolojik açıdan en olgun olanlar kazanıyor.

Ana Eylemler:

- Açık veri bağlamında ticari güvenlik açıklarını analiz edin:
  - Uberleşmenin bir parçası olarak verilere erişimin demokratikleştirilmesinin rekabet avantajınız ve işiniz üzerinde nasıl yıkıcı bir etkisi olabileceğini değerlendirin (Şekil 10.1-5)
  - Opak ve silo süreçlerinden açık çözümlere, sistemlerin birlikte çalışabilirliğine ve veri şeffaflığına dayalı iş modellerine geçiş için bir strateji düşünün (Şekil 2.2-5).
- Uzun vadeli bir dijital strateji geliştirin:
  - İnovasyon lideri mi olmak istediğinizi yoksa kaynaklarınızı koruyacağınız bir "yakalama" senaryosunu mu tercih edeceğinizi belirleyin
  - Aşamaları tanımlayın: kısa vadeli (süreç otomasyonu, veri yapılandırma), orta vadeli (LLM ve ETL'nin uygulanması), uzun vadeli (dijital ekosistemler, merkezi havuzlar)
- Hizmet portföyünüzü genişletmeyi düşünün:
  - Yeni hizmetler sunmayı düşünün (enerji verimliliği, ESG, veri hizmetleri odaklı). Bir sonraki bölümde yeni iş modelleri hakkında daha fazla konuşacağız
  - Kendinizi, tasarımdan işletmeye kadar bir tesisin tüm yaşam döngüsünü destekleyen güvenilir bir teknoloji ortağı olarak konumlandırmaya çalışın. Size duyulan güven sistematik bir yaklaşıma, şeffaf süreçlere ve sürdürülebilir teknolojik çözümler sunma becerisine dayanmalıdır

Dönüşümsel bir ortamda kazananlar değişime sadece tepki verenler değil, proaktif olanlardır. Esneklik, açıklık ve dijital olgunluk, yarının inşasında sürdürülebilirliğin temelleridir.

Dönüşüm yol haritası: kaostan veri odaklı şirketine

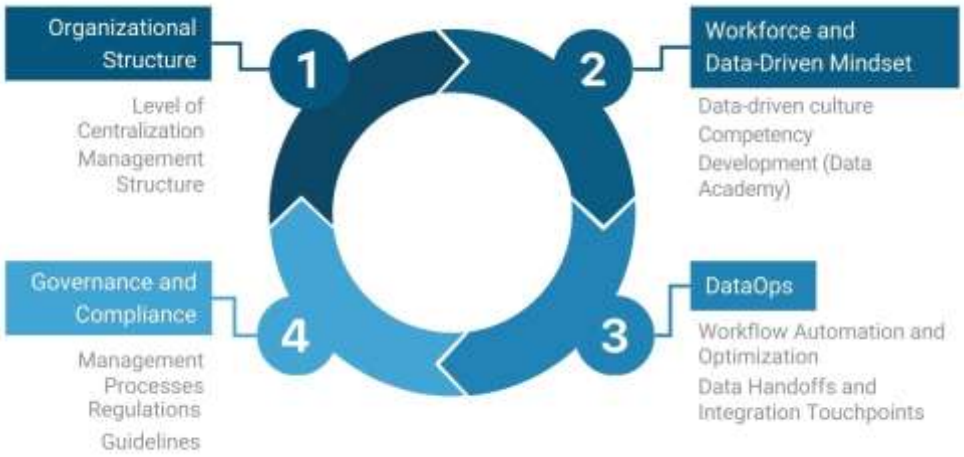
Aşağıdaki plan, kendi veri odaklı dijital dönüşüm stratejinizi şekillendirmek için bir başlangıç noktası, bir ilk ölçüt olarak hizmet edebilir:

- **Denetim ve standartlar**: mevcut durumu analiz edin, verileri birleştirin
- **Veri yapılandırma ve sınıflandırma**: yapılandırılmamış ve gevşek yapılandırılmış verilerin dönüşümünü otomatikleştirin
- **Gruplamaları**, hesaplamaları ve hesaplamaları **otomatikleştirin**: otomasyon için açık kaynaklı araçlar ve kütüphaneler kullanın
- **Ekosistem ve COE**: Şirkette birleşik bir veri ekosistemi oluşturmak için dahili bir ekip kurun

- **Kültür ve öğrenme**: HiPPO çözümlerinden veri odaklı çözümlere geçiş
- **Pilot uygulamalar, geri bildirim ve ölçeklendirme**: yinelemeli olarak hareket edin: yeni yöntemleri sınırlı bir ölçekte test edin, geçerli geri bildirimler toplayın ve çözümleri kademeli olarak ölçeklendirin.
- **Açık formatlar**: yazılım satıcılarından bağımsızlık için evrensel ve açık formatlar kullanın
- **Makine öğrenimi**: tahmin ve optimizasyon için **makine öğrenimi** algoritmalarını süreçlere yerleştirin
- **IoT ve dijital şantiye**: modern veri toplama teknolojilerini süreçlere entegre edin
- **Stratejik adaptasyon**: gelecekteki sektör değişikliklerine hazırlanmak

> En önemlisi, "verilerin tek başına bir şirketi değiştirmediğini, şirketi değiştirenin bu verilerle nasıl çalışılacağını bilen insanlar olduğunu" unutmayın. Kültürü, şeffaf süreçleri ve sürekli iyileştirme taahhüdünü vurgulayın

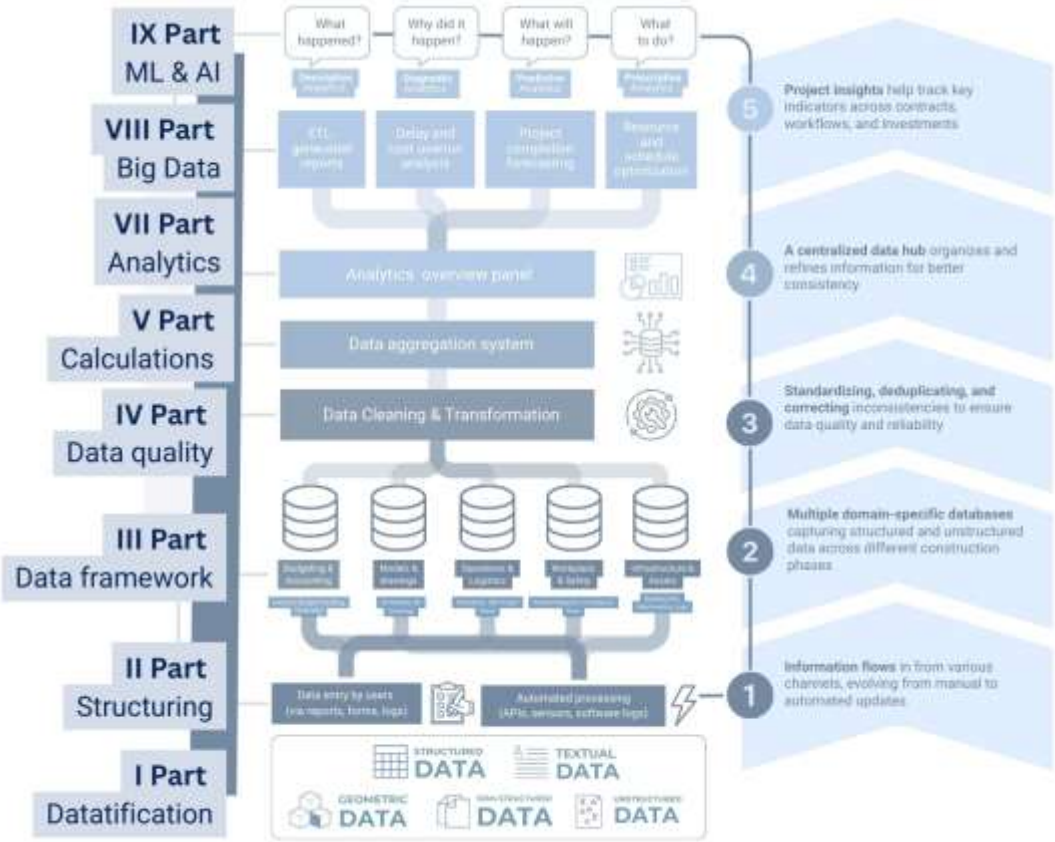
Sistem yaklaşımı, silo halindeki dijital girişimlerden, kararların sezgi veya varsayımlara değil, verilere, gerçeklere ve matematiksel olarak hesaplanmış olasılıklara dayandığı tam teşekküllü veri odaklı bir yönetim modeline geçişi sağlar. İnşaat sektörünün dijital dönüşümü sadece teknolojiyi benimsemekle ilgili değil, aynı zamanda proje bilgilerinin farklı sistemler arasında sorunsuz ve yinelemeli olarak aktarıldığı bir iş ekosistemini şekillendirmekle ilgilidir. Bunu yaparken, makine öğrenimi algoritmaları otomatik, sürekli analiz, tahmin ve süreç optimizasyonu sağlar. Böyle bir ortamda spekülasyonlar ve gizli veriler önemsiz hale gelir - geriye yalnızca kanıtlanmış modeller, şeffaf hesaplamalar ve öngörülebilir sonuçlar kalır.



Şekil 10.2-3 Şirket düzeyinde başarılı veri yönetiminin temel unsurları.

Kitabın her bir bölümü inşaat projelerinde veri işleme ve analizinin belirli bir aşamasına karşılık

gelmektedir (Şekil 2.2-5). Daha önce tartışılan konulardan birine geri dönmek ve veri kullanım akışının bütünsel bir anlayışıyla bakmak isterseniz, Şekil 10.2-4'teki bölüm başlıklarına başvurabilirsiniz.



Şekil 10.2-4 Veri işleme hattı bağlamında kitabın bölümleri (Şekil 2.2-5): bilginin dijitalleşmesinden analitik ve yapay zekaya.

Kuruluşunuzun büyüklüğü, teknoloji olgunluk düzeyi veya bütçesi ne olursa olsun, veri odaklı bir yaklaşımına geçmeye bugünden başlayabilirsiniz. Doğru yönde atılacak küçük adımlar bile zaman içinde sonuç verecektir.

> Veri odaklı dönüşüm tek seferlik bir proje değil, yeni araçların kullanılmasını, süreçlerin yeniden tasarlanmasını ve veri odaklı karar alma kültürünün geliştirilmesini içeren sürekli ve yinelemeli bir iyileştirme sürecidir.

Endüstri 5.0'da İnşaat: Artık saklanamadığınızda nasıl para kazanabilirsiniz?

İnşaat şirketleri uzun bir süredir süreçlerin opaklığı üzerinden para kazanmaktadır. Ana iş modeli spekülasyondu - kapalı ERP - ve PMIS - dış denetimlerin erişemediği sistemlerde malzeme maliyetini, iş kapsamını ve yüzde artışlarını olduğundan fazla tahmin etmek. Müşterilerin ve güvendikleri kişilerin orijinal proje verilerine sınırlı erişimi, hesaplamaların güvenilirliğini doğrulamanın neredeyse imkansız hale geldiği planlar için zemin oluşturdu.

Ancak bu model hızla geçerliliğini yitirmektedir. Veri erişiminin demokratikleşmesi, LLM'lerin ortaya çıkışı, açık verinin gelişi ve ETL otomasyon araçları ile sektör yeni bir çalışma standardına doğru ilerliyor.

> Sonuç olarak, şeffaflık artık bir rekabet avantajı değildir - yakında vazgeçilmesi zor bir yük haline gelecektir. Şeffaflık bir seçenek olmaktan çıkıp pazarda kalmanın ön koşuluna dönüşür.

Yeni dijital gerçeklikte müşteriler - bankalar, yatırımcılar, fiziksel müşteriler, özel sermaye, devlet müşterileri - kiminle çalışacak? Cevap çok açık: sadece sonucu değil, aynı zamanda sonuca giden yoldaki her adımın gerekçesini de sağlayabilenlerle. Açık veri hacmi arttıkça, ortaklar ve müşteriler sonuçların şeffaflığını, doğruluğunu ve öngörülebilirliğini garanti eden şirketleri seçecektir.

Bu çerçevede, spekülasyondan ziyade veri yönetimi ve güvene dayalı yeni iş modelleri ortaya çıkmaktadır:

- **Metrekare yerine süreç satmak**: temel varlık, indirimli somut anlaşmalardan ziyade güven ve verimlilik haline gelir. Ana değer, güvenilir ve doğrulanmış verilere dayanan sonucun öngörülebilirliği olacaktır. Modern şirketler inşaat nesnesini olduğu gibi satmayacak, ancak:
  - doğru teslim tarihleri ve şeffaf çalışma programları;
  - makul tahminler, hesaplamalarla desteklenmiştir;
  - Projenin tüm aşamalarında tam dijital izlenebilirlik ve kontrol.
- **Hizmet olarak mühendislik ve analitik**: Her projenin dijital bir veri zincirinin parçası haline geldiği ve iş değerinin bu zinciri yönetme becerisinde olduğu "Hizmet Olarak Veri " modeli (hazır verileri kullanıcılara internet üzerinden bir hizmet olarak sunmanın bir yolu). Şirketler, otomasyon ve analitiğe dayalı çözümler sunan akıllı platformlara dönüşmektedir:
  - Tahminlerin ve planların otomatik ve şeffaf bir şekilde hazırlanması;
  - Makine öğrenimi algoritmalarına dayalı risk ve zamanlama değerlendirmesi;
  - çevresel göstergelerin hesaplanması (ESG, CO_2, enerji verimliliği);
  - denetlenmiş açık kaynaklardan raporların oluşturulması.
- **Mühendislik uzmanlığının ürünleştirilmesi**: Şirketin geliştirdikleri şirket içinde tekrar tekrar kullanılabilir ve ayrı bir ürün olarak dağıtılabilir - dijital hizmetler aracılığıyla ek bir gelir kaynağı

oluşturur. Yeni ortamda şirketler sadece projeler değil, aynı zamanda dijital varlıklar da yaratıyor:

- bileşen kütüphaneleri ve tahmin şablonları;
- otomatik doğrulama modülleri;
- Verilerle çalışmak için açık kaynaklı eklentiler ve komut dosyaları (danışmanlık satışı).

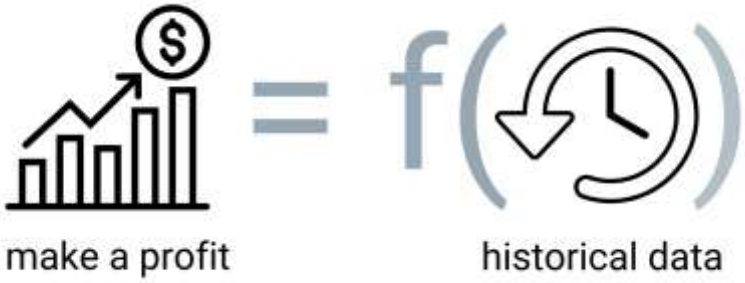
- **Yeni bir şirket türü: Veri Odaklı Entegratör:** belirli yazılım satıcılarına veya modüler sistemlere bağlı olmayan ve tek bir yazılım arayüzüne "kilitlenmeyen" bir pazar oyuncusu. Verilerle özgürce çalışır ve rekabet gücünü veriler üzerine inşa eder. Geleceğin inşaat şirketi sadece bir müteahhit değil, müşteri için aşağıdaki işlevleri yerine getirebilen bir bilgi entegratörüdür:
  - Farklı kaynaklardan gelen verileri birleştirin ve analitik gerçekleştirin;
  - Süreçlerin şeffaflığını ve güvenilirliğini sağlayın;
  - İş süreçlerini optimize etme konusunda tavsiyelerde bulunma;
  - Açık veri ekosisteminde çalışan araçlar geliştirmek, LLM, ETL ve Pipelines.

Endüstri 5.0 (Şekil 2.1-12) "manuel ortalama oranları döneminin" ve CEO'lar ile tahmin ve muhasebe departmanı arasındaki akşam toplantılarının sonunu işaret etmektedir. Daha önce gizli olan her şey - hesaplamalar, tahminler, hacimler - açık, doğrulanabilir ve uzman olmayanlar için bile anlaşılabilir hale geliyor. Kendilerini yeniden yönlendiren ilk kişiler kazananlar olacaktır. Diğerleri inşaat sektörünün yeni dijital ekonomisinin dışında kalacaktır.

SONUÇ

İnşaat sektörü köklü bir değişim çağına giriyor. Kil tabletlerdeki ilk kayıtlardan proje sunucularından ve şantiyelerden akan devasa dijital veri miktarlarına kadar, inşaatta bilgi yönetiminin tarihi her zaman zamanının teknolojisinin olgunluğunu yansıtmıştır. Günümüzde otomasyonun, açık formatların ve akıllı analiz sistemlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte sektör kademeli bir evrimle değil, hızlı bir dijital dönüşümle karşı karşıyadır.

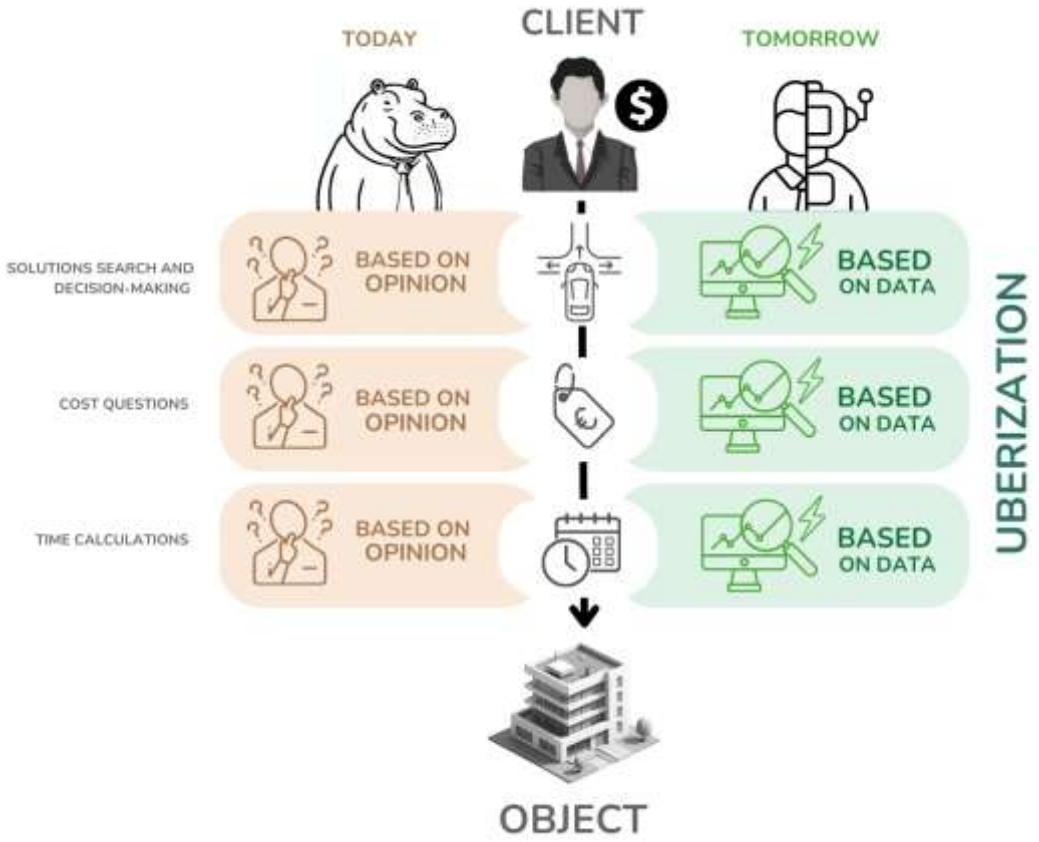
Ekonominin diğer sektörlerinde olduğu gibi inşaat sektöründe de sadece araçların değil çalışma prensiplerinin de yeniden düşünülmesi gerekecek. Eskiden piyasayı belirleyen ve müşteri ile proje arasında ana aracı olarak hizmet veren şirketler benzersiz konumlarını kaybediyor. Güven ve verilerle çalışma becerisi - verilerin toplanması ve yapılandırılmasından analiz, tahmin ve kararların otomatikleştirilmesine kadar - ön plana çıkıyor.



Şekil 10.2-1 Yapılandırılmış geçmiş veriler, verimli ve yönetilebilir bir işletmenin yakıtıdır.

Bu kitap, denetim ve standardizasyondan süreç otomasyonuna, görselleştirme araçlarının kullanımından akıllı algoritmaların uygulanmasına kadar inşaat sektöründe veri yönetiminin temel ilkelerini detaylandırmaktadır. Sınırlı kaynaklarla bile nasıl çalışan bir veri mimarisi oluşturabileceğinizi ve sezgiler yerine doğrulanabilir gerçeklere dayalı kararlar almaya başlayabileceğinizi inceledik. Verilerle çalışmak artık sadece BT departmanının görevi değil; şirketin esnekliğini, uyumluluğunu ve uzun vadeli sürdürülebilirliğini belirleyen yönetim kültürünün temeli haline geliyor.

Makine öğrenimi teknolojilerinin, otomatik işleme sistemlerinin, dijital ikizlerin ve açık formatların uygulanması, daha önce kritik öneme sahip olan insan faktörünün ortadan kaldırılmasını mümkün kılmaktadır. İnşaat, fikirden projenin gerçekleştirilmesine doğru hareketin otomatik pilot modunda navigasyonla karşılaştırılabileceği otonomi ve kontrol edilebilirliğe doğru ilerlemektedir: öznel kararlara bağlı olmadan, her aşamada manuel müdahaleye ihtiyaç duymadan, ancak tam dijital izlenebilirlik ve kontrol ile (Şekil 10.2-2).



Şekil 10.2-2 Önemli uzmanların görüşlerine dayalı karar verme sürecinden (HiPPO) veri analizine geçiş öncelikle müşteri tarafından desteklenecektir.

Bu kitapta sunulan yöntemleri, ilkeleri ve araçları öğrenerek şirketinizde sezgisel kararlar yerine veri odaklı kararlar almaya başlayabileceksiniz. Ayrıca LLM'lerde modül zincirlerini çalıştırabilecek, kullanıma hazır ETL Pipelines'ı geliştirme ortamınıza (IDE) kopyalayabilecek ve ihtiyacınız olan bilgileri istediğiniz biçimde elde etmek için verileri otomatik olarak işleyebileceksiniz. Kitabın büyük veri ve makine öğrenimi ile ilgili bölümlerini temel alarak daha karmaşık senaryoları uygulayabilecek, geçmiş verilerden yeni içgörüler elde edebilecek ve süreçlerinizi tahmin ve optimize etmek için makine öğrenimi algoritmalarını uygulayabileceksiniz.

Açık veriler ve süreçler, proje maliyetleri ve zaman çizelgelerine ilişkin daha doğru tahminler için temel oluşturacak ve inşaat şirketlerinin opak veriler üzerinden spekülasyon yapmasını önleyecektir. Bu, sektörün rolünü yeniden düşünmesi ve şeffaflık ile verimliliğin kilit başarı faktörleri haline geleceği yeni bir ortama uyum sağlaması için hem bir zorluk hem de bir fırsattır.

> Bilgiyi alma ve uygulamaya koyma isteği, dijital dönüşüm çağında başarının anahtarıdır.

Bunu ilk fark eden şirketler yeni dijital rekabette avantajlı olacaktır. Ancak verilerin tek başına hiçbir şeyi değiştirmeyeceğinin farkına varmak önemlidir. Birçok insanın düşünme şeklini değiştirmesi gerekecek ve bu da bir teşvik gerektiriyor. Şirketiniz verileri paylaşma şeklini yeniden düşünmelidir

Şirketi değiştiren insanlar, bu verilerle nasıl çalışacaklarını bilen, onları yorumlayan, optimize etmek için kullanan ve onlara dayalı yeni bir süreç mimarisi oluşturan insanlardır.

Eğer bu satırları okuyorsanız, değişime hazırsınız ve zaten bir adım öndesiniz demektir. Bu yolu seçtiğiniz için teşekkür ederiz. Dijital dönüşüm çağına hoş geldiniz!

YAZAR HAKKINDA

Benim adım Artem Boiko. Petersburg Madencilik Üniversitesi'nde maden ve yeraltı inşaatı alanında uzmanlaşırken, 2007 yılında memleketimdeki bir petrol şisti madeninde madenci olarak çalışmaya başladım. Bu kitabın arka kapağında, yüzlerce küp petrollü şist çıkardığımız ve patlattığımız yerde bir patlamacıyı görebilirsiniz. Kariyerim beni maden ve yeraltı inşaat işçiliğinden endüstriyel dağcılık, çatı kaplama ve asansör ekipmanı montajcılığına kadar pek çok farklı yöne götürdü. Dünyanın farklı bölgelerinde özel evlerin inşasından büyük endüstriyel tesislere kadar çeşitli ölçeklerdeki projelerde yer alma onurunu yaşadım.

Zaman içinde çalışmalarım fiziksel inşaattan bilgi yönetimi ve dijital süreçlere kaydı. 2013 yılından bu yana Almanya'nın çeşitli bölgelerindeki küçük, orta ve büyük ölçekli inşaat şirketlerinde tasarımcıdan veri yönetimi müdürüne kadar çeşitli pozisyonlarda çalıştım. Veri yönetimi söz konusu olduğunda, deneyimim çeşitli ERP sistemlerinde, CAD (BIM), MEP, FEM, CMS'deki verilerle çalışmaktan oluşuyor. Endüstriyel, konut, altyapı ve kamu hizmeti inşaat şirketlerinde inşaat işlerinin planlama, hesaplama ve yürütme aşamalarında optimizasyon, süreç otomasyonu ve analiz, makine öğrenimi, veri işleme konularında yer aldım.

2003'ten beri açık kaynak yazılım ve açık veri ile çalışıyorum. Bu süre zarfında, açık kaynak çözümleri ve açık CMS kullanarak web siteleri ve çevrimiçi mağazalardan tam teşekküllü web uygulamalarına kadar birçok web projesini hayata geçirdim. Birçok yönden modern bina ERP'lerine benzeyen bu platformlar modüler mimariye, yüksek uyarlanabilirliğe ve erişilebilirliğe sahiptir. Bu deneyim, açık kaynak teknolojilerine ve işbirliğine dayalı bir geliştirme kültürüne odaklanan profesyonel yaklaşımımın temelini oluşturdu. Açık kaynağa ve serbest bilgi alışverişine saygı, inşaat sektöründe teşvik etmeye çalıştığım bir şey. İnşaat sektöründe veri erişilebilirliğini geliştirmeye yönelik çalışmalarım, veri açıklığını ve inşaatta Açık Kaynak kullanımını tartışmak için çeşitli sosyal medya topluluklarının oluşturulmasının yanı sıra çeşitli kapalı sistemlerden ve platformlardan verilere erişim sağlamak için çözümler geliştiren birkaç girişimin başlatılmasına dönüştü.

Profesyonel topluluğa katkım, CAD birlikte çalışabilirliği (BIM), ERP, 4D-5D, LLM Makine Öğrenimi ve Yapay Zeka konularını kapsayan konferanslara konuşmacı olarak katılmamın yanı sıra Avrupa inşaat sektörü yayınlarında yayınlanan makalelerimdir. Kayda değer başarılarımdan biri de "BIM Tarihi "nin oluşturulmasıdır. [111], inşaat sektöründe veri yönetimi için önemli yazılım çözümlerinin kapsamlı bir haritası. Birçok dile çevrilen 7 bölümlük makale dizim "BIM Geliştirme ve Lobi Oyunları", dijital standartların gizli dinamiklerini aydınlatmaya yönelik bir girişim olarak geniş çapta kabul görmüştür.

Bu şekilde kaya madenciliğinden inşaat verilerinin madenciliğine ve sistematiğine geçtim. Profesyonel diyaloğa, yeni fikirlere ve ortak projelere her zaman açığım. Her türlü geri bildirimi minnetle kabul ediyor ve mesajlarınızı veya sizi sosyal medya takipçilerim arasında görmeyi dört gözle bekliyorum. Bu kitabı sonuna kadar okuduğunuz için çok teşekkür ederim! Bu kitap inşaat sektöründe veri konusunu daha iyi anlamanıza yardımcı olursa mutlu olurum.

DAHA FAZLA ILIŞKI

Okuyucuların görüşleri, yayınların daha da geliştirilmesinde ve öncelikli konuların seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Hangi fikirlerin faydalı olduğu ve hangilerinin şüphe uyandırdığı ve daha fazla açıklama veya kaynak belirtilmesi gerektiğine ilişkin yorumlar özellikle değerlidir. Kitap, bazıları tartışmalı veya öznel görünebilecek çok çeşitli materyal ve analizler içermektedir. Okuma sırasında yanlışlıklar, hatalı alıntılanmış kaynaklar, mantıksal tutarsızlıklar veya yazım hataları bulursanız, boikoartem@gmail.com adresine gönderebileceğiniz yorumlarınız, düşünceleriniz veya eleştirileriniz için teşekkür ederim. Ya da linkedin.com/in/boikoartem mesajlar aracılığıyla:

Sosyal medyada Veri Odaklı İnşaat kitabından bahsedilmesinden son derece memnun olurum - okuma deneyiminin paylaşılması, açık veri ve araçlar hakkındaki sözlerin yayılmasına yardımcı olur ve çalışmalarımı destekler.

ÇEVIRI YORUMU

Bu kitap yapay zeka teknolojisi kullanılarak çevrilmiştir. Bu sayede çeviri süreci çok daha hızlı hale gelmiştir. Bununla birlikte, her teknolojik işlemde olduğu gibi, hatalar veya yanlışlıklar meydana gelebilir. Yanlış veya hatalı çevrilmiş gibi görünen herhangi bir şey fark ederseniz, lütfen bana e-posta gönderin. Yorumlarınız çevirinin kalitesini artırmaya yardımcı olacaktır.

TOPLULUK

Burası özgürce soru sorabileceğiniz, sorunlarınızı ve çözümlerinizi paylaşabileceğiniz bir yer:

DataDrivenConstruction.io: https://datadrivenconstruction.io

LinkedIn: https://www.linkedin.com/company/datadrivenconstruction/

Twitter: https://twitter.com/datadrivenconst

Telegram: https://t.me/datadrivenconstruction

YouTube: https://www.youtube.com/@datadrivenconstruction

DIĞER BECERI VE KAVRAMLAR

DataDrivenConstruction, inşaat sektöründe verilerle çalışmanın temel ilkelerine ek olarak, veri odaklı profesyoneller için gerekli olan çok çeşitli ek kavramları, programları ve becerileri ele almaktadır. Bunlardan bazıları sadece genel bir bakış olarak sunulmuştur, ancak uygulama için kritik öneme sahiptir.

İlgilenen okuyucu, temel becerilere ilişkin ek materyallere bağlantılar için DataDrivenConstruction.io web sitesini ziyaret edebilir. Bu materyaller arasında Python ve Pandas ile çalışma, ETL süreçleri oluşturma, inşaat CAD projelerinde veri işleme örnekleri, büyük veri sistemleri ve inşaat verilerinin görselleştirilmesi ve analitiğine yönelik modern yaklaşımlar yer almaktadır.

"DataDrivenConstruction" kitabının ve tüm vaka çalışmalarının hazırlanmasında birçok açık kaynaklı araç ve yazılım kullanılmıştır. Yazar, aşağıdaki çözümlerin geliştiricilerine ve ortak yazarlarına teşekkür eder:

- Python ve Pandas - veri manipülasyonu ve otomasyonunun bel kemiği
- Scipy, NumPy, Matplotlib ve Scikit-Learn - veri analizi ve makine öğrenimi için kütüphaneler
- SQL ve Apache Parquet - büyük miktarda inşaat verisinin depolanması ve işlenmesi için araçlar
- Açık Kaynak CAD (BIM) açık formatlarda açık veri araçları
- N8n, Apache Airflow, Apache NiFi - orkestrasyon ve iş akışı otomasyon sistemleri
- DeepSeek, LlaMa, Mistral - Açık Kaynak LLM

Profesyonel topluluklarda ve sosyal ağlarda açık veri ve araçlar konusundaki tartışmalara katılan ve eleştirileri, yorumları ve fikirleriyle bu kitabın içeriğinin ve yapısının geliştirilmesine yardımcı olan tüm katılımcılara özel olarak teşekkür ederiz.

DataDrivenConstruction.io web sitesinde projenin gelişimini takip edin; burada sadece kitap güncellemeleri ve düzeltmeler değil, aynı zamanda yeni bölümler, öğreticiler ve açıklanan tekniklerin uygulanmasına ilişkin pratik örnekler de yayınlanmaktadır.

BASILI VERSIYON ILE MAKSIMUM KOLAYLIK

Veri Odaklı İnşaat kitabının ücretsiz dijital versiyonuna sahipsiniz. Daha rahat çalışmak ve materyallere hızlı erişim için **basılı baskıya** dikkat etmenizi öneririz:

- **Her zaman elinizin** altında: Basılı formattaki kitap, her türlü çalışma durumunda doğru görselleştirmeleri ve diyagramları hızlı bir şekilde bulmanızı ve kullanmanızı sağlayan güvenilir bir çalışma aracı haline gelecektir

- **Yüksek kaliteli çizimler**: basılı baskıdaki tüm görseller ve grafikler maksimum kalitede sunulmuştur

- **Bilgiye hızlı erişim**: kolay gezinme, not alma, yer imi koyma ve kitapla her yerde çalışma olanağı.

Kitabın tam basılı versiyonunu satın alarak, bilgi ile rahat ve verimli çalışmak için kullanışlı bir araç elde edersiniz: günlük işlerde görsel materyalleri hızlı bir şekilde kullanma, gerekli şemaları hızlı bir şekilde bulma ve not alma yeteneği. Ayrıca, satın alma işleminiz açık bilginin yayılmasını da desteklemektedir.

Kitabın basılı versiyonunu şu adresten sipariş edebilirsiniz: datadrivenconstruction.io/books

IÇIN EŞSIZ BIR FIRSAT
STRATEJİK KONUMLANDIRMA

DataDrivenConstruction'ın ücretsiz versiyonuna reklam materyalleri yerleştirmenizi öneriyoruz. Yayının ücretli versiyonu, yayınlanmasından sonraki ilk yıl boyunca Latin Amerika'dan Asya-Pasifik bölgesine kadar dünyanın 50'den fazla ülkesinden uzmanların ilgisini çekti. Bireysel işbirliği koşullarını görüşmek ve yerleştirme fırsatları hakkında ayrıntılı bilgi almak için lütfen datadrivenconstruction.io resmi portalındaki geri bildirim formunu doldurun veya kitabın sonunda listelenen kişilere yazın.

KITAP BÖLÜMLERINE DATADRIVENCONSTRUCTION.IO ADRESINDEN ULAŞABILIRSINIZ.

İhtiyacınız olan bilgileri hızlı bir şekilde bulabilmeniz ve işinizde kullanabilmeniz için kitabın bölümlerinin aşamalı olarak yayınlandığı Data-Driven Construction web sitesinde Data-Driven Construction'ın bölümlerini okuyabilirsiniz. Ayrıca, benzer konulardaki diğer birçok yayının yanı sıra becerilerinizi geliştirmenize ve verileri inşaata uygulamanıza yardımcı olacak uygulama ve çözüm örnekleri de bulacaksınız.

KITABIN SON VERSIYONLARI
RESMİ WEB SİTESİNDEN İNDİRİN

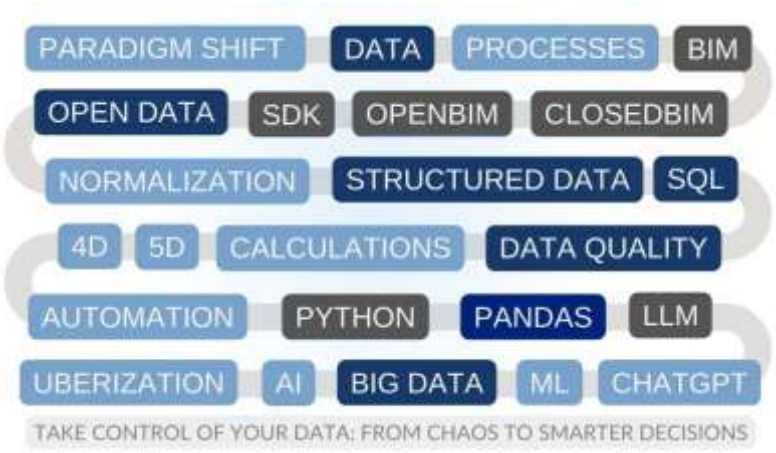
DataDrivenConstruction kitabının güncel ve son sürümleri datadrivenconstruction.io adresinden indirilebilir. Yeni kitap bölümleri, pratik ipuçları veya yeni uygulamaların incelemeleri ile ilgili güncellemeler almak istiyorsanız, haber bültenine abone olun:

- Kitabın yeni bölümleriyle ilk siz tanışacaksınız
- İnşaat sektöründe analitik ve otomasyon hakkında pratik vakalar ve ipuçları alın
- Trendleri, yayınları ve uygulama örneklerini takip edin

Abone olmak için datadrivenconstruction.io adresine gidin!

VERİYE DAYALI İNŞAAT:
DANIŞMANLIK, ATÖLYE ÇALIŞMALARI VE EĞİTİM

DataDrivenConstruction'ın eğitim programları ve danışmanlığı, dünya çapında onlarca lider inşaat şirketinin verimliliği artırmasına, maliyetleri düşürmesine ve çözümlerin kalitesini iyileştirmesine yardımcı olmuştur. DataDrivenConstruction'ın müşterileri arasında inşaat, danışmanlık ve BT şirketleri de dahil olmak üzere milyarlarca avroluk pazarın en büyük oyuncularından bazıları yer almaktadır.



Neden bizi seçmelisiniz?

- **Alaka düzeyi:** sektörün ana eğilimleri ve içgörüleri hakkında konuşmak
- **Pratik:** PoC aracılığıyla profesyonellerin günlük görevleri verimli bir şekilde çözmelerine yardımcı olmak.
- **Kişiselleştirilmiş yaklaşım:** işletmenize göre uyarlanmış, eğitim ve tavsiyelerin faydalarını en üst düzeye çıkaran

DataDrivenConstruction ekibinin ana odak alanları:

- **Veri kalitesi yönetimi:** görevlerin parametrelendirilmesine yardımcı olun, gereksinimleri toplayın, verileri doğrulayın ve otomatik işleme için hazırlayın.
- **Veri Madenciliği - verileri ayıklama ve yapılandırma:** ETL süreçleri kurma ve e-postalardan, PDF, Excel, resimlerden ve diğer kaynaklardan veri ayıklama.
- **BIM ve CAD** analizleri: RVT dosyalarından, IFC, DWG ve diğer CAD (BIM) formatlarından bilgi toplar, yapılandırır ve analiz eder.
- **Analitik ve veri dönüşümü:** farklı bilgilerin yapılandırılmış verilere, analitiklere, içgörülere ve kararlara dönüştürülmesi.
- **Veri entegrasyonu ve süreç otomasyonu:** otomatik belge oluşturmadan dahili sistemler ve harici veritabanları ile entegrasyona kadar.

Otomasyonu kullanmanın şirketinizin somut iş sonuçları elde etmesine nasıl yardımcı olabileceğini öğrenmek için DataDrivenConstruction.io ile iletişime geçin.

SÖZLÜK

AI (Artificial Intelligence) - Yapay zeka; bilgisayar sistemlerinin örüntü tanıma, öğrenme ve karar verme gibi normalde insan zekası gerektiren görevleri yerine getirme yeteneği.

Apache Airflow, DAG'leri (yönlendirilmiş asiklik grafikler) kullanarak iş akışlarını ve ETL'leri programlı olarak oluşturmanıza, planlamanıza ve izlemenize olanak tanıyan açık kaynaklı bir iş akışı düzenleme platformudur.

Apache NiFi, veri yönlendirme ve dönüştürme konusunda uzmanlaşmış, sistemler arasındaki veri akışlarını otomatikleştirmeye yönelik bir araçtır.

Apache Parquet, büyük veri analitiği sistemlerinde kullanılmak üzere optimize edilmiş, sütunlu veri depolama için verimli bir dosya formatıdır. Önemli ölçüde sıkıştırma ve hızlı işleme sağlar.

API (Uygulama Programlama Arayüzü) - bir programın kaynak koda erişimi olmadan diğeriyle etkileşime girmesine, standartlaştırılmış istekler ve yanıtlar aracılığıyla veri ve işlevsellik alışverişi yapmasına olanak tanıyan resmileştirilmiş bir arayüz.

Öznitelik - bir nesnenin özelliklerini (örneğin, alan, hacim, maliyet, malzeme) tanımlayan bir karakteristik veya özellik.

Veritabanları, etkin veri alma ve işleme için kullanılan, bilgi depolama, yönetme ve erişmeye yönelik organize yapılardır.

BEP (BIM Uygulama Planı) - Bir projede BIM'in uygulanmasına yönelik hedefleri, yöntemleri ve süreçleri tanımlayan bir bina bilgi modellemesi uygulama planı.

Büyük Veri - işleme ve analiz için özel teknolojiler gerektiren önemli hacim, çeşitlilik ve güncelleme hızına sahip bilgi dizileri.

BI (Business Intelligence) - İş Zekası; verileri karar verme için anlamlı bilgilere dönüştüren süreçler, teknolojiler ve araçlar.

BIM (Building Information Modeling) - Yapı Bilgi Modellemesi; sadece 3D modeller değil aynı zamanda performans, malzeme, zamanlama ve maliyet bilgileri de dahil olmak üzere inşaat projelerinin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital temsillerini oluşturma ve yönetme süreci.

BlackBox/WhiteBox - sistemi anlamaya yönelik yaklaşımlar: ilk durumda, iç mantık gizlidir, sadece girdiler ve çıktılar görülebilir; ikinci durumda, işlem şeffaftır ve analiz için kullanılabilir.

Sınırlayıcı Kutu, minimum ve maksimum X, Y ve Z koordinatları aracılığıyla üç boyutlu uzayda bir nesnenin sınırlarını tanımlayan ve nesnenin etrafında bir "kutu" oluşturan geometrik bir yapıdır.

BREP (Sınır Temsili), nesneleri yüzeylerin sınırları aracılığıyla tanımlayan geometrik bir temsildir.

CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım), mimarlık, inşaat, mühendislik ve diğer endüstrilerde doğru çizimler ve 3D modeller oluşturmak, düzenlemek ve analiz etmek için kullanılan bilgisayar destekli bir tasarım sistemidir.

CAFM (Bilgisayar Destekli Tesis Yönetimi), alan planlama, varlık yönetimi, bakım ve maliyet izlemeyi içeren bir mülk ve altyapı yönetim yazılımıdır.

CDE (Ortak Veri Ortamı) - tesis yaşam döngüsünün tüm aşamalarında proje bilgilerini yönetmek, depolamak, paylaşmak ve işbirliği yapmak için merkezi bir dijital alan.

Mükemmeliyet Merkezi (CoE), bir kuruluş içinde belirli bir bilgi alanının geliştirilmesinden, standartların ve en iyi uygulamaların geliştirilmesinden, personelin eğitilmesinden ve yeniliklerin uygulanmasının desteklenmesinden sorumlu uzmanlaşmış bir yapıdır.

CoClass modern, üçüncü nesil bir yapı elemanı sınıflandırma sistemidir.

Kavramsal veri modeli, veritabanı tasarımının ilk aşamalarında kullanılan, temel varlıkların ve bunların ilişkilerinin öznitelik ayrıntısı olmadan üst düzey bir temsilidir.

CRM (Müşteri İlişkileri Yönetimi), satış ve hizmet süreçlerini otomatikleştirmek için kullanılan bir müşteri ilişkileri yönetim sistemidir.

DAG (Directed Acyclic Graph), veri düzenleme sistemlerinde (Airflow, NiFi) görev sıralarını ve bağımlılıkları belirlemek için kullanılan yönlendirilmiş bir asiklik grafiktir.

Dash, etkileşimli web tabanlı veri görselleştirmeleri oluşturmak için kullanılan bir Python çerçevesidir.

Gösterge Panosu - Temel performans göstergelerini ve metrikleri gerçek zamanlı olarak görsel olarak sunan bir gösterge **panosu**.

Veri Merkezli yaklaşım, uygulamalardan veya yazılım kodundan ziyade veriye öncelik veren ve veriyi kuruluşun merkezi varlığı haline getiren bir metodolojidir.

Veri Yönetişimi - erişim, kalite ve güvenlik kontrolleri de dahil olmak üzere bir kuruluş içinde verilerin uygun ve etkin kullanımını sağlayan bir dizi uygulama, süreç ve politika.

Data Lake, büyük miktarda ham veriyi kullanılana kadar orijinal formatında saklamak için tasarlanmış bir depolama tesisidir.

Data Lakehouse, veri göllerinin (Data Lake) esnekliğini ve ölçeklenebilirliğini veri ambarlarının (DWH) yönetilebilirliği ve performansı ile birleştiren bir mimari yaklaşımdır.

Veri Odaklı İnşaat, tasarımdan işletmeye kadar tesis yaşam döngüsünün her aşamasının otomatik, birbirine bağlı sistemlerle desteklendiği stratejik bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım sürekli, gerçeklere dayalı öğrenme sağlar, belirsizliği azaltır ve şirketlerin sürdürülebilir sektör liderliğine ulaşmasını sağlar.

Veri Odaklı Entegratör - farklı kaynaklardan gelen verileri birleştirme ve yönetim kararları almak için analiz etme konusunda uzmanlaşmış bir şirket.

Veri Odaklı yaklaşım - verilerin stratejik bir varlık olarak görüldüğü ve kararların öznel görüşler yerine bilgilerin nesnel analizine dayalı olarak alındığı bir metodoloji.

Veri Minimalizmi: Verileri en değerli ve anlamlı olana indirgeyerek bilginin basitleştirilmiş bir şekilde işlenmesine ve analiz edilmesine olanak tanıyan bir yaklaşım.

Veri Bataklığı - Bilginin uygun bir düzenleme olmaksızın kontrolsüz bir şekilde toplanması ve depolanması durumunda ortaya çıkan dağınık ve yapılandırılmamış veri yığını.

DataOps, DevOps ilkelerini, veri ve analitiği birleştiren, veri akışlarının işbirliğini, entegrasyonunu ve otomasyonunu geliştirmeye odaklanan bir metodolojidir.

Bilginin dijitalleştirilmesi, inşaat faaliyetinin tüm yönlerinin analiz, yorumlama ve otomasyona uygun dijital bir forma dönüştürülmesi sürecidir.

DataFrame - Pandas kütüphanesinde, satırların tek tek kayıtları veya nesneleri, sütunların ise bunların özelliklerini veya özniteliklerini temsil ettiği iki boyutlu bir tablo veri yapısı.

Tanımlayıcı Analitik - Geçmişte ne olduğunu anlamak için geçmiş verileri analiz etme.

Teşhis Analitiği - Bir şeyin neden olduğunu belirlemek için verilerin analiz edilmesi.

Gantt şeması, görevleri bir zaman çizelgesi üzerinde yatay çubuklar olarak temsil eden ve işin sırasını ve süresini görselleştirmenize olanak tanıyan bir proje planlama aracıdır.

DWH (Veri Ambarı), birden fazla kaynaktan gelen bilgileri toplayan, yapılandıran ve analitik ve raporlama için kullanılabilir hale getiren merkezi bir veri ambarı sistemidir.

ESG (Çevresel, Sosyal, Yönetişim) - bir şirketin veya projenin çevresel, sosyal ve yönetişim etkilerini değerlendirmek için bir dizi kriter.

ELT (Extract, Load, Transform), verilerin önce kaynaklardan çıkarılıp bir havuza yüklendiği ve ardından analitik amaçlar için dönüştürüldüğü bir süreçtir.

ETL (Extract, Transform, Load), verilerin çeşitli kaynaklardan çıkarılması, istenen formata dönüştürülmesi ve analiz için hedef depoya yüklenmesi işlemidir.

ER-diyagramı (Varlık-İlişki) - veri modellemede kullanılan, varlıkları, niteliklerini ve aralarındaki ilişkileri gösteren görsel bir **diyagram.**

ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması), inşaat sürecinin çeşitli yönlerini yönetmek ve optimize etmek için kullanılan kapsamlı bir modüler kurumsal kaynak planlama sistemidir.

Özellikler - Makine öğreniminde, bir modele girdi olarak kullanılan bağımsız değişkenler veya öznitelikler.

Fiziksel veri modeli - belirli bir DBMS için optimize edilmiş tablolar, sütunlar, veri türleri, anahtarlar ve dizinler dahil olmak üzere veritabanı yapısının ayrıntılı bir gösterimi.

FPDF, PDF belgeleri oluşturmak için kullanılan bir Python kütüphanesidir.

Geometric Core, CAD, BIM ve diğer mühendislik uygulamalarında geometrik nesneler oluşturmak, düzenlemek ve analiz etmek için temel algoritmalar sağlayan bir yazılım bileşenidir.

HiPPO (En Yüksek Ücretli Kişinin Görüşü) - objektif verilerden ziyade kuruluştaki en yüksek ücretli kişinin görüşüne dayalı bir karar verme yaklaşımı.

IDE (Integrated Development Environment) - entegre geliştirme ortamı, kod yazmak, test etmek ve hata ayıklamak için kapsamlı bir araç (örn. PyCharm, VS Code, Jupyter Notebook).

IDS (Bilgi Teslim Şartnamesi), bir projenin farklı aşamalarındaki veri gereksinimlerini tanımlayan bir bilgi teslim şartnamesidir.

IFC (Industry Foundation Classes), farklı yazılım çözümleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlayan bir BIM veri değişim formatıdır.

Endüstri 5.0, dijitalleşme, otomasyon ve yapay zeka yeteneklerini insan potansiyeli ve çevresel sürdürülebilirlik ile birleştiren bir endüstriyel gelişim konseptidir.

Veri entegrasyonu, birleşik bir bilgi görünümü sağlamak için farklı kaynaklardan gelen verileri tek ve tutarlı bir sistemde birleştirme sürecidir.

Bilgi siloları, diğer sistemlerle **bilgi** paylaşmayan izole veri depolama sistemleridir ve verilerin verimli kullanımının önünde engeller oluşturur.

IoT (Nesnelerin İnterneti), veri toplamak, işlemek ve iletmek için fiziksel nesneleri internete bağlama kavramıdır.

k-NN (k-En Yakın Komşular), eğitim örneğindeki en yakın komşulara benzerliğe dayalı olarak nesneleri sınıflandıran bir makine öğrenimi algoritmasıdır.

Kaggle, veri analizi ve makine öğrenimi yarışmaları için bir platformdur.

Hesaplama - belirli bir ölçü birimi için inşaat işlerinin veya süreçlerinin maliyetinin hesaplanması (örneğin 1 m² alçıpan duvar, 1 m³ beton).

KPI'lar (Anahtar Performans Göstergeleri**)**, bir şirketin veya belirli bir projenin başarısını değerlendirmek için kullanılan ölçülebilir metrikler olan anahtar performans göstergeleridir.

Etiketler - Makine öğreniminde, modelin tahmin etmesi gereken hedef değişkenler veya öznitelikler.

Öğrenme Algoritması - Bir dizi eğitim verisi kullanarak bir hedef fonksiyona karşılık gelen bir modelde en iyi hipotezi bulma süreci.

Doğrusal Regresyon - Bağımlı bir değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi modelleyen istatistiksel bir yöntem.

LLM (Large Language Model) - Büyük Dil Modeli, büyük miktarda veriden metin anlamak ve üretmek için eğitilmiş, bağlamı analiz edebilen ve programlama kodu yazabilen bir yapay zeka.

LOD (Detay/Geliştirme Seviyesi) - geometrik doğruluk ve bilgi içeriğinin derecesini belirleyen modelin detay seviyesi.

Mantıksal veri modeli, kavramsal ve fiziksel modeller arasında bir ara aşama olan iş bilgilerini ve kurallarını yansıtan varlıkların, niteliklerin, anahtarların ve ilişkilerin ayrıntılı bir açıklamasıdır.

Makine Öğrenimi - Bilgisayar sistemlerinin açık bir programlama olmadan verilerden öğrenmesine ve tahminler yapmasına olanak tanıyan bir yapay zeka teknikleri sınıfı.

Masterformat, inşaat şartnamelerini bölümler ve disiplinler halinde yapılandırmak için kullanılan birinci nesil bir sınıflandırma sistemidir.

MEP (Mekanik, Elektrik, Sıhhi Tesisat) - Mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat bileşenlerini içeren bina mühendisliği sistemleri.

Mesh, köşeler, kenarlar ve yüzlerden oluşan 3B nesnelerin bir ağ temsilidir.

Model - Makine öğreniminde, biri tahmin edilecek veya yaklaştırılacak hedef fonksiyona yaklaşan farklı hipotezler kümesi.

Veri modelleme, kavramsal, mantıksal ve fiziksel seviyeler de dahil olmak üzere bilgi sistemlerinde uygulanmak üzere verilerin ve ilişkilerinin yapılandırılmış bir temsilini oluşturma sürecidir.

n8n, iş akışlarını otomatikleştirmek ve uygulamaları düşük kodlu bir yaklaşımla entegre etmek için kullanılan açık kaynaklı bir araçtır.

Normalleştirme - makine öğreniminde, işleme ve analizi kolaylaştırmak için farklı sayısal verileri ortak bir ölçeğe getirme süreci.

Tersine mühendislik - bir nesnenin yapısını, işlevlerini ve çalışmasını analiz ederek cihazını, işleyişini ve üretim teknolojisini inceleme süreci. Veri bağlamında - açık sistemlerde kullanılmak üzere tescilli formatlardan bilgi çıkarılması.

OCR (Optik Karakter Tanıma), metin görüntülerini (taranmış belgeler, fotoğraflar) makine tarafından okunabilir bir metin biçimine dönüştüren bir **optik karakter** tanıma teknolojisidir.

OmniClass, inşaat bilgi yönetimi için ikinci nesil bir uluslararası sınıflandırma standardıdır.

Ontoloji - Belirli bir bilgi alanını biçimlendiren kavramların karşılıklı ilişkilerinden oluşan bir sistem.

Açık Kaynak - ücretsiz kullanım, çalışma ve değişiklik için mevcut olan açık kaynaklı yazılım geliştirme ve dağıtma modeli.

Açık BIM, farklı yazılım çözümleri arasında veri alışverişi için açık standartların ve formatların kullanılmasını içeren açık BIM kavramıdır.

Açık standartlar - belirli bir görevi yerine getirmek için farklı sistemlerin etkileşime girmesine ve veri alışverişi yapmasına olanak tanıyan kamuya **açık** spesifikasyonlar.

Pandas, veri işleme ve analiz için açık kaynaklı bir Python kütüphanesidir ve tablo bilgilerinin verimli bir şekilde işlenmesi için DataFrame ve Series veri yapıları sağlar.

Açık veri paradigması, bilginin herkes tarafından kullanılmak, yeniden kullanılmak ve yayılmak üzere serbestçe erişilebilir hale getirildiği bir veri işleme yaklaşımıdır.

Parametrik yöntem, proje parametrelerine dayalı olarak değer tahmini yapmak için istatistiksel modeller kullanan bir inşaat projesi tahmin yöntemidir.

PIMS (Proje Bilgi Modeli), tüm proje bilgilerini düzenlemek, saklamak ve paylaşmak için tasarlanmış dijital bir sistemdir.

Boru Hattı - Çıkarma ve dönüştürmeden analiz ve görselleştirmeye kadar bir dizi veri işleme süreci.

PMIS (Proje Bilgi Yönetim Sistemi), bireysel bir inşaat projesi düzeyinde ayrıntılı görev kontrolü için tasarlanmış bir proje yönetim sistemidir.

Kestirimci Analitik, geçmiş verilere dayanarak gelecekteki sonuçları tahmin etmek için istatistiksel yöntemler ve makine öğrenimini kullanan bir analitik bölümüdür.

Kuralcı Analitik - Yalnızca gelecekteki sonuçları tahmin etmekle kalmayıp aynı zamanda istenen sonuçlara ulaşmak için en uygun eylemleri öneren bir analitik bölümü.

Tescilli formatlar, belirli bir şirket tarafından kontrol edilen, bilgi paylaşma kabiliyetini sınırlayan ve belirli bir yazılıma bağımlılığı artıran kapalı veri formatlarıdır.

QTO (Quantity Take-Off), projenin gerçekleştirilmesi için gereken malzeme miktarlarını hesaplamak üzere tasarım belgelerinden unsurların miktarlarının çıkarılması sürecidir.

Kalite Yönetim Sistemi - süreçlerin ve sonuçların belirlenmiş gereklilikleri karşılamasını sağlayan bir kalite yönetim sistemi.

RAG (Retrieval-Augmented Generation), dil modellerinin üretken yeteneklerini kurumsal veri tabanlarından ilgili bilgilerin çıkarılmasıyla birleştirerek yanıtların doğruluğunu ve alaka düzeyini artıran bir yöntemdir.

RDBMS (İlişkisel Veritabanı Yönetim Sistemi), bilgileri birbiriyle ilişkili tablolar şeklinde düzenleyen ilişkisel bir veritabanı yönetim sistemidir.

RegEx (Düzenli İfadeler), metin verilerinin belirli kriterlere uygunluğunu kontrol etmek için şablonlar belirlemenize olanak tanıyan, dizeleri aramak ve işlemek için biçimlendirilmiş bir dildir.

Regresyon, değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz eden istatistiksel bir yöntemdir.

CO_2 hesaplamaları, inşaat malzemeleri ve süreçlerinin üretimi ve kullanımıyla ilişkili karbondioksit emisyonlarını tahmin etme yöntemidir.

Kaynak yöntemi, inşaat işini gerçekleştirmek için gereken tüm kaynakların (malzeme, işçilik, ekipman) ayrıntılı bir analizine dayanan bir tahmin yapma yöntemidir.

RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama), radyo sinyallerini kullanarak nesneleri otomatik olarak tanımlayan, malzeme, makine ve personeli takip etmek için kullanılan bir teknolojidir.

ROI (Yatırım Getirisi), yatırımların etkinliğini değerlendirmek için kullanılan, kâr ile yatırılan fonlar arasındaki oranı yansıtan bir göstergedir.

SaaS (Hizmet **Olarak Yazılım)**, uygulamaların bir sağlayıcı tarafından barındırıldığı ve İnternet üzerinden kullanıcılara sunulduğu bir hizmet olarak yazılım modelidir.

SCM (Tedarik Zinciri Yönetimi) - malzemelerin tedarikinden bitmiş ürünlerin teslimatına kadar tüm süreçlerin koordinasyonunu ve optimizasyonunu içeren tedarik zinciri yönetimi.

Veri siloları, bir kuruluş içinde diğer sistemlerle entegre olmayan, **veri** paylaşımını zorlaştıran ve verimsiz hale getiren izole edilmiş bilgi depolarıdır.

SQL (Structured Query **Language)**, ilişkisel veritabanlarıyla çalışmak için kullanılan yapılandırılmış bir sorgu dilidir.

SQLite, ayrı bir sunucu gerektirmeyen ve mobil uygulamalarda ve gömülü sistemlerde yaygın olarak kullanılan temel SQL işlevlerini destekleyen hafif, gömülebilir, platformlar arası bir DBMS'dir.

Yapılandırılmış veri - ilişkisel veritabanları veya tablolar gibi net bir yapıya sahip belirli bir formatta düzenlenmiş bilgiler.

Gevşek yapılandırılmış veriler - JSON veya XML gibi kısmi organizasyona ve esnek yapıya sahip, farklı öğelerin farklı nitelik kümeleri içerebileceği bilgiler.

Bir varlık, gerçek dünyanın benzersiz bir şekilde tanımlanabilen, tanımlanabilen ve veri biçiminde temsil edilebilen somut veya soyut bir nesnesidir.

Denetimli Öğrenme - Bir algoritmanın, her örnek için istenen sonucun bilindiği bölümlenmiş veriler üzerinde eğitildiği bir makine öğrenimi türüdür.

Taksonomi, ortak özelliklere dayalı olarak unsurları sistematik bir şekilde kategorize etmek için kullanılan hiyerarşik bir sınıflandırma sistemidir.

Titanic Veri Kümesi, makine öğrenimi modellerini eğitmek ve test etmek için popüler bir veri kümesidir.

Eğitim - Bir makine öğrenimi algoritmasının kalıpları belirlemek ve bir model oluşturmak için verileri analiz ettiği süreç.

Transfer öğrenimi, bir görev için eğitilen bir modelin başka bir görev için başlangıç noktası olarak kullanıldığı bir makine öğrenimi tekniğidir.

Dönüşüm - Verilerin biçimini, yapısını veya içeriğini daha sonra kullanmak üzere değiştirme işlemi.

Veri gereksinimleri - iş süreçlerini desteklemek için gereken bilgilerin yapısını, biçimini, eksiksizliğini ve kalitesini tanımlayan resmileştirilmiş kriterler.

İnşaat sektörünün Uberleşmesi, müşteriler ve yükleniciler arasında aracılar olmaksızın doğrudan etkileşim sağlayan dijital platformların etkisi altında inşaattaki geleneksel iş modellerinin dönüşümü sürecidir.

Uniclass, Birleşik Krallık'ta yaygın olarak kullanılan ikinci ve üçüncü nesil bir yapı elemanı sınıflandırma sistemidir.

USD (Universal Scene Description) bilgisayar grafikleri için geliştirilmiş bir veri formatıdır, ancak basit yapısı ve geometrik çekirdeklerden bağımsız olması nedeniyle mühendislik sistemlerinde uygulama kazanmıştır.

Veri doğrulama, verilerin doğruluğunu, eksiksizliğini ve tutarlılığını sağlamak için bilgilerin belirlenmiş kriterlere ve gereksinimlere göre kontrol edilmesi sürecidir.

Vektör Veritabanı - Verimli semantik arama ve nesne karşılaştırması için verileri çok boyutlu vektörler olarak depolayan özel bir veritabanı türü.

Vektör gösterimi (gömme), verileri çok boyutlu sayısal vektörlere dönüştürerek makine algoritmalarının bilgileri verimli bir şekilde işlemesini ve analiz etmesini sağlayan bir yöntemdir.

VectorOps, özellikle dijital ikizler ve semantik arama gibi alanlarla ilgili olan çok boyutlu vektör verilerinin işlenmesi, depolanması ve analizine odaklanan bir metodolojidir.

Görselleştirme - Bilginin daha iyi algılanması ve analiz edilmesi için verilerin grafiksel gösterimi.

Terimlerin alfabetik sınıflandırması İngilizce adlarına göre yapılmıştır.

REFERANSLAR VE ÇEVRİMİÇİ MATERYALLER LİSTESİ

[1] Gartner, "BT Temel Metrik Verileri 2017: Yayınlanan Belgeler ve Metrikler Dizini," 12 Aralık 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.gartner.com/en/documents/3530919. [Erişim tarihi: 1 Mart 2025].

[2] KPMG, "Tanıdık zorluklar - yeni yaklaşımlar. 2023 Küresel İnşaat Araştırması," 1 Ocak 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/xx/pdf/2023/06/familiar-challenges-new-solutions-1.pdf. [Erişim: 5 Mart 2025].

[3] F. R. Barnard, "Bir resim bin kelimeye bedeldir," 10 Mapi 1927. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/A_picture_is_worth_a_thousand_words. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[4] M. Bastian, "Microsoft CEO'su Satya Nadella, kendi kendine AGI iddiasında bulunmanın 'saçma bir kıyaslama korsanlığı' olduğunu söyledi," 21 Şubat 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://the-decoder.com/microsoft-ceo-satya-nadella-says-self-claiming-agi-is-nonsensical-benchmark-hacking/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[5] W. E. Forum, "Forum Shaping the Future of Construction - A Landscape in Transformation:", 1 Ocak 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction.pdf. [Erişim tarihi: 2 Mart 2025].

[6] C. D. Gillespie, "Kil: Kil çağında Dünya'nın dolanması," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://ufl.pb.unizin.org/imos/chapter/clay/.

[7] "Papirüs, M.Ö. 3. yüzyıl Dili Yunanca," 2024. [Çevrimiçi]. Available: https://www.facebook.com/429710190886668/posts/595698270954525.

[8] "İzleme: mevcut araçlardan yararlanma," 1980. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10246720/. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[9] PWC, "Data driven What students need to succeed in a rapidly changing business world," 15 Şubat 2015. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.pwc.com/us/en/faculty-resource/assets/PwC-Data-driven-paper-Feb2015.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[10] Skanska USA, "Sonbahar İnşaat Piyasası Trendleri," 2 Kasım 2023. [Çevrimiçi]. Available: https://x.com/SkanskaUSA/status/1720167220817588714.

[11] "Oxford Essential Quotations (4th ed.)," Oxford University Press, 2016. [Çevrimiçi]. Available: https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780191826719.001.0001/q-oro-ed4-00006236. [Erişim tarihi: 1 Mart 2025].

[12] "Alıntı: Sondergaard on Data Analytics," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.causeweb.org/cause/resources/library/r2493. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[13] "How global AI interest is boosting the data management market," 28 Mayıs 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://iot-analytics.com/how-global-ai-interest-is-boosting-data-management-market/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[14] И. McCue, "ERP Tarihi," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/erp-history.shtml.

[15] erpscout, "ERP Fiyatı: Bir ERP sisteminin maliyeti nedir?"," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://erpscout.de/en/erp-costs/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[16] softwarepath, "What 1,384 ERP projects tell us about selecting ERP (2022 ERP report)," 18 Ocak 2022. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://softwarepath.com/guides/erp-report. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[17] Deloitte, "Dijital Sermaye Projelerinde Veriye Dayalı Yönetim," 16 Aralık 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/Real%20Estate/us-engineering-construction-data-driven-management-digital-capital-projects.pdf. [Adres tarihi: 1 Mart 2025].

[18] Mckinsey, "The data-driven enterprise of 2025," 28 Ocak 2022. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-data-driven-enterprise-of-2025. [Referans tarihi: 22 Mayıs 2024].

[19] Wikipedia, "Moore Yasası," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[20] Accenture, "Building More Value With Capital Projects," 1 Ocak 2020. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/r3-3/pdf/pdf-143/accenture-industryx-building-value-capital-projects-highres.pdf. [Erişim tarihi: 3 Mart 2024].

[21] Б. Marr, "Her gün ne kadar veri üretiyoruz? The Mind-Blowing Stats Everyone Should Read," 2018. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/21/how-much-data-do-we-create-every-day-the-mind-blowing-stats-everyone-should-read.

[22] "Her gün ne kadar veri üretiliyor?", 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut:

https://graduate.northeastern.edu/resources/how-much-data-produced-every-day/.

[23] T. Sullivan, "AI and the global 'datasphere': how much information will humanity have by 2025?", 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.datauniverseevent.com/en-us/blog/general/AI-and-the-Global-Datasphere-How-Much-Information-Will-Humanity-Have-By- 2025.html.

[24] Statista, "1454 ile 1800 yılları arasında her yarım yüzyılda Batı Avrupa'nın çeşitli bölgelerinde üretilen toplam basılı kitap sayısı," [İnternet]. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.statista.com/statistics/1396121/europe-book-production-half-century-region-historical/. [Referans tarihi: 1 Mart 2025].

[25] "Fiyatlandırma örnekleri," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://cloud.google.com/storage/pricing-examples.

[26] M. Ashare, "Enterprises outsource data storage as complexity rises," 10 Mayıs 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.ciodive.com/news/enterprises-outsource-data-storage-complexity-rises/715854/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[27] JETSOFTPRO, "SaaS Öldü mü? Microsoft CEO'sunun Şok Edici Tahmini Açıklandı," 13 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://jetsoftpro.com/blog/saas-is-dead/.

[28] BG2 Pod, "Satya Nadella | BG2 w/ Bill Gurley & Brad Gerstner," 12 Aralık 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.youtube.com/watch?v=9NtsnzRFJ_o. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[29] GoodReads, "Tim Berners-Lee," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.goodreads.com/quotes/8644920-data-is-a-precious-thing-and-will-last-longer-than. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[30] KPMG, "Cue Construction 4.0: Make-or-Break Time," 1 Ocak 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://kpmg.com/ca/en/home/insights/2023/05/cue-construction-make-or-break-time.html. [Erişim: 5 Mart 2025].

[31] И. Deininger, B. Koch, R. Bauknecht ve M. Langhans, "Bir üretim sahasının karbondan arındırılması için dijital modellerin kullanılması: Bir bina modeli, bir üretim modeli ve bir enerji modelinin birleştirilmesine bir örnek," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.researchgate.net/publication/374023998_Using_Digital_Models_to_Decarbonize_a_Production_Site_A_Case_Study_of_Connecting_the_Building_Model_Production_Model_and_Energy_Model.

[32] McKinsey, "İNŞAATI YENİDEN DÜŞÜNMEK: DAHA YÜKSEK VERİMLİLİĞE GİDEN YOL," 1 Şubat 2017. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-

reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf.

[33] İnşaat Görev Gücü'nden Başbakan Yardımcısına, "İnşaatı Yeniden Düşünmek," 1 Ekim 2014. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/rethinking_construction_report.pdf.

[34] Forbes, "Bir Fikriniz Olmadan, Sadece Verileri Olan Başka Bir Kişisiniz," 15 Mart 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.forbes.com/sites/silberzahnjones/2016/03/15/without-an-opinion-youre-just-another-person-with-data/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[35] Wikiquote, "Charles Babbage," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikiquote.org/wiki/Charles_Babbage. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[36] SAP, "New Research Finds That Nearly Half of Executives Trust AI Over Themselves," 12 Mar. 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://news.sap.com/2025/03/new-research-executive-trust-ai/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[37] Kanada İnşaat Derneği ve Kanada'daki KPMG, 2021, "Dijital bir dünyada inşaat," 1 Mayıs 2021. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ca/pdf/2021/05/construction-in-the-digital-age-report-en.pdf. [Erişim tarihi: 5 Mart 2025].

[38] ZCS, "Decoding the Fifth Industrial Revolution," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.pwc.in/decoding-the-fifth-industrial-revolution.html. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[39] M. K, Private Rights and Public Problems: The Global Economics of, Peterson Inst. for Intern. Ekonomi, 2012.

[40] F. N. a. Y. Z. Harvard Business School: Manuel Hoffmann, "The Value of Open Source Software," 24 Ocak 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=65230. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[41] Naval Centre for Cost Analysis Air Force Cost Analysis Agency, "Software Development Cost Estimating Handbook," 1 Eylül 2008. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.dau.edu/sites/default/files/Migrated/CopDocuments/SW%20Cost%20Est%20Manual%20Vol%20I%20rev%2010.pdf.

[42] McKinsey, "Improving construction productivity," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/improving-construction-productivity. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[43] A. G. a. C. Syverson, "The Strange and Awful Path of Productivity in the US Construction Sector," 19 Ocak 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://bfi.uchicago.edu/insight/research-summary/the-

strange-and-awful-path-of-productivity-in-the-us-construction-sector/. [Erişim tarihi: 1 Mart 2025].

[44] McKinsey, "İnşaat verimliliğini sağlamak artık isteğe bağlı değil," 9 Ağustos 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/delivering-on-construction-productivity-is-no-longer-optional. [Erişim tarihi: 5 Mart 2025].

[45] ING Group, "İnşaat sektöründe verimliliğin düşmesi inşaat maliyetlerini artırıyor," 12 Aralık 2022. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://think.ing.com/articles/lagging-productivity-drives-up-building-costs-in-many-eu-countries/. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[46] M. Berman, "Microsoft CEO'sunun Şok Edici Tahmini: 'Ajanlar Tüm Yazılımların Yerini Alacak'," 19 Aralık 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.youtube.com/watch?v=uGOLYz2pgr8. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[47] Business Insider, "Anthropic'in CEO'su, 3 ila 6 ay içinde yapay zekanın yazılım geliştiricilerin sorumlu olduğu kodun%90'ını yazacağını söylüyor," 15 Mart 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.businessinsider.com/anthropic-ceo-ai-90-percent-code-3-to-6-months-2025-3. [Erişim tarihi: 30 Mart 2025].

[48] Statista, "Haziran 2024 itibariyle dünya çapında veritabanı yönetim sistemlerinin (DBMS) kategorilere göre popülerlik karşılaştırması," Haziran 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.statista.com/statistics/1131595/worldwide-popularity-database-management-systems-category/. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[49] DB-Engines, "DB-Engines Ranking," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://db-engines.com/en/ranking. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[50] "Stack Overflow Geliştirici Anketi 2023," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://survey.stackoverflow.co/2023/.

[51] "SQL," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/SQL.

[52] "Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler: Fark nedir?", 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.ibm.com/blog/structured-vs-unstructured-data/.

[53] DataDrivenConstruction, "İNŞAAT PROJELERİ İÇİN VERİ FORMATLARININ PDF KARŞILAŞTIRMASI," 23 Nisan 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://datadrivenconstruction.io/wp-content/uploads/2024/10/COMPARISON-OF-DATA-FORMATS-FOR-CONSTRUCTION-PROJECTS-1.pdf.

[54] "Building Information Modeling Whitepaper sitesi," 2003. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20030711125527/http:/usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?id=

2255342&siteID=123112.

[55] A. Boiko, "Lobicilik savaşları ve BIM gelişimi. Bölüm 5: BlackRock tüm teknolojilerin efendisidir. Şirketler açık kaynak kodunu nasıl kontrol ediyor," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://bigdataconstruction.com/autodesk-oracle-blackrock-open-source/.

[56] D. Ushakov, "Doğrudan Modelleme - Kim ve Neden İhtiyaç Duyar? Rekabetçi Teknolojiler Üzerine Bir İnceleme," 14 11 2011. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://isicad.net/articles.php?article_num=14805. [Adres tarihi: 02 2025].

[57] C. Eastman ve A. Cthers, "Eastman, Charles; And Cthers," Eylül 1974. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[58] D. Ushakov, "Doğrudan Modelleme - Kim ve Neden İhtiyaç Duyar? Rekabetçi Teknolojiler Üzerine Bir İnceleme," 11 Kasım 2011. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://isicad.net/articles.php?article_num=14805. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[59] D. Weisberg, "CAD'in Tarihçesi," 12 Aralık 2022. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.shapr3d.com/blog/history-of-cad?utm_campaign=cadhistorynet. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[60] ADSK, "White Paper Building Information Modeling," 2002. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20060512180953/http:/images.adsk.com/apac_sapac_main/files/4525081_BIM_WP_Rev5.pdf#expand. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[61] ADSK, "White Paper Building Information Modeling in Practice," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20060512181000/http:/images.adsk.com/apac_sapac_main/files/4525077_BIM_in_Practice.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[62] A. Boiko, "Lobicilik savaşları ve BIM gelişimi. Bölüm 2: açık BIM vs kapalı BIM. Avrupa VS dünyanın geri kalanı," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://bigdataconstruction.com/lobbyist-wars-and-the-development-of-bim-part-2-open-bim-vs-closed-bim-revit-vs-archicad-and-europe-vs-the-rest-of-the-world/.

[63] A. Boiko, "Lobbykriege um Daten im Bauwesen | Techno-Feudalismus und die Geschichte von BIMs," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://youtu.be/S-TNdUgfHxk?si=evM_v28KQbGOG0k&t=1360.

[64] ADSK, "Whitepaper BIM," 2002. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20060512180953/http:/images.autodesk.com/apac_sapac_main/files/4525081_BIM_WP_Rev5.pdf#expand. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[65] ADSK, "Integrated Design-Through-Manufacturing: Benefits and Rationale," [Çevrimiçi]. Mevcut:

https://web.archive.org/web/20010615093351/http:/www3.adsk.com:80/adsk/files/734489_Benefits_of_MAI.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[66] M. Shacklett, "Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler: Temel farklılıklar," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.datamation.com/big-data/structured-vs-unstructured-data/.

[67] K. Woolard, "Yapılandırılmamış verilerin büyümesini anlamlandırmak," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://automationhero.ai/blog/making-sense-of-the-rise-of-unstructured-data/.

[68] A. C. O. J. L. D. J. a. L. T. G. Michael P. Gallaher, "Yetersiz Birlikte Çalışabilirliğin Maliyet Analizi," 2004. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2004/nist.gcr.04-867.pdf. [Erişim tarihi: 02 2025].

[69] CrowdFlower, "Veri Bilimi Raporu 2016," 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://visit.figure-eight.com/rs/416-ZBE-142/images/CrowdFlower_DataScienceReport_2016.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[70] Analyticsindiamag, "6 Most Time Consuming Tasks For Data Scientists," 15 Mayıs 2019. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://analyticsindiamag.com/ai-trends/6-tasks-data-scientists-spend-the-most-time-doing/.

[71] BizReport, "Report: Data scientists spend bulk of time cleaning up," 06 Temmuz 2015. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20200824174530/http://www.bizreport.com/2015/07/report-data-scientists-spend-bulk-of-time-cleaning-up.html. [Erişim tarihi: 5 Mart 2025].

[72] S. Hawking, "Science AMA Series: Stephen Hawking AMA Answers!", 27 Temmuz 2015. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.reddit.com/r/science/comments/3nyn5i/science_ama_series_stephen_hawking_ama_answers/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[73] Б. Cyphers ve K. Doctorow, "Tekel Olmadan Gizlilik: Veri Koruma ve Birlikte Çalışabilirlik," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.eff.org/wp/interoperability-and-privacy.

[74] McKinsey Global Institute, "Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information," 1 Ekim 2013. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[75] A. Boiko, "İnşaat sektöründe açık veri için mücadele. AUTOLISP, intelliCAD, openDWG, ODA ve openCASCADE'in tarihçesi," 15 05 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://boikoartem.medium.com/the-struggle-for-open-data-in-the-construction-industry-2b97200e6393. [Adres tarihi: 16 02 2025].

[76] Wikipedia, "Microsoft ve açık kaynak," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_and_open_source. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[77] TIME, "Açık ve Kapalı Yapay Zeka Modelleri Arasındaki Uçurum Küçülüyor Olabilir. İşte Bunun Önemi," 5 Kasım 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://time.com/7171962/open-closed-ai-models-epoch/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[78] The Verge, "Google'daki yeni kodların dörtte birinden fazlası yapay zeka tarafından üretiliyor," 29 Ekim 2024. [Çevrimiçi]. Available: https://www.theverge.com/2024/10/29/24282757/google-new-code-generated-ai-q3-2024. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[79] McKinsey Digital, "The business case for using GPUs to accelerate analytics processing," 15 Aralık 2020. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/tech-forward/the-business-case-for-using-gpus-to-accelerate-analytics- processing. [Erişim: 15 Mart 2025].

[80] PWC, "PwC Açık Kaynak Monitörü 2019," 2019. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/open-source-monitor-research-report-2019.pdf. [Erişim tarihi 15 Mart 2025].

[81] Travers Smith, "Açık Sır: Açık Kaynak Kodlu Yazılım," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.traverssmith.com/knowledge/knowledge-container/the-open-secret-open-source-software/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[82] Deloitte, "Kurumsal dönüşümlerde veri aktarım süreci," 2021. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/finance/us-the-data-transfer-process-in-corporate-transformations.pdf. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[83] gov.uk, "Data Analytics and AI in Government Project Delivery," 20 Mar. 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.gov.uk/government/publications/data-analytics-and-ai-in-government-project-delivery/data-analytics-and-ai-in-government-project-delivery. [Erişim tarihi: 5 Mart 2025].

[84] "Quote Origin: Everything Should Be Made as Simple as Possible, But Not Simpler," 13 Mayıs 2011. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://quoteinvestigator.com/2011/05/13/einstein-simple/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[85] "Transformer (derin öğrenme mimarisi)," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer_(deep_learning_architecture). [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[86] "Python Paketleri İndirme İstatistikleri," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut:

https://www.pepy.tech/projects/pandas.

[87] Interview Bit, "Top 10 Python Libraries," 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.interviewbit.com/blog/python-libraries/#:~:text=With%20more%20than%20137%2C000%20libraries,data%20manipulation%2C%20and%20many%20more. [Erişim tarihi: 30 Mart 2025].

[88] "NVIDIA ve HP İş İstasyonlarında Veri Bilimi ve Üretken Yapay Zekayı Güçlendiriyor," 7 Mart 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-hp-supercharge-data-science-generative-ai-workstations. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[89] P. Orac, "Milyonlarca satır içeren bir DataFrame saniyeler içinde nasıl işlenir," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://towardsdatascience.com/how-to-process-a-dataframe-with-millions-of-rows-in-seconds.

[90] Ç. Uslu, "Kaggle Nedir?", 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.datacamp.com/blog/what-is-kaggle.

[91] "NVIDIA CEO'su Jensen Huang COMPUTEX 2024'te Açılış Konuşması," 2 Haziran 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.youtube.com/live/pKXDVsWZmUU?si=Z3Rj1Las8wiPII2w. [Erişim tarihi 15 Mart 2025].

[92] "Üyeler: Kurucular ve kurumsal üyeler," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.opendesign.com/member-showcase.

[93] A. Boiko, "The Age of Change: IFC is a thing of past or why ADSK and other CAD vendors are willing to give up IFC for USD in 14 key facts," 24 Kasım 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://boikoartem.medium.com/the-age-of-change-ifc-is-a-thing-of-the-past-or-why-adsk-and-other-cad-vendors-are-willing-to-3f9a82ccd10a. [Erişim tarihi: 23 Şubat 2025].

[94] A. Boiko, "BIM sonrası dünya. Veri ve süreçlere geçiş ve inşaat sektörünün semantiğe, formatlara ve birlikte çalışabilirliğe ihtiyacı olup olmadığı," 20 Aralık 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://boikoartem.medium.com/the-post-bim-world-7e35b7271119. [Adres tarihi: 23 Şubat 2025].

[95] N. I. o. Health, "NIH STRATEGIC PLAN FOR DATA SCIENCE," 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://datascience.nih.gov/sites/default/files/NIH_Strategic_Plan_for_Data_Science_Final_508.pdf. [Erişim tarihi: 23 Şubat 2025].

[96] Harvard Business Review, "Bad Data Costs the U.S. $3 Trillion Per Year," 22 Eylül 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://hbr.org/2016/09/bad-data-costs-the-u-s-3-trillion-per-year.

[97] Delpha, "Impacts of Data Quality," 1 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://delpha.io/impacts-

of-data-quality/.

[98] W. B. D. Guide, "Sürdürülebilirlik için Tasarım: İnşaat Projelerinin Tasarım Aşamasında İşletme ve Bakım Hususlarının Önemi," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.wbdg.org/resources/design-for-maintainability. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[99] O. o. D. C. P. a. Oversight, "Askeri Sistemler ve Ekipmanlar için Korozyon Önleme ve Kontrol Planlama Kılavuzu," Nisan 2014. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.dau.edu/sites/default/files/Migrated/CopDocuments/CPC%20Planning%20Guidebook%204%20Feb%2014.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[100] Gartner, "Data Quality: Best Practices for Accurate Insights," 1 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.gartner.com/en/data-analytics/topics/data-quality.

[101] "For Want of a Nail," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/For_Want_of_a_Nail. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[102] McKinsey Global Institute, "Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information," Ekim 2013. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/open%20data%20unlocking%20innovation%20and%20performance%20with%20liquid%20i nformation/mgi_open_data_fullreport_oct2013.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[103] EY, "Karbon nötrlüğüne giden yol," 10 Mart 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.ey.com/ru_kz/services/consulting/the-path-to-carbon-neutrality. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[104] PWC, "ESG Farkındalığı," 1 Temmuz 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.pwc.com/kz/en/assets/esg-awareness/kz-esg-awareness-rus.pdf. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[105] G. Hammond, "Somutlaştırılmış Karbon - Karbon ve Enerji Envanteri (ICE)," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://greenbuildingencyclopaedia.uk/wp-content/uploads/2014/07/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf.

[106] "CO2_calculating the embodied carbon," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://github.com/datadrivenconstruction/CO2_calculating-the-embodied-carbon.

[107] McKinsey, "Imagining Construction's Digital Future," 24 Haziran 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future. [Erişim tarihi: 25 Şubat 2025].

[108] Bund der Steuerzahler Deutschland e.V., "Das Schwarzbuch," 10 Ekim 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut:

https://steuerzahler.de/aktuelles/detail/das-schwarzbuch-202425/. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[109] SAS, "Data lake and data warehouse - know the difference," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.sas.com/en_is/insights/articles/data-management/data-lake-and-data-warehouse-know-the-difference.html. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[110] ADSK, "Yapı Bilgi Modellemesi," 2002. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[111] A. Boiko, "BIM Tarih Haritası," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://bigdataconstruction.com/history-of-bim/.

[112] A. S. Borkowski, "Kuruluşlara ve Standartlara Göre BIM Tanımları," 27 Aralık 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://encyclopedia.pub/entry/53149. [Adres tarihi: 5 Mart 2025].

[113] CAD Vendor, "OPEN BIM Programı," 2012. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20140611075601/http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/. [Referans tarihi: 30 Mart 2025].

[114] Wikipedia, "Industry Foundation Classes," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[115] Wikipedia, "IGES," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/IGES. [Erişim tarihi: 30 Mart 2025].

[116] A. Boiko, "CAD'in (BIM) Tarihçesi," 15 Aralık 2021. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://miro.com/app/board/o9J_laML2cs=/. [Adres tarihi: 24 Şubat 2025].

[117] T. K. K. A. O. F. B. C. E. L. H. H. H. E. L. P. N. S. H. T. J. v. L. H. H. G. D. H. T. K. C. L. A. W. J. S. Francesca Noardo, "IFC yazılım desteği referans çalışması: GeoBIM benchmark 2019 - Bölüm I," 8 Ocak 2021. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://arxiv.org/pdf/2007.10951. [Erişim tarihi: 5 Mart 2025].

[118] И. Rogachev, "BIM'i Konuşalım: Maxim Nechiporenko | Renga | IFC | Domestic BIM," 13 Nisan 2021. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.youtube.com/watch?t=3000&v=VO3Y9uuzF9M&feature=youtu.be. [Adres tarihi: 5 Mart 2025].

[119] D. Ares, "Gayrimenkulde RETS: Verimlilik ve Büyüme için Neden Çok Önemli," 17 Aralık 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.realpha.com/blog/rets-importance-in-real-estate-explained. [Erişim tarihi: 5 Mart 2025].

[120] "Flex token maliyeti," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.adsk.com/buying/flex?term=1-

YEAR&tab=flex.

[121] A. Boiko, "Forget BIM and democratise access to data (17. Kolloquium Investor - Hochschule - Bauindustrie)," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.bim.bayern.de/wp-content/uploads/2023/06/Kolloquium-17-TUM-Bauprozessmanagment-und-Bay-Bauindustrie.pdf.

[122] Д. Hill, D. Foldesi, S. Ferrer, M. Friedman, E. Loh ve F. Plaschke, "İnşaat sektörü verimlilik bulmacasını çözmek," 2015. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered-products-project-business-solving-construction-industrys-productivity-puzzle.

[123] "SCOPE - Projektdatenumgebung und Modellierung multifunktionaler Bauprodukte mit Fokus auf die Gebäudehülle," 1 Ocak 2018. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/scope.html. [Erişim tarihi: 2 Mart 2025].

[124] Apple.com, "Pixar, Adobe, Apple ve NVIDIA form Alliance for OpenUSD to drive open standards for 3D content," 1 Ağustos 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.apple.com/newsroom/2023/08/pixar-adobe-apple-adsk-and-nvidia-form-alliance-for-openusd/. [Erişim: 2 Mart 2025].

[125] AECmag, "ADSK'nın granüler veri stratejisi," 25 Temmuz 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://aecmag.com/technology/autodesks-granular-data-strategy/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[126] A. Boiko, "Değişim Çağı: IFC geçmişte kaldı ya da ADSK ve diğer CAD satıcıları neden 14 temel gerçekte USD için IFC'den vazgeçmeye istekli?", 24 11 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://boikoartem.medium.com/the-age-of-change-ifc-is-a-thing-of-the-past-or-why-adsk-and-other-cad-vendors-are-willing-to-3f9a82ccd10a. [Adres tarihi: 23 Şevval 2025].

[127] A. Boiko, "ENG BIM Cluster 2024 | Veri için Savaş ve İnşaatta LLM ve ChatGPT Uygulaması," 7 Ağustos 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: ENG BIM Cluster 2024 | İnşaatta LLM ve ChatGPT'nin Veri ve Uygulama Savaşı. [Erişim: 15 Mart 2025].

[128] "Jeffrey Zeldman Sunar," 6 Mayıs 2008. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://zeldman.com/2008/05/06/content-precedes-design/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[129] A. Boiko, "DWG Analyse with ChatGPT | DataDrivenConstruction," 5 Mart 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.kaggle.com/code/artemboiko/dwg-analyse-with-chatgpt-datadrivenconstruction. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[130] McKinsey, "The McKinsey guide to outcompeting in the age of digital and AI," 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-on-books/rewired. [Adres

tarihi: 30 Mart 2025].

[131] Forbes, "Data Storytelling: The Essential Data Science Skill Everyone Needs," 31 Mart 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.forbes.com/sites/brentdykes/2016/03/31/data-storytelling-the-essential-data-science-skill-everyone-needs/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[132] J. Bertin, "Graphics and Graphic Information Processing," 8 Eylül 2011. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://books.google.de/books/about/Graphics_and_Graphic_Information_Process.html?id=csqX_xnm4tcC&redir_esc=y. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[133] CauseWeb, "Wells/Wilks on Statistical Thinking," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.causeweb.org/cause/resources/library/r1266. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[134] Ministrymagazine, "Bilim Yaratılışı Nasıl Keşfetti," Ocak 1986. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.ministrymagazine.org/archive/1986/01/how-science-discovered-creation. [Referans tarihi: 15 Mart 2025].

[135] BCG, "Veri Odaklı Dönüşüm: Şimdi Ölçekte Hızlanın," 23 Mayıs 2017. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.bcg.com/publications/2017/digital-transformation-transformation-data-driven-transformation. [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2024].

[136] "How to build a data architecture to drive innovation-today and tomorrow," 3 Haziran 2020. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/how-to-build-a-data-architecture-to-drive-innovation-today-and-tomorrow. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[137] Oxford, "Woodrow Wilson 1856-1924," [Çevrimiçi]. Available: https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780191866692.001.0001/q-oro-ed6-00011630. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[138] "Dönüştürücüler," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://datadrivenconstruction.io/index.php/convertors/.

[139] PWC, "Sizing the prize Yapay zekanın işletmeniz için gerçek değeri nedir ve bundan nasıl faydalanabilirsiniz?", 1 Ocak 2017. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf. [Erişim tarihi: 18 Şubat 2025].

[140] "İnşaat Halindeki Boru Hattı," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://datadrivenconstruction.io/index.php/pipeline-in-construction/.

[141] Wikipedia, "Apache NiFi," 1 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://de.wikipedia.org/wiki/Apache_NiFi. [Erişim tarihi: 5 Mart 2025].

[142] n8n, "Gmail AI Auto-Responder: Gelen e-postalara Taslak Yanıtlar Oluşturun," 1 Mayıs 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://n8n.io/workflows/2271-gmail-ai-auto-responder-create-draft-replies-to-incoming-emails/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[143] n8n, "Real Estate Daily Deals Automation with Zillow API, Google Sheets and Gmail," 1 Mart 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://n8n.io/workflows/3030-real-estate-daily-deals-automation-with-zillow-api-google-sheets-and-gmail/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[144] B. T. O'Neill, "Analitik, yapay zeka ve büyük veri projeleri için başarısızlık oranları =%85 - yikes!", 1 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://designingforanalytics.com/resources/failure-rates-for-analytics-bi-iot-and-big-data-projects-85-yikes/.

[145] J. Neyman, On the Two Different Aspects of the Representative Method: The Method of Stratified Sampling and the Method of Purposive Selection, Oxford University Press, 1934.

[146] T. J. S. a. J. S. Jesse Perla, "A Problem that Stumped Milton Friedman," Quantitative Economics with Julia, 1 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://julia.quantecon.org/dynamic_programming/wald_friedman.html. [Erişim tarihi: 1 Mayıs 2024].

[147] T. Landsall-Welfair, Forecasting the nation's current mood, Significance, 2012.

[148] A. Boiko, "San Francisco. İnşaat sektörü 1980-2019," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.kaggle.com/search?q=San+Francisco.+Building+sector+1980-2019.

[149] A. Boiko, "Kaggle: RVT IFC 5000 Proje Dosyası," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.kaggle.com/datasets/artemboiko/rvtifc-projects.

[150] CFMA, "Bağlantılı İnşaat ile Geleceğe Hazırlanmak," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://cfma.org/articles/preparing-for-the-future-with-connected-construction. [Erişim tarihi 15 Mart 2025].

[151] Cisco, "Cisco Survey Reveals Close to Three-Fourths of IoT Projects Are Failing," 22 Mayıs 2017. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2017/m05/cisco-survey-reveals-close-to-three-fourths-of-iot-projects-are-failing.html.

[152] "Bitki Fosillerinin Korunması için Gerekli Koşullar," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Pres/PresTitle.html.

[153] "BlackRock'tan Fink ile tahviller, birleşme ve satın almalar, ABD resesyonu ve seçimler üzerine: Tam Röportaj," 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.bloomberg.com/news/videos/2023-09-29/blackrock-s-fink-on-m-a-recession-election-full-intv-video.

[154] cio, "12 ünlü yapay zeka felaketi," 02 Ekim 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.cio.com/article/190888/5-famous-analytics-and-ai-disasters.html. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[155] G. Kasparov, Derin Düşünme, PublicAffairs, 2017.

[156] Wikipedia, "Kaggle," 1 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://en.wikipedia.org/wiki/Kaggle. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[157] Kaggle, "Titanic - Felaketten Makine Öğrenimi," 1 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.kaggle.com/competitions/titanic/overview. [Erişim tarihi 10 Mart 2025].

[158] Ш. Johri, "ChatGPT Oluşturmak: Veriden Diyaloğa," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2023/the-making-of-chatgpt-from-data-to-dialogue/.

[159] П. Domingos, "Makine öğrenimi hakkında bilinmesi gereken birkaç faydalı şey," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://homes.cs.washington.edu/~pedrod/papers/cacm12.pdf.

[160] J. Saramago, "Quotable Quote," [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.goodreads.com/quotes/215253-chaos-is-merely-order-waiting-to-be-deciphered. [Erişim tarihi: 17 Mart 2025].

[161] NVIDIA, "Yeni NVIDIA NeMo Curator Sınıflandırıcı Modelleriyle Eğitim Verilerinizi Geliştirin," 19 Aralık 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://developer.nvidia.com/blog/enhance-your-training-data-with-new-nvidia-nemo-curator-classifier-models/. [Erişim tarihi 25 Mart 2025].

[162] "NVIDIA, Cosmos World Foundation Modellerinin ve Fiziksel Yapay Zeka Veri Araçlarının Büyük Sürümünü Duyurdu," 18 Mart 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-announces-major-release-of-cosmos-world-foundation-models-and-physical-ai-data-tools. [Erişim tarihi: 25 Mart 2025].

[163] NVIDIA, "NVIDIA Isaac Sim," [İnternette]. Mevcut: https://developer.nvidia.com/isaac/sim. [Erişim tarihi 25 Mart 2025].

[164] M. Quarterly, "Why digital strategies fail," 25 Ocak 2018. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/why-digital-strategies-fail. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[165] M. J. Perry, "My Favorite Milton Friedman Quotes," 17 Kasım 2006. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.aei.org/carpe-diem/my-favorite-milton-friedman-quotes/. [Erişim tarihi: 1 Mart 2025].

[166] J. A. Wheeler, "Information, physics, quantum: the search for links," 1990.

[169] A. Boiko, "Lobicilik savaşları ve BIM gelişimi. Bölüm 5: BlackRock tüm teknolojilerin efendisidir. Şirketler açık kaynak kodunu nasıl kontrol ediyor," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://boikoartem.medium.com/lobbyist-wars-and-the-development-of-bim-d72ad0111a7d.

[170] T. Krijnen ve J. Beetz. Beetz, "A SPARQL query engine for binary-formatted IFC building models," *Advanced Engineering Informatics*, 2024.

[171] "2021 yılında Birleşik Krallık'ta inşaat sektöründeki işletme sayısı, işletme büyüklüğüne göre," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.statista.com/statistics/677151/uk-construction-businesses-by-size/.

[172] "5.000 IFC&RVT projesi," 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.kaggle.com/code/artemboiko/5000-projects-ifc-rvt-datadrivenconstruction-io.

[173] M. Popova, "It from Bit: Pioneering Physicist John Archibald Wheeler on Information, the Nature of Reality, and Why We Live in a Participatory Universe," 2008. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.themarginalian.org/2016/09/02/it-from-bit-wheeler/. [Referans tarihi: Şubat 2025].

[174] *İnşaatta Veri Üzerine Lobi Savaşları | Tekno-Feodalizm ve BIM'in Gizli Geçmişi.* [Film]. Almanya: Artem Boiko, 2023.

[175] A. Boiko, "REVIT VE IFC İLE CHATGPT | Projelerden belge ve verilerin otomatik olarak alınması," 16 Kasım 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.youtube.com/watch?v=ASXolti_YPs&t. [Erişim tarihi: 2 Mart 2025].

[176] M. &. Company, "Three new mandates for capturing a digital transformation's full value," 22 Ocak 2022. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/three-new-mandates-for-capturing-a-digital-transformations-full-value. [Erişim tarihi: 15 Şubat 2025].

[177] KPMG, "Construction in a Digital World," 1 Mayıs 2021. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ca/pdf/2021/05/construction-in-the-digital-age-report-tr.pdf. [Erişim tarihi: 5 Nisan 2024].

[178] LLP, KPMG, "Cue Construction 4.0: Make-or-Break Time," 17 Mar. 2023. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://kpmg.com/ca/en/home/insights/2023/05/cue-construction-make-or-break-time.html. [Erişim tarihi: 15 Şubat 2025].

[179] O. Business, "Satya Nadella Reveals 'How AI Agents Will Disrupt SaaS Models,'" 10 Ocak 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.outlookbusiness.com/artificial-intelligence/microsoft-ceo-

satya-nadella-reveals-how-ai-agents-will-disrupt-saas-models. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[180] Forbes, "Cleaning Big Data: Most Time-Consuming, Least Enjoyable Data Science Task, Survey Says," 23 Mar. 2016. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[181] Birleşik Krallık Dışişleri, Milletler Topluluğu ve Kalkınma Ofisi, "Digital development strategy 2024 to 2030," 18 Mar. 2024. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.gov.uk/government/publications/digital-development-strategy-2024-to-2030/digital-development-strategy-2024-to-2030. [Erişim tarihi: 15 Mart 2025].

[182] "Bina Tasarımı Sektöründe Vizyon ve Strateji," 7 Kasım 2003. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20030711125527/http:/usa.adsk.com/adsk/servlet/item?id=2255342&siteID=123112. [Adres tarihi: 5 Mart 2025].

[183] M. Bocharov, "Bilgi Modellemesi," Mart 2025. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.litres.ru/book/mihail-evgenevich-bocharov/informacionnoe-modelirovanie-v-rossii-71780080/chitat-onlayn/?page=5. [Adres tarihi: 15 Mart 2025].

[184] "Integrated Design-Through-Manufacturing: Benefits and Rationale," 2000. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20010615093351/http:/www3.autodesk.com:80/adsk/files/734489_Benefits_of_MAI.pdf. [Referans tarihi: 25 Mart 2025].

[185] CAD Vendor, "Open BIM Programı bir pazarlama kampanyasıdır," 12 Mart 2012. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://web.archive.org/web/20120827193840/http:/www.graphisoft.com/openbim/. [Adres tarihi: 30 Mart 2025].

KONU İNDEKSİ

3D, 8, 14, 71, 73, 84, 191, 210, 215, 232, 234, 263, 276, 277, 287, 298, 299, 302, 303, 306, 307, 337, 375, 393, 394, 448, 468, 480

4D, 84, 172, 196, 199, 210, 229, 234, 237, 287
4IR, 43

5D, 84, 172, 196, 210, 237, 287, 492

6D, 172, 196, 229, 232, 233, 234, 235

7D, 232, 233, 234, 287

8D, 172, 196, 229, 232, 233, 234, 287

A

AI, 3, 50, 52, 100, 102, 103, 106, 107, 116, 395, 457, 459, 461, 477
AIA, 289
AIM, 3, 289
AMS, 14, 84, 151, 153
Apache Airflow, 311, 361, 362, 363, 364, 366, 367, 369, 371, 399, 494
Apache NiFi, 116, 311, 361, 367, 368, 371, 399, 482, 494
Apache ORC, 62, 330, 378
Apache Parquet, 62, 67, 380, 381, 494
API, 54, 94, 95, 97, 109, 137, 138, 154, 168, 218, 219, 256, 257, 260, 271, 273, 294, 295, 296, 297, 300, 308, 326, 329, 342, 366, 369, 370, 488

B

BDS, 258, 259
Büyük Veri, 9, 67, 245, 383
BIM, 2, 3, 4, 6, 3, 14, 17, 24, 56, 58, 60, 63, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 92, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 150, 154, 156, 166, 172, 183, 184, 186, 187, 190, 195, 196, 208, 210, 211, 213, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 227, 228, 237, 238, 239, 242, 243, 246, 250, 251, 252, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 266, 271, 272, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 282, 285, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 308, 309, 324, 328, 337, 351, 356, 358, 361, 389, 413, 416, 448, 462, 466, 475, 476, 492, 494, 497
BlackBox, 240, 242, 243.
BMS, 8
Bokeh, 320, 337
BOM, 76, 77, 79, 257, 263
Sınırlama Kutusu, 234, 373, 392, 393, 394, 414, 415, 480
BREP, 142, 234, 263, 264, 276, 283, 284

C

CAD, 6, 14, 18, 24, 56, 57, 58, 63, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 84, 85, 95, 97, 111, 126, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 146, 147, 152, 153, 155, 156, 166, 172, 175, 183, 184, 186, 187, 190, 195, 196, 206, 208, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 227, 228, 232, 234, 237, 238, 239, 242, 243, 251, 252, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 303, 308, 309, 324, 328, 337, 344, 351, 356, 358, 361, 367, 372, 376, 383, 389, 402, 403, 405, 413, 416, 431, 448, 462, 466, 475, 476, 480, 492, 494, 497
CAE, 16, 283
CAFM, 14, 24, 62, 84, 151, 153, 172, 233, 278, 326, 356, 387, 458, 473
CAM, 16, 78
CAPEX, 14, 82
CDE, 84, 175, 388, 389, 390
ChatGPT, 103, 104, 109, 110, 124, 129, 221, 303, 307, 343, 349, 421
Claude, 103, 104, 109, 129, 133, 166, 219, 221, 300, 329, 343, 349, 381, 429, 443
CO_2, 72
CO_2, 229, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 243
COBie, 156, 289, 292.
AK, 56, 168, 169, 170, 477
Yardımcı pilot, 114, 116, 459
CPIXML, 143, 272, 273, 276, 277, 279, 285, 296
CPM, 14, 17, 62, 166, 175, 233, 326, 473
CQMS, 14, 84, 177, 178, 462
CRM, 109, 369, 459.
CRUD, 51, 459
CSG, 263

CSV, 61, 62, 88, 89, 120, 123, 128, 129, 130, 131, 135, 168, 268, 272, 280, 329, 333, 344, 354, 356, 373, 377, 378, 379, 380, 401, 407, 414, 474, 480

D

DAE, 276, 277, 278, 280, 281, 284, 285, 414
DAG, 362, 363, 365, 366
Dash, 320, 336, 337.
Veri Yönetişimi, 373, 395, 396, 398, 400, 401
Veri Gölü, 214, 373, 376, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 400
Data Lakehouse, 67, 373, 386, 387, 388
Veri Minimalizmi, 373, 395, 396, 400, 401
Veri Bataklığı, 373, 395, 397, 401
Veri Ambarı, 382, 383, 400
Hizmet Olarak Veri, 487
veri odaklı, 50, 170, 460, 461, 484, 486
DataFrame, 67, 117, 121, 122, 123, 125, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 137, 219, 220, 224, 237, 308, 328, 329, 330, 332, 333, 344, 345, 347, 348, 354, 365, 377, 381, 409, 414, 415, 475
DataOps, 170, 373, 398, 399, 400, 401, 475
DeepSeek, 103, 104, 107, 109, 110, 124, 129, 133, 166, 219, 221, 300, 329, 343, 349, 381, 421, 429, 443, 494
DGN, 8, 140, 186, 227, 357
DWG, 8, 70, 71, 73, 97, 140, 186, 211, 227, 272, 287, 302, 303, 304, 307, 357, 376, 497
DWH, 67, 373, 376, 382, 383, 384, 386, 387, 388, 389, 390
DXF, 8, 73, 277

E

ECM, 58, 175
ECS, 142
EIR, 289
eLOD, 289
ELT, 384, 385
EPM, 14, 166, 198
ERP, 2, 11, 12, 14, 17, 18, 24, 25, 58, 62, 109, 153, 166, 172, 175, 196, 198, 210, 232, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 249, 272, 277, 278, 279, 282, 326, 351, 356, 361, 369, 387, 388, 389, 390, 458, 462, 473, 475, 487, 492
ESG, 196, 235, 236, 238
ETL, 6, 1.1-8, 32, 49, 81, 113, 116, 119, 128, 188, 193, 219, 291, 311, 312, 317, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 330, 331, 333, 338, 339, 340, 343, 344, 348, 349, 350, 351, 353, 354, 356, 361, 362, 363, 364, 365, 367, 371, 372, 381, 382, 383, 384, 385, 399, 409, 430, 475, 481, 494
Excel, 57, 61, 62, 65, 66, 85, 88, 111, 120, 123, 125, 132, 154, 167, 187, 210, 223, 224, 226, 227, 228, 278, 291, 329, 333, 342, 351, 365, 376, 378, 459, 475, 497
Öz, 81, 128, 134, 193, 311, 323, 324, 326, 328, 330, 345, 361, 362, 363, 365, 383, 384, 450, 475

F

Tüy, 62, 123, 330, 378
FPDF, 339, 340, 341, 342, 343

G

GDPR, 109
CBS, 58
GLTF, 143, 278
Google E-Tablolar, 368, 370
Grok, 103, 104, 129, 133, 166, 219, 221, 300, 329, 343, 349, 381, 429, 443

H

HDF5, 62, 67, 123, 329, 330, 378, 379, 380
HiPPO, 29, 37, 95, 424, 477, 484, 490
HTML, 123, 340, 365, 370

I

KIMLIKLER, 289, 290, 291.
IFC, 8, 73, 138, 142, 186, 227, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 272, 273, 276, 277, 278, 279, 280, 284, 286, 292, 296, 302, 329, 357, 414, 415, 417, 497
IGES, 262, 263, 276.
iLOD, 289
IoT, 10, 18, 67, 271, 367, 369, 405, 413, 417, 418, 419, 455, 460, 465, 482, 484
ISO 19650, 388

J

JavaScript, 320, 369, 378
JSON, 88, 89, 90, 92, 123, 128, 142, 269, 272, 280, 329, 330, 333, 378, 474, 480
Jupyter Notebook, 114, 115, 116, 130, 187, 224, 330, 346, 417, 425

K

Kaggle, 115, 121, 130, 187, 224, 303, 307, 330, 346, 408, 415, 417, 425, 426, 430, 431, 433

k-NN, 392, 393, 442, 445, 446, 447, 448
KPI, 245, 311, 317, 318, 319, 320, 321, 324, 353, 372, 389, 478, 479

L

LEED, 235, 236, 238.
LlaMa, 103, 104, 120, 124, 129, 133, 166, 219, 300, 329, 343, 349, 381, 421, 429, 443, 494
LLM, 3, 4, 24, 29, 50, 51, 52, 55, 56, 92, 95, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 124, 125, 126, 129, 131, 133, 134, 135, 166, 187, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 226, 231, 237, 238, 251, 294, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 328, 329, 332, 333, 334, 335, 336, 338, 339, 340, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 354, 370, 372, 376, 381, 382, 392, 394, 399, 413, 425, 429, 430, 432, 433, 435, 443, 444, 457, 460, 461, 476, 488, 494
Yük, 81, 128, 134, 193, 311, 323, 325, 326, 333, 334, 338, 339, 342, 343, 361, 362, 363, 365, 367, 383, 384, 450, 475
LOD, 287, 289
LOI, 287
LOMD, 287
Low-Code, 368, 369

M

Matplotlib, 123, 306, 320, 333, 335, 342, 372, 409, 411, 494
MCAD, 77, 78, 257, 284
MEP, 14, 175, 492
AĞ, 234, 283, 284, 285, 296, 462
Microsoft SQL, 65
Mistral, 103, 104, 107, 110, 129, 133, 166, 219, 221, 300, 329, 343, 349, 381, 421, 429, 443, 494
MRP, 11, 12
MS Project, 70
MySQL, 63, 64, 65, 291, 329, 330

N

n8n, 116, 311, 361, 368, 369, 370, 371, 372
NLP, 69, 394
No-Code, 368, 369
NURBS, 142, 282, 283, 284, 285
NWC, 8, 276

O

OBJ, 143, 273, 276, 277, 278, 280, 281, 284, 285
OCCT, 273
OCR, 69, 128, 132, 134
OmniClass, 154, 155, 156.
açık BIM, 142, 216, 219, 256, 261, 278, 291
Açık Kaynak, 45, 55, 97, 98, 107, 108, 273, 275, 494
BAYKUŞ, 267, 268, 269.

P

Pandalar, 56, 67, 103, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 130, 134, 138, 186, 187, 220, 221, 225, 227, 269, 300, 303, 328, 329, 330, 377, 378, 380, 381, 403, 408, 409, 410, 411, 412, 414, 475, 479, 494
Parke, 67, 123, 329, 330, 373, 378, 379, 380, 381, 382, 386, 401, 403, 414, 474, 480
PDF, 69, 70, 71, 85, 111, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 146, 147, 177, 186, 190, 191, 211, 215, 278, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 345, 346, 347, 354, 355, 356, 357, 365, 376, 475, 480, 497
PDM, 16
PHP, 63, 339
Boru Hattı, 44, 53, 115, 128, 183, 303, 307, 308, 311, 312, 349, 350, 351, 352, 354, 355, 356, 367, 370, 417, 430, 476
PLM, 16, 246
PLN, 8, 272, 296
Plotly, 320, 336, 337, 372
PMIS, 3, 24, 32, 62, 152, 196, 198, 211, 239, 240, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 272, 326, 351, 387, 388, 389, 390, 458, 462, 487
PMS, 84, 151, 233
PostgreSQL, 63, 64, 65, 329, 395
Power BI, 320, 372, 482
özel sermaye, 464, 487
Python, 56, 63, 103, 105, 112, 114, 115, 117, 118, 119, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 166, 167, 179, 187, 219, 224, 225, 227, 303, 304, 308, 320, 329, 330, 332, 333, 339, 340, 346, 348, 356, 367, 369, 372, 378, 409, 417, 426, 459, 475, 476, 479, 494

Q

QTO, 72, 196, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 221, 223, 225, 226, 228, 237, 238, 242, 243, 251, 301, 302, 475, 479
QWEN, 103, 104, 124, 129, 133, 166, 219, 221, 300, 329, 349, 343, 349, 381, 429, 443

R

RAG, 111, 116
RDBMS, 63, 64, 65, 82, 89.
RDF, 267, 268, 269
RegEx, 126, 136, 177, 179, 331, 332, 333, 357, 474
RFID, 8, 18, 58, 84, 418, 419, 455, 460, 465, 482
ROI, 311, 317, 319, 321, 351, 370, 389, 479
RPM, 14, 84, 151, 331, 333, 334
RVT, 8, 73, 77, 140, 186, 227, 272, 296, 300, 302, 322, 329, 357, 376, 414, 415, 417, 497

S

SaaS, 24, 50, 51, 52, 458
KAPSAM, 273, 277
SDK, 139, 141, 257, 264, 273, 281, 286, 296, 329, 414
Seaborn, 123, 320, 336, 337, 408, 412
SPARQL, 269
SQL, 63, 65, 66, 88, 89, 103, 105, 119, 123, 166, 168, 268, 269, 279, 276, 277, 300, 329, 376, 392, 494
SQLite, 63, 64, 65, 166, 167, 296, 329, 363
ADIM, 261, 262, 263, 266, 272, 276, 277, 292
Streamlit, 336, 337
SVF, 142, 276, 285

T

Dönüşüm, 128, 193, 311, 323, 325, 326, 330, 331, 333, 334, 340, 341, 342, 344, 347, 361, 362, 363, 365, 367, 383, 384, 450, 475

U

Uniclass, 154, 155, 156.
USD, 142, 143, 255, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 292, 296

V

VectorOps, 373, 398, 400, 401
VR, 84, 271, 285

W

WhiteBox, 240, 242, 243.

X

XLSX, 8, 61, 62, 123, 128, 129, 231, 268, 276, 277, 280, 296, 299, 308, 351, 373, 377, 378, 379, 380, 401, 474, 480
XML, 61, 88, 89, 92, 128, 143, 269, 272, 277, 280, 291, 299, 329, 378, 414, 474

VERILERIN INŞAAT SEKTÖRÜNÜ NASIL DÖNÜŞTÜRDÜĞÜNÜ KEŞFEDIN

İçeriğinde Neler Bulunuyor

- AEC'de 100'den fazla temel veriyle ilgili konu bulunmaktadır.
- 300'den fazla eşsiz görselleştirme ve diyagram
- 50'den fazla gerçek dünya iş durumu
- Uygulamalı LLM ve yapay zeka uygulamaları
- Kod örnekleri ve kullanıma hazır iş akışları

Konular

- Veri Odaklı İnşaat
- AEC'de Dijital Dönüşüm Süreci
- Veri Analizi ve Otomasyonu
- Veri Kalitesi ve Yönetimi
- CAD, BIM ve Veri İşbirliği
- İnşaat sektöründe LLM'ler, Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi
- Proje Maliyeti ve Zaman Tahmini

Kitle

- İnşaat Proje Yöneticileri
- Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri
- BIM Koordinatörleri ve Veri Yöneticileri
- Dijital Dönüşüm Yöneticileri
- AEC'de Bilgi Teknolojileri ve Yapay Zeka Uzmanları
- Şehir Plancıları ve Sürdürülebilirlik Uzmanları
- Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Öğrencileri
- Eğitimciler ve Araştırmacılar

- **Web sitesi**
- **• www.datadrivenconstruction.io**

İlk baskıya dair değerlendirmeler:

«Boiko, BT'nin James Carville'idir - ikincisinin sıkça alıntılanan "Ekonomi, aptal" ifadesinde, bu ünlü eser için yalnızca bir kelime değiştirilmelidir. "Veri, aptal." (Yazılım değil) Ve veri evreninde yolunuzu bulmak için, Yunanlılara dayanan eski Romalıların bir sözü bugün hala geçerlidir: "Navigare necesse est". Yazar, okuyucularını veri okyanusunun derinliklerinde ve sığlıklarında emin bir el ve sarsılmaz bir pusula ile, kapsamlı bir tarihsel perspektiften ve nihayetinde son derece özgün grafiklerden bahsetmeden yönlendiriyor...»

— Dr. Burkhard Talebitari

«Artem Boiko'nun eseri, inşaat sektöründe dijitalleşmenin demokratikleştirilmesi açısından bir dönüm noktasıdır ve küçük ile orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) için gerçek bir oyun değiştiricidir. Bu kitap, harekete geçme çağrısı niteliğindedir! Sadece inşaat sektöründeki dijital dönüşümü anlamak isteyenler için değil, aynı zamanda onu aktif bir şekilde şekillendirmek isteyen herkes için değerli bir rehberdir - pragmatik, verimli ve ileriye dönük bir yaklaşım sunmaktadır. Artık bu bilgiyi paylaşma ve inşaat sektörünün üretkenliğini sürdürülebilir bir şekilde artırmak için birlikte çalışma zamanıdır...»

— Dr. Michael Max Bühler

Bu pratik rehber, hem profesyonellerin hem de yeni başlayanların veri odaklı inşaatın hızla değişen dünyasında yol almasına olanak tanır. Veri yönetiminin temellerinden gelişmiş dijital iş akışlarına, yapay zeka araçlarına ve gerçek dünya uygulamalarına kadar — bu kitap, daha akıllı, daha hızlı ve daha verimli inşaat süreçlerine ulaşmanın yol haritasını sunmaktadır.

ISBN: 978-3-98262-556-0

9 783982 625560