الطبعة الثانية، منقحة ومستكملة

البناء القائم على البيانات

التنقل في عصر البيانات في صناعة البناء.

مع حالات وأمثلة استخدام الذكاء الاصطناعي والذكاء الاصطناعي

Artem Boiko

كتب بلغات أخرى على موقع
DATADRIVENCONSTRUCTION

"بويكو" هو "جيمس كارفيل" في مجال تكنولوجيا المعلومات - في كتاب الأخير الذي يُقتبس منه كثيرًا "إنه الاقتصاد يا غبي"، لا يحتاج هذا الكتاب الشهير سوى كلمة واحدة فقط. "إنها البيانات يا غبي". (ولإيجاد طريق المرء في عالم البيانات، لا تزال مقولة الرومان القدماء التي تعود إلى اليونانية صالحة حتى اليوم: "Navigare necesse est". يبحر المؤلف بقرائه عبر كل أعماق محيط البيانات ومياهه الضحلة بيدٍ واثقة وبوصلة لا تتزعزع، ناهيك عن النهج التاريخي الشامل، وأخيرًا وليس آخرًا، رسوماته المبتكرة للغاية وحس الفكاهة الذي لا يظهر للوهلة الثانية فقط. وتتراوح ردود الفعل الدولية على كتاب بويكو بين الاستحسان المبتهج والشكوك المريرة إلى حد ما، وهو ما أفاد الطبعة الألمانية الثانية من الكتاب. يعتبر بويكو مفكر بيانات أصيل وغير متزمت. وهو يقدم للقارئ رؤى مثيرة وأطروحات شجاعة دائمًا، بل واستفزازية تلهم المزيد من التفكير. دواء ممتاز لمرض التوافقية الكامنة في ألمانيا. وبالمناسبة، فإن المثل اللاتيني المذكور أعلاه له تكملة: "vivere non est necesse". وهو لا ينطبق على مقاربة بويكو لعالم البيانات - فالبيانات حية وحياتها ضرورية، حتى لا نقول حاسمة".

- د. بوركهارد تاليبيتاري، محرر مستقل - بما في ذلك لمجلة: BIM ، التي تنشرها إرنست آند سون سنوياً منذ عام 2013.

"كتاب DataDrivenConstruction" هو أحد الخطوات الأولى التي تتجاوز حدود عالم البنائين المعتاد، بأنظمة التصميم والإدارة المعقدة، حيث يبدو أن تعقيد البيانات وتشبعها لا يتيح فرصة للتبسيط الجذري وزيادة شفافية العمل مع بيانات البناء. يوضح أرتيم في كتابه بلغة بسيطة ما هي الفرص التي تفتحها أمامنا التقنيات الحديثة للعمل مع البيانات، ويعطي حرفياً خطوات ملموسة يمكنك تطبيقها فوراً في عملك. أحث كل من يريد أن يفهم إلى أين ستذهب أنظمة الأتمتة في صناعة البناء والتشييد أن يدرس هذا الكتاب بعناية ليدرك أن ثورة البيانات في البناء تطرق بابنا بالفعل. إنها تهم المهووسين فقط الآن، ولكن في غضون سنوات قليلة، مثل BIM ، ستصبح هذه الأساليب والبرمجيات منتشرة في كل مكان!"

- إيهور روغاتشو، رئيس مركز الكفاءة في BIM، IMT والتحول الرقمي في RGD، ومؤسس InfraBIM.Pro.

"أوصي بشدة بكتاب DataDrivenConstruction الذي يتناول كما يقول العنوان نهج إدارة المعلومات القائم على البيانات لشركة AECO. أستخدمه حاليًا للمساعدة في بدء عدد من المناقشات مع مجموعات مختلفة. لقد وجدته مرجعاً يسهل الوصول إليه. وبالإضافة إلى نظرة عامة شاملة عن السياق التاريخي للأدوات في AECO والبيانات والتعريف بالعديد من التقنيات الرئيسية، يحتوي الكتاب على عدد من الرسوم البيانية المفيدة للغاية التي تحدد نطاق مصادر البيانات والمصنوعات اليدوية للمستخدم النهائي مع نماذج من سير العمل. يلفت نظري أن هذه هي أنواع الرسوم البيانية التي نحتاج إلى المزيد منها عند تطوير ومراقبة استراتيجيات المعلومات والمساهمة في خطط إدارة المعلومات - تحديد نموذج بيانات المؤسسة الشامل الذي يمكن أن تتداخل فيه حدود إدارة معلومات المؤسسة وإدارة معلومات المؤسسة."

- بول رانسلي، مستشار رئيسي في شركة "أكمينا" ومهندس تكامل الأنظمة في هيئة النقل في لندن.

"يُعد كتاب أرتيم بويكو علامة فارقة في إضفاء الطابع الديمقراطي على الرقمنة في صناعة البناء والتشييد - ومُغيّر حقيقي للعبة بالنسبة للشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم. وهو رائد بشكل خاص: باستخدام أدوات حديثة مفتوحة المصدر منخفضة الكود ومن دون كود، يمكن للشركات بالفعل دمج البيانات بكفاءة في عملياتها التجارية وتحليلها بشكل مربح - دون أي معرفة متعمقة بالبرمجة. وهذا يجعل الاستخدام المكلف لحزم البرمجيات التجارية المرهقة زائداً عن الحاجة. هذا الكتاب هو دعوة للعمل! إنه دليل قيّم لأي شخص لا يريد فقط فهم التحول الرقمي في صناعة البناء والتشييد، بل يريد أيضًا تشكيله بفعالية - بشكل عملي وفعال وبطريقة تطلعية. لقد حان الوقت الآن للعمل معًا لمشاركة هذه المعرفة وزيادة إنتاجية صناعة البناء والتشييد بشكل مستدام".

-الدكتور مايكل ماكس بويهلر، أستاذ إدارة الإنشاءات في HTWG كونستانس، والمالك المشارك في GemeinWerk Ventures، والمدير المستقل في DevvStream.

يعد كتاب "البناء القائم على البيانات" كتاباً مغيراً لقواعد اللعبة لأي شخص لديه فضول لمعرفة إلى أين تتجه صناعة البناء في عصر البيانات. لا يكتفي أرتيم بخدش السطح فقط، بل يتعمق في التطورات الحالية والتحديات والفرص الواعدة في مجال البناء. ما يميز هذا الكتاب هو سهولة الوصول إليه - حيث يشرح أرتيم الأفكار المعقدة باستخدام تشبيهات ذات صلة تجعل المحتوى سهل الفهم. لقد وجدتُ أن الكتاب غني بالمعلومات وجذاب في نفس الوقت. باختصار، لقد صاغ أرتيم موردًا قيّمًا لا يقتصر على تقديم المعلومات فحسب، بل يلهمك أيضًا. سواء كنت محترفًا متمرسًا أو وافدًا جديدًا في مجال الإنشاءات، فإن هذا الكتاب سيوسع منظورك ويعمق فهمك لما تتجه إليه الصناعة. يوصى به بشدة!"

- مؤيد صالح، مهندس معماري ومدير تنفيذ BIM في TMM GROUP Gesamtplanungs GmbH

"لأي شخص يعمل في مجال الإنشاءات، من المبتدئين إلى المحترفين المتمرسين، هذا الكتاب سيغير قواعد اللعبة! إنه ليس كتاباً عادياً للقراءة - فهو مليء بالرؤى والاستراتيجيات ولمسة من الفكاهة لإبقائك متفاعلاً. من أساليب تسجيل البيانات القديمة إلى أحدث التقنيات الرقمية، فهو يغطي تطور استخدام البيانات في مجال البناء. إنه أشبه ما يكون بأخذ آلة الزمن عبر تطور بيانات البناء. سواءً كنت مهندساً معمارياً أو مهندساً أو مدير مشروع أو محلل بيانات، فإن هذا الدليل الشامل سيحدث ثورة في الطريقة التي تتعامل بها مع المشاريع. استعد لتحسين العمليات، وتعزيز عملية اتخاذ القرار، وإدارة المشاريع بشكل لم يسبق له مثيل!"

- بييرباولو فيرغاتي، محاضر في جامعة سابينزا في روما، ومدير مشروع بناء أول في شركة فينتكنا.

"كما تم التأكيد في الكتاب على أن المعلومات هي أحد الأصول المهمة لقطاع البناء والتشييد، وأن الحصول عليها في صيغ يسهل إلى حد كبير اتخاذ القرارات الدقيقة وتسريع الجداول الزمنية للمشروع. يقدم الكتاب نهجاً محايداً وفعالاً للوصول إلى هذا المصدر والاستفادة منه في اتخاذ القرارات. تستفيد المنهجية المقدمة في الكتاب من نهج معاصر يجمع بين البرمجة القائمة على الذكاء الاصطناعي والأدوات مفتوحة المصدر التي يمكن الوصول إليها. ومن خلال تسخير قوة الذكاء الاصطناعي والاستفادة من البرمجيات مفتوحة المصدر، تهدف المنهجية إلى تعزيز الأتمتة وتحسين العمليات وتعزيز إمكانية الوصول والتعاون في هذا المجال. لغة الكتاب واضحة وسهلة المتابعة."

- الدكتور صالح أفلو أوغلو، عميد كلية الفنون الجميلة والعمارة في جامعة أنطاليا بيليم، ومنظم منتدى أوراسيا لنمذجة معلومات المباني.

"إذا كانت "البيانات هي النفط الجديد"، فعلينا أن نتعلم كيف نعرّفها ونعثر عليها وننقب عنها وننقحها لنجعلها ذات قيمة. لقد وجدت أن كتاب DataDrivenConstruction غني بالمعلومات وثاقب. يقدم الكتاب خلفية تاريخية مفيدة ويشرح العمل مع البيانات بلغة بسيطة. بالنسبة لأولئك المهتمين بالتحول الرقمي، فهو يعطي فهمًا جيدًا للبيانات - كيف تعمل، وكيف يتم تنظيمها وكيف يمكن استخدامها

- رالف مونتاج، مدير في شركة آرك دوكس، ومدير قمة منسقي نمذجة معلومات المباني ، ورئيس لجنة المرآة الوطنية لنمذجة معلومات المباني في الهيئة الوطنية للمعايير في أيرلندا.

"البناء القائم على البيانات" ينقل بوضوح أساسيات العمل القائم على المعلومات مع بيانات البناء. كتاب يتعامل مع تدفقات المعلومات والمفاهيم الاقتصادية الأساسية، وبالتالي يتميز عن غيره من كتب نمذجة معلومات المباني ، لأنه لا يمثل فقط وجهة نظر الشركة المصنعة للبرمجيات، بل يحاول أيضًا نقل المفاهيم الأساسية. كتاب يستحق القراءة والاطلاع."

- جاكوب هيرن، الرئيس التنفيذي والشريك المؤسس لشركة Build Informed GmbH، ومبادر منتدى الابتكار "على القمة مع BIM ".

"كل ما يمكنني قوله هو، يا للروعة! إن الطريقة التي أدمجت بها التاريخ، و LLLM ، والرسومات، وسهولة فهم نقاطك بشكل عام رائعة حقًا. تدفق الكتاب مذهل. هناك الكثير من الجوانب الرائعة في هذا الكتاب؛ إنه حقًا كتاب يغير قواعد اللعبة. إنه مصدر رائع للمعلومات، وأشيد بك على الجهد والشغف الذي بذلته فيه. تهانينا على إنشاء مثل هذا العمل الرائع. يمكنني الاستطراد، ولكن يكفي أن أقول، أنا معجب للغاية!"

- ناتاشا برينسلو، رئيسة الممارسة الرقمية في إنيرجيلاب_.

البيانات هي النفط الجديد" كما يقولون، لذا يجب أن يكون لدى المنقبين أو المنقبين الأدوات والعقلية الصحيحة لاستخراج القيمة من هذا المورد الذي يعود إلى القرن الحادي والعشرين. لقد ظلت صناعة الإنشاءات لفترة طويلة جدًا على منحدر زلق من العمليات القائمة على "المعلومات ثلاثية الأبعاد"، حيث يعتمد تسليم المشروع على معلومات مخبوزة من شخص آخر (على سبيل المثال رسموا بالفعل المخطط الدائري أو الشريطي) في حين أن "البيانات" الأساسية (مثل جدول البيانات الخام) قادرة على تقديم المزيد، خاصةً لأن دمج البيانات المتعددة والذكاء الاصطناعي يجلب إمكانات غير محدودة. إذا كنت تقوم بتقديم (أو تدريس/بحث) البناء، فإن هذا الكتاب هو أفضل مورد لك - والوحيد حتى الآن - للتعرف على العالم الذي يعتمد على البيانات الذي وجدنا أنفسنا فيه.

- الدكتور ذو الفقار أدامو، أستاذ مشارك في تكنولوجيا المعلومات الاستراتيجية في مجال الإنشاءات في جامعة لندن لندن لندن في المملكة المتحدة.

كتاب "البناء القائم على البيانات" لأرتيم بويكو هو عمل مثير للإعجاب يقدم أساسًا متينًا لصناعة البناء في عصر التقنيات وإمكانيات المعلومات المتنامية باستمرار. ويتمكن بويكو من تقديم موضوعات معقدة بطريقة مفهومة مع تقديم أفكار ذات رؤية مستقبلية. والكتاب عبارة عن خلاصة وافية مدروسة لا تسلط الضوء على التطورات الحالية فحسب، بل تقدم أيضاً نظرة مستقبلية للابتكارات المستقبلية. ويوصى به بشدة لأي شخص يرغب في الإلمام بتخطيط وتنفيذ الإنشاءات القائمة على البيانات."

- ماركوس إيبرغر، محاضر في جامعة شتوتغارت للعلوم التطبيقية، ومدير مشروع أول ونائب مدير فرع في شركة Konstruktionsgruppe Bauen، وعضو مجلس إدارة جمعية مجموعة نمذجة معلومات البناء في بادن فورتمبيرغ.

"قرأت الكتاب في نفس واحد، في أقل من 6 ساعات. جودة تصنيع الكتاب ممتازة، ورق لامع كثيف، ومخططات ملونة، وخط لطيف. سيوفر لك العدد الكبير من الأمثلة العملية حول كيفية العمل مع LLM الخاصة بصناعة البناء والتشييد شهورًا، إن لم يكن سنوات، من الدراسة الذاتية. أمثلة العمل متنوعة للغاية، تتراوح من البسيط إلى المعقد، دون أن يتطلب منك شراء برامج معقدة ومكلفة. سيتيح الكتاب لأصحاب أي شركة في صناعة الإنشاءات إلقاء نظرة جديدة على استراتيجية أعمالهم ورقمنتها وآفاق تطويرها. وللشركات الصغيرة لزيادة الكفاءة باستخدام أدوات مجانية وبأسعار معقولة."

- ميخائيل كوساريف، محاضر ومستشار في التحوّل الرقمي في قطاع الإنشاءات في شركة TIM-ASG.

"يجب أن أقول إن كتاب البناء القائم على البيانات جدير بأن يُدرّس ككتاب مدرسي في الجامعات، وهو كتاب سيقدم إسهامات قيمة في مجال البناء القائم على البيانات المتطور. يحتوي كتاب البناء القائم على البيانات على مسرد تقني يشرح المفاهيم بشكل جيد للغاية. المواضيع التي يصعب شرحها بشكل كبير يتم تبسيطها وفهمها بلغة بصرية جميلة جداً. وأعتقد أن ما يراد شرحه في المرئيات يجب أن يتم التعبير عنه للقارئ ولو بإيجاز. وبعبارة أخرى، فإن فهم بعض المرئيات يحتاج إلى معلومات منفصلة عن بعضها، أي أن قراءة المرئيات تتطلب معلومات منفصلة. كما أود أن أقول إنني سعيد بتقديم أعمال أرتيم بويكو القيّمة في محاضراتي وندواتي في الجامعات".

- الدكتور إيديز يازجي أوغلو، المالك في ArchCube، ومحاضر في إدارة المشاريع الإنشائية في قسم الهندسة المعمارية في جامعة إسطنبول التقنية وفي جامعة ميديبول.

الإصدار الثاني، أبريل 2025.

© 2025 | أرتيم بويكو | كارلسروه

9783982625546 ISBN

ISBN: 978-3-98262-554-6

9 783982 625546

REGISTRIERTES URHEBERWERK
ID-CHECK D9A2A2C55EAC5
WWW.PRIORMART.COM

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

حقوق الطبع والنشر لأرتيم بويكو

boikoartem@gmail.com

info@datadrivenconstruction.io

لا يجوز استنساخ أي جزء من هذا الكتاب أو نقله بأي شكل أو بأي وسيلة، إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك النسخ أو التسجيل أو أي نظام لتخزين المعلومات واسترجاعها، دون إذن خطي من المؤلف - باستثناء التوزيع غير التجاري في شكل غير معدل. يوزع الكتاب مجاناً ويجوز مشاركته مجاناً مع مستخدمين آخرين لأغراض شخصية أو تعليمية أو بحثية، شريطة الاحتفاظ بنسخة المؤلف والإشارة إلى الأصل. يحتفظ المؤلف بجميع الحقوق غير الملكية للنص ولا يقدم أي ضمانات صريحة أو ضمنية. قد تكون الشركات والمنتجات والأسماء المذكورة في الكتاب وهمية أو مستخدمة كأمثلة. المؤلف غير مسؤول عن أي عواقب لاستخدام المعلومات الواردة في الكتاب. المعلومات الواردة في الكتاب مقدمة "كما هي" دون ضمان اكتمالها أو ملاءمتها. لا يتحمل المؤلف المسؤولية عن الأضرار العرضية أو التبعية الناشئة عن استخدام المعلومات أو التعليمات البرمجية أو البرامج الواردة في هذا الكتاب. نماذج التعليمات البرمجية المقدمة في هذا الكتاب هي لأغراض تعليمية فقط. يستخدمها القراء على مسؤوليتهم الخاصة. يوصي المؤلف باختبار جميع الحلول البرمجية قبل استخدامها في بيئة الإنتاج. جميع العلامات التجارية وأسماء المنتجات المذكورة في النص هي علامات تجارية أو علامات تجارية مسجلة أو علامات خدمة لشركاتها وهي ملك لأصحابها. لا يعني استخدام هذه الأسماء في الكتاب وجود أي علاقة مع مالكيها أو تأييدهم لها. لا يشكل ذكر منتجات أو خدمات الطرف الثالث توصية أو يعني تأييداً لها. قد تكون أسماء الشركات والمنتجات المستخدمة في الأمثلة علامات تجارية لمالكيها. يتم توفير الروابط إلى مواقع الطرف الثالث على سبيل التيسير ولا تعني أن المؤلف يؤيد المعلومات المقدمة على تلك المواقع. جميع الإحصاءات والاقتباسات والدراسات المذكورة كانت حديثة وقت كتابة هذا التقرير. قد تتغير البيانات بمرور الوقت

هذا الكتاب موزع بموجب رخصة المشاع الإبداعي نَسب المُصنَّف - غير تجاري - غير مشتقات 4.0 دولي (CC BY-NC-ND 4.0). يجوز لك نسخه وتوزيعه لأغراض غير تجارية، شريطة أن تحتفظ بملكية التأليف ولا تجري أي تغييرات.

cc by nc-nc-nd 4.0

© 2024 أرتيوم بويكو. الطبعة الأولى

© 2025 أرتيوم بويكو. الطبعة الثانية، منقحة ومستكملة.

جميع الحقوق محفوظة

مقدمة للطبعة الثانية

هذا الكتاب هو نتاج حوار حيوي مع المجتمع المهني. وهو يستند إلى العديد من المناقشات المهنية حول إدارة البيانات في صناعة البناء والتشييد، والتي جرت على مختلف المنصات المهنية ومنصات التواصل الاجتماعي. أصبحت هذه المناقشات أساسًا للمقالات والمنشورات والمواد المرئية التي ولدت استجابة واسعة في المجتمع المهني. يجتذب محتوى المؤلف ملايين المشاهدات كل عام على مختلف المنصات واللغات، ويجمع بين المتخصصين في مجال رقمنة البناء.

وفي غضون عام من نشر الطبعة الأولى، تلقى الكتاب طلبات من خبراء من أكثر من 50 بلداً، من البرازيل وبيرو إلى موريشيوس واليابان. وقد تم تنقيح الطبعة الثانية من الكتاب، التي بين يديك الآن، وتوسيعها بناءً على ملاحظات الخبراء والانتقادات التي وجهت للطبعة الأولى والمناقشات التي دارت في الأوساط المهنية. وبفضل التعليقات، تم توسيع الطبعة الثانية بشكل كبير: تمت إضافة فصول جديدة عن تقنيات (BIM) CAD وإنشاء عمليات فعالة في مجال التصميم. كما تمت زيادة عدد الأمثلة العملية ودراسات الحالة بشكل كبير. ومما له قيمة خاصة التعليقات الواردة من قادة صناعة البناء والتشييد والشركات الاستشارية وشركات تكنولوجيا المعلومات الكبرى، الذين تواصلوا مع المؤلف بأسئلة حول الرقمنة والتشغيل البيني قبل وبعد نشر النسخة الأولى من الكتاب. وقد طبق العديد منهم بالفعل النهج الموصوفة في الكتاب أو يخططون للقيام بذلك في المستقبل القريب

أنت تحمل بين يديك كتابًا تم تأليفه من خلال النقاش والتبادل النشط لوجهات النظر. إن التقدم يولد في الحوار، في تضارب الآراء والانفتاح على مقاربات جديدة. أشكركم على مشاركتكم في هذا الحوار. فنقدكم البنّاء هو أساس التحسينات المستقبلية. إذا كانت هناك أخطاء في النص أو إذا كنتم ترغبون في مشاركة الأفكار والاقتراحات، فأي ملاحظات مرحب بها. تفاصيل الاتصال موجودة في نهاية الكتاب

لماذا الكتاب مجاني؟

تم تصميم هذا الكتاب كمصدر تعليمي مفتوح يهدف إلى نشر المناهج الحديثة لإدارة البيانات في صناعة البناء والتشييد. كانت النسخة الأولى من الكتاب بمثابة أساس لجمع التعليقات والاقتراحات من المجتمع المهني، مما سمح بتحسين هيكل ومحتوى المادة. وقد تم تحليل جميع التعليقات والاقتراحات والأفكار بعناية ودمجها في هذه النسخة المنقحة. الهدف من الكتاب هو مساعدة المتخصصين في مجال الإنشاءات على فهم أهمية العمل مع البيانات: بشكل منهجي وواعٍ مع التركيز على القيمة طويلة الأجل للمعلومات. وقد جمع المؤلف أمثلة ورسوم توضيحية وملاحظات عملية من أكثر من 10 سنوات من العمل في مجال رقمنة البناء. معظم هذه المواد كانت وليدة مشاريع حقيقية ومناقشات مع مهندسين ومطورين ومشاركة في مبادرات دولية وندوات تدريبية. الكتاب هو محاولة لتنظيم الخبرة المتراكمة ومشاركتها بطريقة يسهل الوصول إليها. إذا كنت ترغب في دعم المزيد من نشر أفكار الكتاب والحصول على تنسيق مناسب للقراءة والعمل مع الأمثلة والمواد المرئية - يمكنك شراء نسخة مطبوعة.

حقوق الاستخدام

يمكن استنساخ جميع المواد والرسوم التوضيحية وأجزاء هذا الكتاب أو اقتباسها أو استخدامها بأي صيغة وعلى أي وسائط شريطة الإقرار بالمصدر: تأليف أرتيم بويكو وعنوان الكتاب "البناء القائم على البيانات". نشكركم على احترام العمل ونشر المعرفة.

وبامتنان صادق أهدي هذا الكتاب إلى عائلتي التي غرست فيّ منذ نعومة أظفاري حبًا عميقًا للبناء، وإلى بلدتي التي كنت أعمل بها في مجال التعدين في وطني، وإلى زوجتي المساحة، التي كان دعمها الثابت مصدر إلهامي الدائم.

لمن هذا الكتاب

يستهدف هذا الكتاب المكتوب بلغة يسهل الوصول إليها، مجموعة واسعة من القراء في صناعة البناء والتشييد - من الطلاب والمبتدئين الذين يرغبون في فهم أساسيات عمليات البناء الحديثة إلى المهنيين الذين يحتاجون إلى منهجية حديثة لإدارة البيانات في البناء والتشييد. سواء كنت مهندسًا معماريًا أو مهندسًا أو رئيس عمال أو مدير إنشاءات أو محلل بيانات، فإن هذا الدليل الشامل الذي يحتوي على العديد من الرسوم التوضيحية والرسومات الفريدة يقدم رؤى قيمة حول كيفية استخدام البيانات في الأعمال لتحسين وأتمتة العمليات وتحسين عملية اتخاذ القرار وإدارة مشاريع الإنشاءات على مختلف المستويات باستخدام الأدوات الحديثة

يعد الكتاب دليلاً شاملاً يجمع بين الأسس النظرية والتوصيات العملية لدمج تقنيات إدارة البيانات في عمليات البناء. يركز الكتاب على الاستخدام الاستراتيجي للمعلومات لتحسين العمليات، وأتمتة العمليات، وتحسين عملية اتخاذ القرار وإدارة المشاريع بفعالية باستخدام الأدوات الرقمية الحديثة.

يغطي هذا الكتاب الجوانب النظرية والعملية للعمل مع المعلومات في صناعة الإنشاءات. ومن خلال أمثلة مفصلة، يستكشف منهجية تحديد بارامترات المهام، وجمع المتطلبات، ومعالجة البيانات غير المنظمة ومتعددة الأشكال وتحويلها إلى حلول فعالة لشركات الإنشاءات.

يمر القارئ تباعًا من تشكيل المتطلبات وتطوير نماذج البيانات الأساسية إلى عمليات أكثر تعقيدًا لدمج مصادر المعلومات غير المتجانسة، وإنشاء عمليات ETL ، وبناء خطوط أنابيب المعلومات ونماذج التعلم الآلي. يسمح النهج المتسلسل بتوضيح آليات تنظيم وأتمتة العمليات التجارية وأنظمة دعم اتخاذ القرار في صناعة البناء والتشييد. ويختتم كل جزء من الكتاب بفصل عملي يحتوي على إرشادات خطوة بخطوة تسمح لك بتطبيق المعرفة المكتسبة على الفور في مشاريع حقيقية.

ملخص أجزاء الكتاب

يتمحور هذا الكتاب حول مفهوم تحويل البيانات في سلسلة القيمة: من جمع البيانات وضمان جودتها إلى المعالجة التحليلية واستخراج الحلول العملية القيّمة باستخدام الأدوات والمنهجيات الحديثة.

الجزء الأول: التطور الرقمي في البناء - يتتبع التحول التاريخي لإدارة البيانات من الألواح الطينية إلى الأنظمة الرقمية الحديثة، ويحلل ظهور الأنظمة المعيارية والأهمية المتزايدة لرقمنة المعلومات في سياق الثورات الصناعية.

الجزء 2: تحديات المعلومات في صناعة البناء والتشييد - يستكشف مشاكل تجزئة البيانات و"صوامع المعلومات" وتأثير نهج HiPPO على عملية صنع القرار والقيود التي تفرضها التنسيقات المملوكة للملكية ويقترح النظر في الانتقال إلى أنظمة الذكاء الاصطناعي ونظم إدارة التعلم الآلي.

الجزء 3: تنظيم البيانات في مجال البناء - يشكل تصنيفاً لبيانات البناء، ويصف طرق تنظيمها وتكاملها مع أنظمة الشركات ويناقش إنشاء مراكز الكفاءة لتوحيد عمليات المعلومات.

الجزء الرابع: ضمان جودة البيانات - يكشف عن منهجيات لتحويل المعلومات المتباينة إلى بيانات منظمة عالية الجودة، بما في ذلك استخراج البيانات من مصادر مختلفة، والتحقق من صحتها ونمذجتها باستخدام نظام إدارة البيانات.

الجزء 5: حسابات التكلفة والوقت - يتناول رقمنة حسابات التكلفة والتخطيط، وأتمتة الحصول على الأحجام من نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، وتقنيات النمذجة رباعية الأبعاد - 8D-8D وحساب التكلفة والتخطيط لمشاريع البناء.

الجزء 6: التصميم بمساعدة الحاسوب ونمذجة معلومات المباني - يحلل بشكل نقدي تطور تقنيات التصميم، وقضايا قابلية التشغيل البيني للأنظمة، والاتجاهات نحو صيغ البيانات المفتوحة وآفاق تطبيق الذكاء الاصطناعي على التصميم.

الجزء السابع: تحليلات البيانات والأتمتة - يتناول مبادئ تصور المعلومات، ومؤشرات الأداء الرئيسية، وعمليات ETL، وأدوات تنسيق سير العمل، وتطبيق نماذج اللغة لأتمتة المهام الروتينية.

الجزء 8: تخزين البيانات وإدارتها - يستكشف تنسيقات تخزين البيانات، ومفاهيم مستودع البيانات وبحيرة البيانات، ومبادئ إدارة البيانات، والأساليب الجديدة بما في ذلك قواعد البيانات المتجهة ومنهجيات DataOps وVectorOps.

الجزء 9: البيانات الضخمة والتعلم الآلي - يركز على الانتقال إلى التحليل الموضوعي القائم على البيانات التاريخية، وإنترنت الأشياء في مواقع البناء، وتطبيق خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ بتكاليف المشروع والجداول الزمنية.

الجزء 10: صناعة الإنشاءات في عصر البيانات الرقمية - يقدم نظرة على مستقبل صناعة الإنشاءات، ويحلل التحول من التحليل السببي إلى العمل مع الارتباطات، ومفهوم "أوبر" البناء واستراتيجيات التحول الرقمي.

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

مقدمة

إلى متى يمكن لشركتك أن تحافظ على قدرتها التنافسية في عالم تتطور فيه التكنولوجيا بسرعة ويجري فيه أتمتة كل جانب من جوانب الأعمال، من التوقيت وتقدير التكاليف إلى تحليل المخاطر، بواسطة نماذج التعلم الآلي ؟

تقف صناعة البناء والتشييد، التي كانت موجودة منذ زمن البشرية نفسها، على عتبة تغييرات ثورية تعد بتغيير الطريقة التي نفكر بها في البناء التقليدي تغييراً كاملاً. بالفعل في قطاعات أخرى من الاقتصاد، لا تعمل الرقمنة بالفعل على تغيير القواعد فحسب، بل إنها تطرد بلا رحمة الشركات التي فشلت في التكيف مع بيئة معالجة البيانات الجديدة وغير قادرة على تحسين سرعة اتخاذ القرار (الشكل 1).

الشكل 1 تعتمد سرعة اتخاذ القرار في صناعة الإنشاءات على العامل البشري أكثر من الصناعات الأخرى.

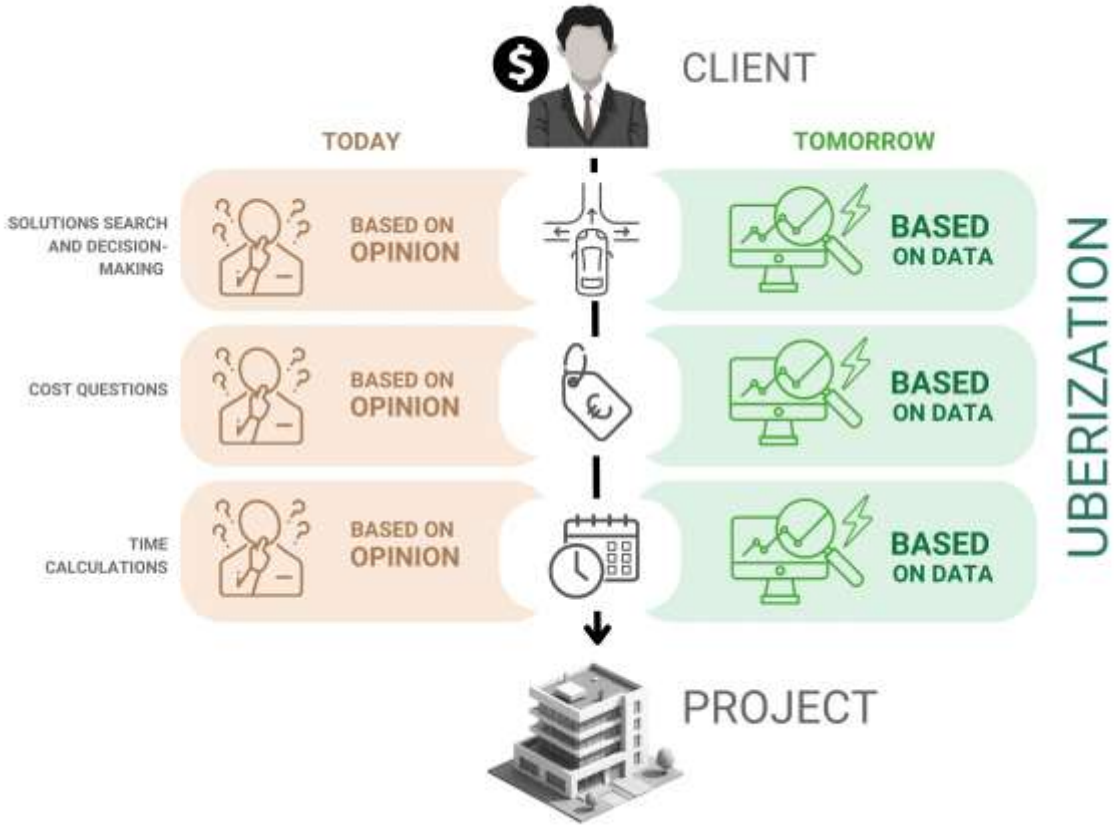
تتحرك الخدمات المصرفية وتجارة التجزئة والخدمات اللوجستية والأعمال التجارية الزراعية بسرعة نحو الرقمنة الكاملة، حيث لم يعد هناك مكان للأخطاء والآراء الذاتية. فالخوارزميات الحديثة قادرة على تحليل كميات هائلة من البيانات وتزويد العملاء بتنبؤات دقيقة - سواء كان ذلك فيما يتعلق باحتمالية سداد القروض، أو طرق التسليم المثلى أو التنبؤ

بالمخاطر.

يُعد قطاع الإنشاءات أحد آخر القطاعات التي تقوم بالانتقال الحتمي من الحلول القائمة على آراء المتخصصين الذين يتقاضون أجورًا عالية إلى الحلول القائمة على البيانات. وهذا الانتقال ليس مدفوعًا بالقدرات التكنولوجية الجديدة فحسب، بل أيضًا بسبب زيادة طلبات السوق والعملاء على الشفافية والدقة والسرعة.

الروبوتات ، وأتمتة العمليات، والبيانات المفتوحة والتنبؤات القائمة عليها - كل هذه لم تعد مجرد احتمالات بل حتميات. إن معظم الشركات في صناعة البناء، التي كانت في الآونة الأخيرة مسؤولة أمام العميل عن حساب حجم وتكلفة ووقت المشاريع ومراقبة الجودة، تخاطر الآن بالتحول إلى مجرد منفذين للأوامر، وليس اتخاذ القرارات الرئيسية (الشكل 2).

مع التقدم في قوة الحوسبة وخوارزميات التعلم الآلي وإضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات ، أصبح من الممكن الآن الجمع بين البيانات من مصادر مختلفة تلقائيًا، مما يتيح إجراء تحليل أعمق للعمليات والتنبؤ بالمخاطر وتحسين التكلفة في مراحل مناقشة مشروع البناء. هذه التقنيات لديها القدرة على تحسين الكفاءة بشكل جذري وخفض التكاليف في جميع أنحاء القطاع.



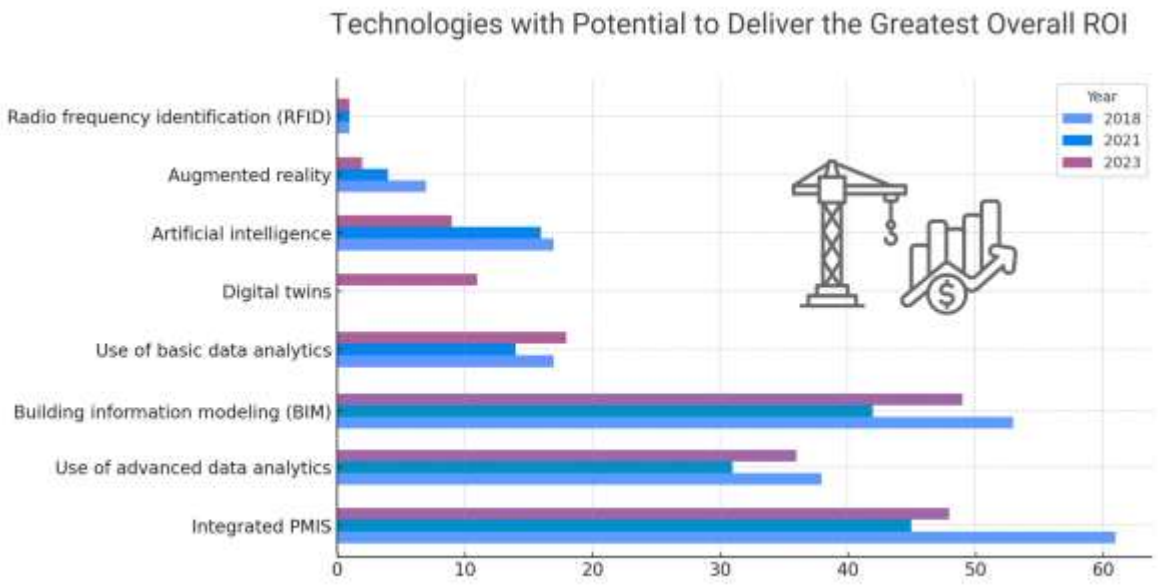
الشكل 2 لا يهتم العميل بالعوامل البشرية المفرطة في طريق تحقيق مشروعه.

على الرغم من كل مزايا الأدوات والمفاهيم الجديدة، إلا أن قطاع الإنشاءات متخلف كثيراً عن قطاعات الاقتصاد الأخرى في تبني التقنيات الجديدة.

> وفقًا لتقرير البيانات الرئيسية لتكنولوجيا المعلومات لعام 2017، تحتل صناعة الإنشاءات المرتبة الأخيرة في الإنفاق على تكنولوجيا المعلومات من بين 19 صناعة أخرى [1].

إن النمو السريع في حجم البيانات وتعقيد العمليات أصبح يمثل صداعًا لإدارة الشركة، والمشكلة الرئيسية في استخدام التقنيات الجديدة هي أن البيانات، على الرغم من وفرتها، تظل مجزأة وغير منظمة وغير متوافقة في كثير من الأحيان بين مختلف الأنظمة والمنتجات البرمجية. هذا هو السبب في أن العديد من الشركات في قطاع البناء والتشييد تهتم الآن في المقام الأول بمشكلات جودة البيانات ، والتي لا يمكن حلها إلا بتنفيذ أنظمة إدارة وتحليلات فعالة ومؤتمتة.

وفقًا لدراسة استقصائية أجرتها شركة KPMG® بين مديري الإنشاءات في عام 2023 [2]، فإن أنظمة معلومات إدارة المشاريع (PMIS)، وتحليلات البيانات المتقدمة والأساسية ونمذجة معلومات البناء (BIM) لديها أكبر إمكانات لتحسين عائد الاستثمار في المشاريع (الشكل 3).



الشكل 3 استطلاع رأي بين مديري شركات الإنشاءات: ما هي التقنيات التي ستوفر أعلى عائد على الاستثمار في المشاريع الرأسمالية؟ (استنادًا إلى المواد [2]).

يتمثل الحل للتحديات المرتبطة بدمج البيانات في عمليات الأعمال في ضمان جودة المعلومات واستخدام تنسيقات بيانات مناسبة وتطبيق أساليب فعالة لإنشاء البيانات وتخزينها وتحليلها ومعالجتها.

يجبر إدراك قيمة البيانات مختلف الصناعات على الابتعاد عن التطبيقات المنعزلة وهياكل الإدارة البيروقراطية المعقدة. وبدلاً من ذلك، يتحول التركيز بدلاً من ذلك إلى إنشاء مناهج جديدة لهندسة المعلومات، وتحويل الشركات إلى مؤسسات حديثة تعتمد على البيانات. عاجلاً أم آجلاً، ستخطو صناعة الإنشاءات نفسها هذه الخطوة، لتنتقل من التطور الرقمي التدريجي إلى ثورة رقمية حقيقية تؤثر على جميع الشركات.

لن يكون الانتقال إلى العمليات التجارية القائمة على البيانات أمرًا سهلاً. ستواجه العديد من الشركات تحديات لأن المديرين التنفيذيين لا يفهمون دائمًا كيفية استخدام مجموعات البيانات الفوضوية لتحسين الكفاءة ونمو الأعمال.

يتعمق هذا الكتاب في عالم البيانات، حيث أصبحت المعلومات موردًا استراتيجيًا رئيسيًا يحدد كفاءة العمليات التجارية واستدامتها. ومع النمو السريع للمعلومات، تواجه الشركات تحديات جديدة. لم يعد التحول الرقمي مجرد كلمة طنانة - بل أصبح ضرورة.

الشكل 4 البيانات والعمليات هي أساس البناء.

أن تفهم التحول يعني أن تكون قادرًا على شرح المعقد بكلمات بسيطة. ولهذا السبب فإن الكتاب مكتوب بلغة يسهل الوصول إليها ومصحوب برسوم توضيحية للمؤلف، تم إنشاؤها خصيصًا لشرح المفاهيم الأساسية بوضوح. وقد صُممت هذه الرسوم البيانية والمخططات والرسوم التوضيحية لإزالة الحواجز التي تحول دون الإدراك وجعل المادة مفهومة حتى لأولئك الذين كانوا يعتبرون هذه المواضيع معقدة للغاية في السابق. تم إنشاء جميع الرسوم التوضيحية والمخططات

والرسوم البيانية والرسومات في هذا الكتاب من قبل المؤلف وصُممت خصيصاً لتصور المفاهيم الأساسية الموضحة في النص.

> **صورة واحدة تساوي ألف كلمة [3].**
>
> **- فريد ر. بارنارد، رسام إنجليزي، 1927.**

للربط بين النظرية والتطبيق، سنستخدم أدوات الذكاء الاصطناعي (خاصةً النماذج اللغوية) التي تسمح لك بتطوير الحلول دون الحاجة إلى معرفة عميقة بالبرمجة. إذا كنت موجهًا نحو المواد العملية وكنت مهتمًا أكثر بالعمل العملي مع البيانات، يمكنك تخطي الجزء التمهيدي الأول والانتقال مباشرةً إلى الجزء الثاني من الكتاب، حيث يبدأ وصف الأمثلة والحالات الملموسة.

ومع ذلك، لا تضع توقعات مفرطة على أدوات الذكاء الاصطناعي (الذكاء الاصطناعي) والتعلم الآلي ونماذج اللغات الكبيرة بشكل عام. فبدون بيانات مدخلات عالية الجودة وفهم عميق للموضوع، لا يمكن حتى لأكثر الخوارزميات تقدماً أن تقدم نتائج موثوقة وذات مغزى.

> يحذر الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت ساتيا ناديلا من خطر حدوث فقاعة في الذكاء الاصطناعي في أوائل عام 2025 [4]، مقارنًا الضجة الحالية بفقاعة الدوت كوم. ويؤكد على أن ادعاءات الوصول إلى معالم الذكاء الاصطناعي العام (الذكاء العام الاصطناعي) دون تبرير مناسب هي "تلاعب لا معنى له بالمقاييس". يعتقد ناديلا أن النجاح الحقيقي للذكاء الاصطناعي يجب أن يُقاس بمساهمته في نمو الناتج المحلي الإجمالي العالمي، بدلاً من التركيز المفرط على الكلمات الطنانة.

وخلف كل الكلمات الطنانة حول التقنيات والمفاهيم الجديدة يكمن عمل معقد ومضني لضمان جودة البيانات ، ووضع معايير لعمليات الأعمال وتكييف الأدوات مع المهام الحقيقية.

إن النهج القائم على البيانات ليس منتجًا يمكنك تنزيله أو شراؤه فقط. إنها استراتيجية يجب بناؤها. فهو يبدأ بإلقاء نظرة جديدة على العمليات والمشاكل القائمة، ثم يتطلب حركة منضبطة في الاتجاه المختار.

لن يكون كبار مطوري البرمجيات وبائعي التطبيقات محرك التغيير في قطاع الإنشاءات بالنسبة للكثيرين منهم فإن النهج القائم على البيانات يمثل تهديدًا لنموذج أعمالهم الراسخ.

> **وقد شهدت قطاعات أخرى [على عكس قطاع الإنشاءات]، مثل قطاع السيارات، تغييراً جذرياً ومزعزعاً بالفعل، كما أن تحولها الرقمي جارٍ على قدم وساق. تحتاج شركات الإنشاءات إلى التصرف بسرعة وحسم: فالشركات الذكية ستجني ثمارًا هائلة، بينما ستكون المخاطر شديدة بالنسبة للمترددين. فكر في الاضطرابات التي أحدثها التصوير الرقمي في هذه الصناعة [5].**
>
> **- تقرير المنتدى الاقتصادي العالمي "تشكيل مستقبل الإنشاءات"، 2016**

ستحصل الشركات التي تدرك فرص وفوائد النهج الجديد في الوقت المناسب على ميزة تنافسية مستدامة وستكون قادرة على التطور والنمو دون الاعتماد على حلول من كبار البائعين.

هذه هي فرصتك ليس فقط لمواجهة العاصفة القادمة لرقمنة المعلومات، ولكن للسيطرة عليها. لن تجد في هذا الكتاب تحليلاً للوضع الحالي للصناعة فحسب، بل ستجد فيه أيضاً توصيات ملموسة لإعادة التفكير وإعادة هيكلة عملياتك وأعمالك لتصبح رائداً في العصر الجديد للبناء وتعزيز تجربتك المهنية.

لا يقتصر المستقبل الرقمي للبناء على استخدام التقنيات والبرامج الجديدة فحسب، بل إعادة التفكير بشكل أساسي في التعامل مع البيانات ونماذج الأعمال.

هل شركتك مستعدة لهذا التغيير الاستراتيجي؟

جدول المحتويات

مقدمة.....1

جدول المحتويات.....I

الجزء II من الألواح الطينية إلى الثورة الرقمية: كيف تطورت المعلومات في مجال الإنشاءات....3

.2.1 الفصلتطور استخدام البيانات في صناعة الإنشاءات 4

ولادة عصر البيانات في مجال الإنشاءات.....4

من الطين والبردي إلى التكنولوجيا الرقمية 5

العملية كأداة للتجربة القائمة على البيانات.....7

رقمنة معلومات عملية البناء 11

.2.2 الفصلالتقنيات وأنظمة الإدارة في الإنشاءات الحديثة 16

الثورة الرقمية وظهور نظم تخطيط الموارد والإدارة والتخطيط المتكامل للموارد المؤسسية.....16

أنظمة إدارة البيانات: من التنقيب عن البيانات إلى تحديات الأعمال 20

الفطريات المؤسسية: كيفية ارتباط البيانات بالعمليات التجارية.....24

2.3 الفصلالثورة الرقمية وانفجار البيانات 28

بداية ازدهار البيانات كموجة تطورية.....28

كمية البيانات التي يتم إنشاؤها في شركة حديثة 31

تكلفة تخزين البيانات: الجانب الاقتصادي 33

حدود تراكم البيانات: من الكتلة إلى المعنى.....36

الخطوات التالية: من نظرية البيانات إلى التغيير العملي 38

الجزء III_كيف تغرق أعمال الإنشاءات في فوضى البيانات 40

3.1. الفصل تجزئة البيانات وصوامع البيانات 41

كلما زادت الأدوات، زادت كفاءة العمل؟ 41

صوامع البيانات وتأثيرها على أداء الشركة.....44

الازدواجية وانعدام جودة البيانات نتيجة للازدواجية 50

HiPPO أو خطورة الآراء في اتخاذ القرار 53

الزيادة المستمرة في تعقيد وديناميكية العمليات التجارية.....57

الثورة الصناعية الرابعة (الصناعة 4.0) والثورة الصناعية الرابعة (الصناعة 5.0) في مجال البناء 61

3.2. الفصل تحويل الفوضى إلى نظام وتقليل التعقيد 66

التعليمات البرمجية الزائدة عن الحاجة والأنظمة المغلقة كحاجز أمام تحسين الإنتاجية.....66

من الصوامع إلى مستودع بيانات واحد 69

تمكّن أنظمة التخزين المتكاملة من الانتقال إلى وكلاء الذكاء الاصطناعي 72

من جمع البيانات إلى اتخاذ القرار: الطريق إلى الأتمتة 76

الخطوات التالية: تحويل الفوضى إلى نظام يمكن التحكم فيه 80

الجزء IV إطار عمل البيانات في عمليات أعمال الإنشاءات 82

4.1. الفصل أنواع البيانات في البناء 83

أهم أنواع البيانات في صناعة الإنشاءات 83

البيانات المهيكلة 89

قواعد البيانات العلائقية قواعد البيانات العلائقية ولغة استعلام SQL 91

SQL - الاستعلامات في قواعد البيانات والاتجاهات الجديدة 95

البيانات غير المهيكلة 97

البيانات النصية: بين الفوضى غير المنظمة والفوضى المنظمة ذ 99

البيانات شبه المنظمة وغير المنظمة 101

البيانات الهندسية وتطبيقها 103

بيانات CAD: من التصميم إلى تخزين البيانات 106

ظهور مفهوم BIM (BOM) واستخدام التصميم بمساعدة الحاسوب في العمليات 112

4.2. الفصل مواءمة البيانات وهيكلتها 122

تعبئة الأنظمة بالبيانات في صناعة الإنشاءات 122

تحويل البيانات: الأساس الحاسم لتحليل الأعمال الحديث.....126

نماذج البيانات: العلاقات في البيانات والعلاقات بين العناصر.....131

تنسيقات الملكية وتأثيرها على العمليات الرقمية.....137

تعمل التنسيقات المفتوحة على تغيير نهج الرقمنة 142

تحول في النموذج: المصدر المفتوح كنهاية عصر هيمنة بائعي البرمجيات 145

البيانات المفتوحة المهيكلة: أساس التحول الرقمي.....149

4.3. الفصلعلم ودورها في معالجة البيانات والعمليات التجارية 153

LLM غرف الدردشة: Grok ، QWEN ، DeepSeek ، Claude ، Mistral ، LlaMa ، ChatGPT

لأتمتة عمليات البيانات.....153

نماذج اللغة LLM الكبيرة: كيف تعمل: كيف تعمل.....154

استخدام الآليات المحلية لبيانات الشركة الحساسة 159

التحكم الكامل بالذكاء الاصطناعي في الشركة وكيفية نشر LLM الخاص بك 163

RAG: مساعدون ذكيون في إدارة التعلم الآلي - مساعدون ذكيون لديهم إمكانية الوصول إلى بيانات

الشركة.....165

4.4. الفصلبرناج تطوير متكاملة مع دعم إدارة تقنية المعلومات وتغييرات البرمجة المستقبلية ...169

اختيار IDE: من تجارب LLM إلى حلول الأعمال التجارية.....169

IDE مع دعم LLM وتغييرات البرمجة المستقبلية 173

Python Pandas: أداة لا غنى عنها للعمل مع البيانات 175

DataFrame: تنسيق بيانات جدولي عالمي..... 180

الخطوات التالية: بناء إطار عمل مستدام للبيانات 185

الجزء V جودة البيانات: التنظيم، والهيكلة، والنمذجة..... 188

.الفصل 5.1تحويل البيانات إلى شكل منظم 189

تعلم كيفية تحويل المستندات وملفات PDF والصور والنصوص إلى تنسيقات منظمة 190

مثال على تحويل مستند PDF إلى جدول..... 192

تحويل صورة JPEG، PNG إلى شكل منظم..... 197

تحويل البيانات النصية إلى شكل منظم..... 200

تحويل بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) إلى شكل منظم..... 205

يتجه بائعو حلول CAD نحو البيانات المهيكلة 212

.5.2 الفصلالتصنيف والتكامل: لغة مشتركة لبيانات الإنشاءات 217

تعتمد سرعة اتخاذ القرار على جودة البيانات 217

توحيد البيانات وتكاملها 219

تبدأ قابلية التشغيل البيني الرقمي بالمتطلبات..... 222

لغة مشتركة للبناء: دور المصنفات في التحول الرقمي 226

Masterformat و OmniClass و Uniclass و CoClass: تطور أنظمة التصنيف 230

5.3. الفصل نمذجة البيانات ومركز التميز 237

نمذجة البيانات: النموذج المفاهيمي والمنطقي والمادي 237

نمذجة البيانات العملية في سياق الإنشاءات 243

إنشاء قاعدة بيانات باستخدام LLM 246

مركز التميّز لنمذجة البيانات (CoE).....249

5.4. الفصل تنظيم المتطلبات والتحقق من صحة المعلومات 254

جمع المتطلبات وتحليلها: تحويل الاتصالات إلى بيانات منظمة 254

مخططات سير العمليات وفعالية الأطر المفاهيمية 260

المتطلبات المهيكلة و RegEx التعبيرات العادية 263

جمع البيانات لعملية التحقق.....270

التحقق من البيانات ونتائج التحقق منها.....274

عرض مرئي لنتائج التحقق.....281

مقارنة فحوصات جودة البيانات مع احتياجات الحياة البشرية 284

الخطوات التالية: تحويل البيانات إلى حسابات وخطط دقيقة 288

الجزء VI_حسابات التكلفة والوقت: دمج البيانات في عمليات الإنشاءات 290

6.1. الفصلحسابات وتقديرات التكلفة لمشاريع الإنشاءات 291

أساسيات الإنشاءات: تقدير الكمية والتكلفة والوقت 291

طرق حساب التكلفة التقديرية للمشاريع..... 293

الطريقة المستندة إلى الموارد تقدير التكاليف وتقديرها في البناء..... 294

قاعدة بيانات موارد البناء: كتالوج مواد البناء والأعمال الإنشائية 295

تجميع الحسابات وتقدير تكاليف الأعمال على أساس قاعدة الموارد..... 298

التقدير النهائي لتكاليف المشروع: من التقديرات إلى الميزانيات 305

6.2. الفصلأخذ الكمية وإنشاء التقديرات والجداول الزمنية تلقائيً ا..... 310

الانتقال من ثلاثي الأبعاد إلى رباعي الأبعاد وخماسي الأبعاد: استخدام المعلمات الحجمية والكمية
..... 310

سمات 5D والحصول على أحجام السمات من CAD 311

كيو تي أو أخذ الكمية: تجميع بيانات المشروع حسب السمات..... 317

أتمتة QTO باستخدام LLM والبيانات المهيكلة 324

حساب QTO للمشروع بأكمله باستخدام قواعد المجموعة من جدول بيانات Excel..... 329

6.3. الفصل8D- 6D ، 4D وحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 338

النموذج رباعي الأبعاد: دمج الوقت في تقديرات الإنشاءات..... 338

الجدول الزمني للبناء وأتمتته بناءً على بيانات تقدير التكاليف..... 340

طبقات السمات الموسعة 6 د -8 د: من كفاءة الطاقة إلى ضمان السلامة 343

تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من مشاريع البناء.....347

6.4. الفصلأنظمة ERP و PMIS الإنشاءات و PMIS 354

أنظمة تخطيط موارد المؤسسات -أنظمة تخطيط موارد المؤسسات -أنظمة على سبيل المثال الحسابات والتقديرات.....354

PMIS: وسيط بين نظام تخطيط موارد المؤسسات وموقع الإنشاءات 363

المضاربة، والربح، والعزلة، وانعدام الشفافية في تخطيط موارد المؤسسات و PMIS.....364

نهاية عصر نظام تخطيط موارد المؤسسات المغلق / PMIS: صناعة الإنشاءات تحتاج إلى أساليب جديدة.....369

الخطوات التالية: الاستخدام الفعال لبيانات المشروع.....372

الجزء VII CAD و BIM: التسويق والواقع ومستقبل بيانات التصميم في البناء.....376

7.1. الفصلظهور مفاهيم بيم- في صناعة البناء 377

تاريخ ظهور BIM و BIM المفتوح كمفاهيم تسويقية لبائعي CAD-.....377

واقع BIM: بدلاً من قواعد البيانات المتكاملة - الأنظمة المعيارية المغلقة.....383

ظهور التنسيق المفتوح IFC في صناعة البناء والتشييد.....385

مشكلة تنسيق IFC اعتماداً على النواة الهندسية.....388

الظهور في بناء موضوع علم الدلالة والأنطولوجيا.....393

لماذا تفشل التقنيات الدلالية في الارتقاء إلى مستوى التوقعات في صناعة الإنشاءات.....396

7.2. الفصلتنسيقات المشاريع المغلقة ومشكلات التشغيل البيني 401

البيانات المغلقة وانخفاض الإنتاجية: النهاية المسدودة لصناعة التصميم بمساعدة الحاسوب

(BIM) 401

أسطورة قابلية التشغيل البيني بين أنظمة CAD 404

انتقل إلى دولار أمريكي والبيانات التفصيلية م.....410

7.3. الفصلالهندسة في البناء: من الخطوط إلى الأمتار المكعبة 416

عندما تتحول الخطوط إلى نقود أو لماذا يحتاج البناؤون إلى الهندسة.....416

من الخطوط إلى الأحجام: كيف تصبح المساحة والحجم بيانات 417

الانتقال إلى MESH والدولار الأمريكي والمضلعات: استخدام التغطية بالفسيفساء للهندسة.....421

LOMD ، LOI ، LOD - تصنيف فريد من التفاصيل في CAD (BIM).....423

معايير التصميم بمساعدة الحاسوب الجديدة AIA - (BIM) و BEP و IDS و LOD و COBie 426

7.4. الفصلوضع بارامترات التصميم واستخدام معلمات التصميم للتشغيل الآلي 434

وهم تفرد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM): الطريق إلى التحليلات والتنسيقات

المفتوحة 434

التصميم من خلال المعلمات: مستقبل التصميم بمساعدة الحاسوب ونمذجة معلومات المباني

.....438

ظهور LLM في تصميم CAD عمليات معالجة البيانات 443

التحليل الآلي لملفات DWG - ملفات مع LLM و Pandas 448

الخطوات التالية: الانتقال من التنسيقات المغلقة إلى البيانات المفتوحة 456

الجزء VIII اتخاذ القرارات القائمة على البيانات، والتحليلات، والأتمتة، والتعلم الآلي 459

8.1. الفصل تحليلات البيانات واتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات 460

البيانات كمصدر في صنع القرار 461

تصور البيانات: مفتاح الفهم واتخاذ القرارات 466

مؤشرات الأداء الرئيسية والعائد على الاستثمار 469

لوحات المعلومات ولوحات المعلومات: تصور المقاييس للإدارة الفعالة 472

تحليل البيانات وفن طرح الأسئلة 474

8.2. الفصل تدفق البيانات دون جهد يدوي: سبب الحاجة إلى ETL 478

أتمتة عملية أتمتة عمليات تحويل البيانات إلى التشغيل الآلي: تقليل التكاليف وتسريع معالجة البيانات 478

استخراج: جمع البيانات 484

ETL التحويل: تطبيق قواعد التحقق من الصحة والتحويل: تطبيق قواعد التحقق والتحويل 487

ETL التحميل: عرض النتائج في مخططات ورسوم بيانية 491

ETL Load: الإنشاء التلقائي لمستندات PDF 499

ETL Load: التوليد التلقائي للوثائق من FPDF 501

ETL التحميل: إعداد التقارير والتحميل إلى أنظمة أخرى 508

ETL مع LLM: تصور بيانات من مستندات PDF - المستندات 510

8.3. الفصلناقل أوتوماتيكي من طراز ETL (خط أنابيب) 516

خط الأنابيب: ناقل البيانات التلقائي الناقل البيانات 516

خط الأنابيب -ETL عملية التحقق من صحة البيانات مع LLM 522

خط الأنابيب -ETL: التحقق من بيانات ومعلومات عناصر المشروع في CAD (BIM) 524

8.4. الفصلتزامن وسير العمل: حلول عملية 533

DAG وApache Airflow: أتمتة سير العمل وتنسيقه 533

Apache Airflow: تطبيق عملي على أتمتة ETL 535

Apache NiFi للتوجيه وتحويل البيانات 540

n8n التعليمات البرمجية المنخفضة ، بدون تعليمات برمجية تنسيق العمليات 542

الخطوات التالية: الانتقال من العمليات اليدوية إلى الحلول القائمة على التحليلات 546

الجزء IX_تخزين البيانات وإدارتها في مجال الإنشاءات 549

9.1. الفصلالبنية التحتية للبيانات: من تنسيقات التخزين إلى المستودعات الرقمية 550

ذرات البيانات: أساس الإدارة الفعالة للمعلومات 550

تخزين المعلومات: الملفات أو البيانات 552

تخزين البيانات الضخمة: تحليل التنسيقات الشائعة وفعاليتها.....555

تحسين التخزين باستخدام Apache Parquet.....559

DWH: مستودعات البيانات مستودعات البياناتمستودعات البيانات.....562

بحيرة البيانات - تطور عملية تحويل البيانات إلى ELT: من التنظيف التقليدي إلى المعالجة المرنة
.....564

بنية مستودعات البيانات: التآزر بين المستودعات وبحيرات البيانات 567

CDE أو PMIS أو ERP أو DWH وبحيرة البيانات.....570

9.2. الفصلإدارة مستودعات البيانات ومنع الفوضى 574

قواعد البيانات المتجهة وصندوق الحدود.....574

حوكمة البيانات)، وتقليل البيانات) ومستنقع البيانات).....579

DataOps و VectorOps: معايير البيانات الجديدة.....583

الخطوات التالية: من التخزين الفوضوي إلى التخزين المنظم.....586

الجزء X البيانات الضخمة والتعلم الآلي والتنبؤات.....588

10.1. الفصلالبيانات الضخمة وتحليلها 589

البيانات الضخمة في البناء: من الحدس إلى القدرة على التنبؤ.....589

التشكيك في جدوى البيانات الضخمة: الارتباط والإحصاءات وأخذ عينات البيانات.....591

البيانات الضخمة: تحليل البيانات من مجموعة بيانات تصاريح البناء المليونية في سان فرانسيسكو 596

مثال على البيانات الضخمة المستندة إلى بيانات CAD (BIM) 604

إنترنت الأشياء والعقود الذكية 608

10.2. الفصل التعلُّم الآلي والتنبؤات 614

سيغير التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي الطريقة التي نبني بها 614

من التقييم الذاتي إلى التوقعات الإحصائية 618

مجموعة بيانات تيتانيك: مرحبًا بالعالم في عالم التحليلات البيانات والبيانات الضخمة 621

التعلم الآلي في العمل: من ركاب تيتانيك إلى إدارة المشاريع 627

التنبؤات والتوقعات بناءً على البيانات التاريخية 634

المفاهيم الرئيسية للتعلم الآلي 638

10.3. الفصل التنبؤ بالتكاليف والمواعيد النهائية باستخدام التعلم الآلي 641

مثال على استخدام التعلم الآلي للعثور على تكلفة المشروع والجداول الزمنية 641

التنبؤ بتكلفة المشروع وزمنه باستخدام الانحدار الخطي 644

تنبؤات تكلفة المشروع والوقت باستخدام خوارزمية الجار الأقرب K (k-NN) 648

الخطوات التالية: من التخزين إلى التحليل والتنبؤ 654

الجزء XI_صناعة الإنشاءات في العصر الرقمي. الفرص والتحديات 658

11.1. الفصل استراتيجيات البقاء: بناء المزايا التنافسية 659

الارتباطات بدلاً من الحسابات: مستقبل تحليلات الإنشاءات 659

النهج القائم على البيانات في مجال البناء: مستوى جديد من البنية التحتية 663

الجيل التالي من المكاتب الرقمية: كيف يغير الذكاء الاصطناعي مساحة العمل 667

البيانات المفتوحة و"أوبر" تشكل تهديدًا لأعمال الإنشاءات الحالية 670

المشاكل التي لم يتم حلها كفرصة أخيرة لاستغلال الوقت في التحول 675

11.2. الفصل دليل عملي لتنفيذ نهج قائم على البيانات 682

من النظرية إلى الممارسة: خارطة طريق للتحول الرقمي في مجال الإنشاءات 682

وضع الأساس الرقمي: 1-5 خطوات للنضج الرقمي 685

إطلاق العنان لإمكانات البيانات: 5-10 خطوات نحو النضج الرقمي 693

خارطة طريق التحول: من الفوضى إلى شركة تعتمد على البيانات 704

البناء في الصناعة 5.0: كيف تكسب المال عندما لا يمكنك الاختباء بعد الآن 708

الخاتمة 711

عن المؤلف 714

علاقة أخرى 716

تعليق على الترجمة 716

مهارات ومفاهيم أخرى 718

مسرد المصطلحات 724

قائمة المراجع والمواد على الإنترنت 733

فهرس الموضوعات الفرعية 765

أقصى قدر من الراحة مع النسخة المطبوعة

أنت تحتفظ بنسخة رقمية مجانية من كتاب **البناء القائم على البيانات**. لمزيد من الراحة في العمل والوصول السريع إلى المواد نوصيك بالاهتمام بالنسخة **المطبوعة**:

- **دائمًا في متناول اليد:**

سيصبح الكتاب في شكله المطبوع أداة عمل موثوق بها، مما يتيح لك العثور على التصورات والرسوم البيانية المناسبة واستخدامها بسرعة في أي موقف عمل

- **رسومات توضيحية عالية**

الجودة: جميع الصور والرسومات في النسخة المطبوعة مقدمة بأعلى جودة

- **الوصول السريع إلى**

المعلومات: سهولة التصفح والقدرة على تدوين الملاحظات والإشارات المرجعية والعمل مع الكتاب في أي مكان.

من خلال شراء النسخة المطبوعة الكاملة من الكتاب، تحصل على أداة ملائمة للعمل المريح والفعال مع المعلومات: القدرة على استخدام المواد المرئية بسرعة في المهام اليومية، والعثور بسرعة على المخططات اللازمة وتدوين الملاحظات. بالإضافة إلى ذلك، فإن شرائك للكتاب يدعم نشر المعرفة المفتوحة.

اطلب نسخة مطبوعة من الكتاب على: datadrivenconstruction.io/books

الجزء I

من الألواح الطينية إلى الثورة الرقمية: كيف تطورت المعلومات في مجال الإنشاءات

يبحث الجزء الأول من الكتاب في التطور التاريخي لإدارة البيانات في صناعة البناء والتشييد، من السجلات البدائية على الوسائط المادية إلى النظم الإيكولوجية الرقمية الحديثة. ويحلل تحول تكنولوجيات إدارة المعلومات، وظهور نظم تخطيط موارد المؤسسات ، وتأثير تجزئة البيانات على كفاءة العمليات التجارية. ويولي اهتماماً خاصاً لعملية رقمنة المعلومات والأهمية المتزايدة للتحليل الموضوعي بدلاً من حكم الخبراء الذاتي. يتم دراسة النمو الهائل لأحجام المعلومات التي تواجهها صناعة الإنشاءات الحديثة والتحديات المرتبطة بها لأنظمة المؤسسات بالتفصيل. كما يتم استكشاف وضع صناعة البناء والتشييد في سياق الثورتين الصناعيتين الرابعة والخامسة، بالإضافة إلى إمكانية استخدام الذكاء الاصطناعي والنهج المرتكزة على البيانات لخلق ميزة تنافسية مستدامة.

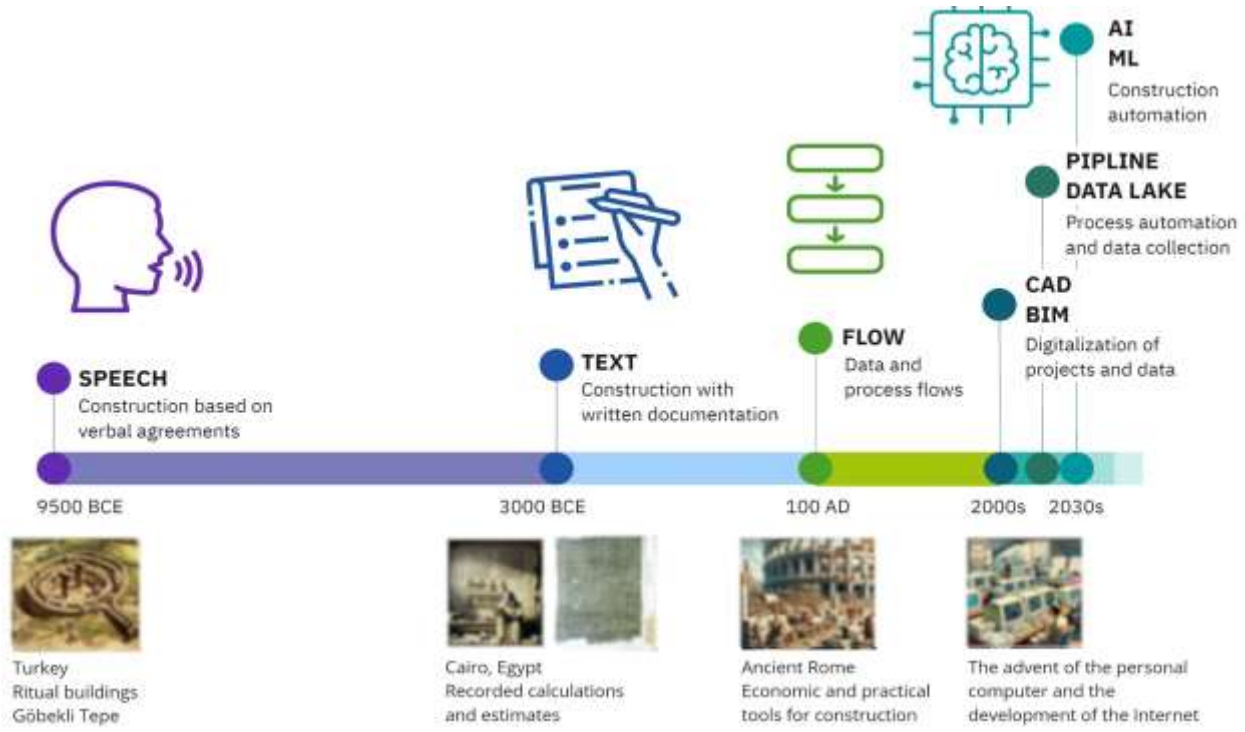
الفصل 1.1.

تطور استخدام البيانات في صناعة الإنشاءات

ولادة عصر البيانات في مجال الإنشاءات

منذ حوالي 10,000 سنة مضت، في العصر الحجري الحديث، أحدثت البشرية تحولًا ثوريًا في تطورها، حيث تخلت عن نمط الحياة البدوية لصالح الحياة المستقرة، مما أدى إلى ظهور المباني البدائية الأولى المصنوعة من الطين والخشب والحجر [6]. منذ هذه اللحظة بدأ تاريخ صناعة البناء والتشييد.

ومع تطور الحضارات، أصبحت الهندسة المعمارية أكثر تعقيدًا، مما أدى إلى ظهور أولى المعابد الطقسية والمباني العامة. وقد تطلب التعقيد المتزايد للتصاميم المعمارية من المهندسين والمديرين في العصور القديمة إنشاء السجلات والحسابات الأولى. وغالبًا ما تضمنت السجلات الأولى على الألواح الطينية والبرديات وصفًا للمنطق الكامن وراء حساب كمية مواد البناء اللازمة وتكلفتها وحساب أجر العمل المنجز [7]. وهكذا بدأ عصر استخدام البيانات في البناء - قبل وقت طويل من ظهور التقنيات الرقمية الحديثة (الشكل1-1-1.1).



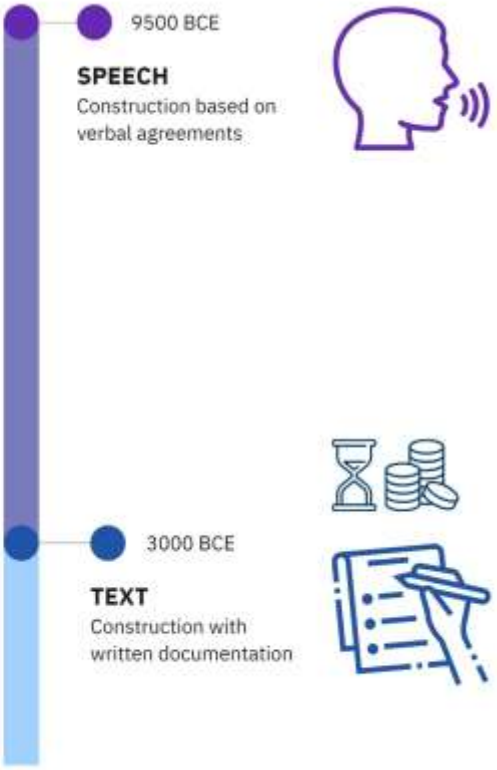
الشكل1-1-1.1 التسلسل الزمني لتطور تكنولوجيا المعلومات في مجال البناء: من المعلومات الشفهية إلى الذكاء الاصطناعي.

من الطين والبردي إلى التكنولوجيا الرقمية

يعود أول دليل وثائقي في مجال البناء إلى فترة بناء الأهرام، حوالي 3000-4000 سنة قبل الميلاد[7]. ومنذ ذلك الحين، سهّل حفظ السجلات المكتوبة ورافق التقدم في صناعة البناء، مما سمح بتراكم وتنظيم المعرفة التي أدت، على مدى 10,000 سنة تالية، إلى ابتكارات كبيرة في أساليب البناء والهندسة المعمارية.

إن استخدام الوسائط المادية الأولى في البناء، مثل الألواح الطينية وورق البردي منذ آلاف السنين (الشكل2-1-1) أو ورق "A0" في الثمانينيات، لتسجيل البيانات لم يكن الغرض منه في الأصل تطبيق هذه المعلومات على المشاريع الجديدة. كان الغرض الرئيسي من هذه السجلات هو تفصيل الوضع الحالي للمشروع، بما في ذلك حسابات المواد المطلوبة وتكلفة العمل. وبالمثل، في عالم اليوم، فإن توافر بيانات ونماذج التصميم الرقمي لا

يضمن دائماً تطبيقها في المشاريع المستقبلية وغالباً ما تكون بمثابة معلومات للحسابات الحالية للمواد المطلوبة وتكاليف البناء.



الشكل2-1.1 بردية من القرن الثالث قبل الميلاد تصف تكلفة طلاء أنواع مختلفة من النوافذ في قصر ملكي باستخدام تقنية الإنكاستيك.

استغرقت البشرية حوالي 5000 عام للانتقال من المحادثات الشفهية إلى المستندات المكتوبة في إدارة مشاريع البناء، ونفس الفترة الزمنية للانتقال من الورق إلى البيانات الرقمية كمصدر أساسي للتخطيط والتحكم.

ومثلما حفز تطور العلاقات التجارية والنقدية ظهور الكتابة وأوائل المحامين لحل النزاعات، فإن السجلات الأولى للتكاليف

المادية ونطاقات العمل في البناء أدت إلى ظهور أوائل المديرين في صناعة البناء، الذين تضمنت مهامهم توثيق ومراقبة المعلومات الأساسية حول الجداول الزمنية للمشروع وتكاليفه وتحمل المسؤولية عنها.

واليوم، تلعب البيانات دورًا أكثر أهمية بكثير: فهي لا تسجل القرارات المتخذة فحسب، بل تصبح أيضًا أداة للتنبؤ بالمستقبل ونمذجته. وهذا هو الأساس الذي يقوم عليه نهج العملية الحديثة في إدارة المشاريع - تحويل الخبرة المتراكمة إلى نظام لصنع القرار يستند إلى بيانات منظمة وقابلة للتحقق منها.

العملية كأداة للتجربة القائمة على البيانات

يقع في صميم أي عملية تحويل الخبرة السابقة إلى أداة للتخطيط للمستقبل. والخبرة بالمعنى الحديث هي مجموعة منظمة من البيانات التي يمكن تحليلها لوضع تنبؤات مستنيرة.

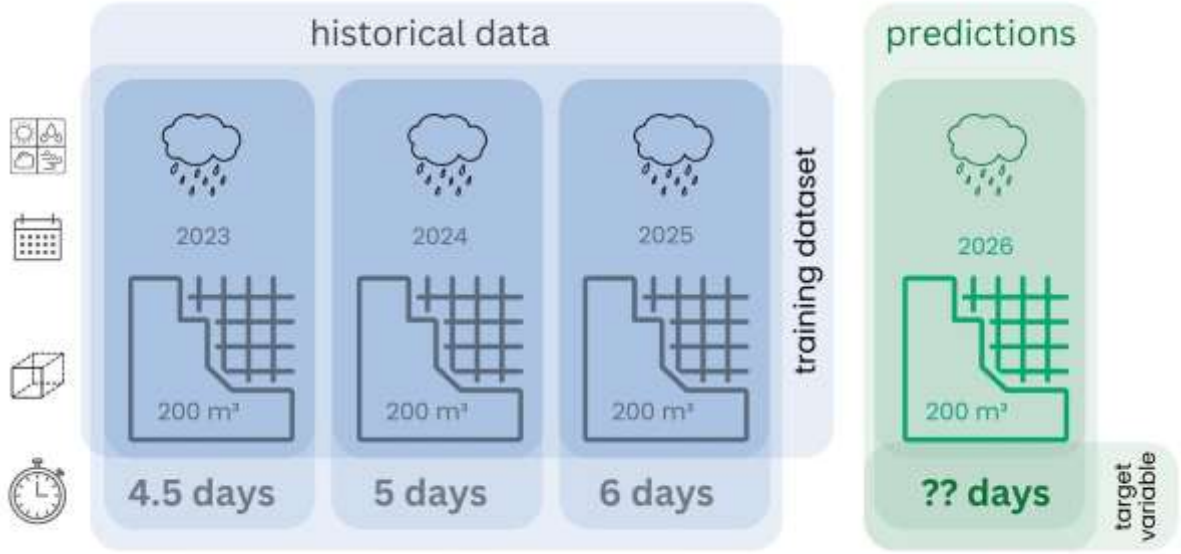
> إن البيانات التاريخية هي أساس التنبؤ، حيث إنها توضح نتائج العمل المنجز وتوفر نظرة ثاقبة للعوامل التي تؤثر على تلك النتائج.

دعنا نأخذ مثالًا ملموسًا من البناء المترابط: عادةً عند التخطيط لتوقيت الأعمال، يتم أخذ حجم الخرسانة وتعقيد الهيكل والظروف الجوية في الاعتبار. لنفترض أن رئيس عمال موقع معين أو بيانات الشركة التاريخية للسنوات الثلاث الماضية (2023-2025) تُظهر أن صب هيكل مترابط بمساحة 200 متر مربع في طقس ممطر يستغرق ما بين 4.5 و6 أيام (الشكل3-1.1). هذه الإحصائيات المتراكمة هي التي تصبح أساسًا للتنبؤ بالمهل الزمنية وتكلفة الموارد عند التخطيط لأعمال مماثلة في المشاريع المستقبلية. استنادًا إلى هذه البيانات التاريخية، يمكن لرئيس العمال أو المُقدِّر أن يضع تنبؤًا مستنيرًا، بناءً على الخبرة، بالوقت اللازم لإكمال الأعمال المماثلة في المستقبل في

عام 2026 في ظل ظروف مماثلة.

في حالة التقديرات الزمنية هذه، تعمل العملية التحليلية كآلية لتحويل البيانات المتباينة إلى تجربة منظمة ومن ثم إلى أداة تخطيط دقيقة. تمثل البيانات والعمليات منظومة واحدة حيث لا يمكن أن توجد إحداهما دون الأخرى.

> **عد ما يمكن عده، وقياس ما يمكن قياسه، وجعل ما لا يمكن قياسه قابلاً للقياس [8].**
>
> **- جاليليو جاليلي**



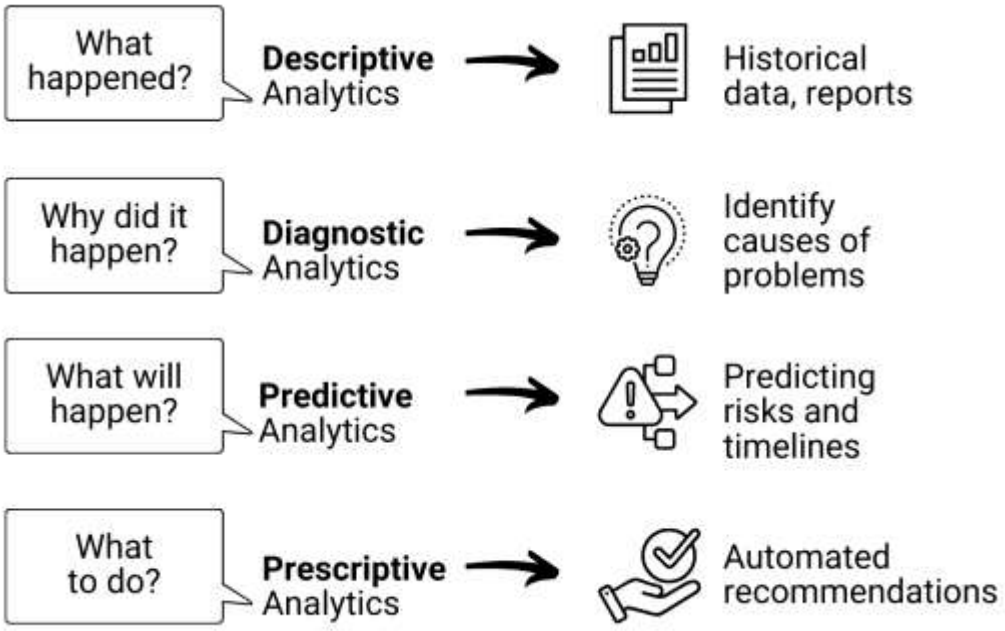
الشكل3-1-1.1 البيانات التاريخية بمثابة مجموعة بيانات تدريبية للتنبؤ بإحدى القيم في المستقبل

في مشهد الأعمال التجارية اليوم، أصبحت تحليلات البيانات عنصراً حاسماً في الإدارة الفعالة للمشاريع وتحسين العمليات واتخاذ القرارات الاستراتيجية. تتقن صناعة الإنشاءات تدريجياً أربعة مستويات رئيسية من التحليلات ، حيث يجيب كل منها على سؤال محدد ويوفر فوائد فريدة من نوعها (الشكل4-1.1):

- **تحليلات وصفية** - تجيب على سؤال "ماذا حدث؟" وتوفر بيانات وتقارير تاريخية عن الأحداث والنتائج

السابقة: على مدار السنوات الثلاث الماضية (2023-2025)، استغرق صب هيكل مترابط بمساحة 200 متر مربع في طقس ممطر ما بين 4.5 و6 أيام.

- **التحليلات التشخيصية** - تجيب على السؤال "لماذا حدث هذا؟" من خلال تحديد أسباب المشاكل: يُظهر التحليل أن وقت صب الهيكل المترابط زاد بسبب الطقس الممطر، مما أدى إلى إبطاء عملية معالجة الخرسانة
- **التحليلات التنبؤية** - **تحليلات استشرافية** - استشرافية تتنبأ بالمخاطر المحتملة والمهل الزمنية المحتملة من خلال الإجابة على سؤال "ماذا سيحدث؟": استنادًا إلى البيانات التاريخية، من المتوقع أن يستغرق صب هيكل مترابط مماثل بمساحة 200 متر مربع في طقس ممطر في عام 2026 حوالي 5.5 أيام، مع مراعاة جميع العوامل والاتجاهات المعروفة.
- **تحليلات إرشادية** - توفر توصيات آلية وتجيب على سؤال "ماذا تفعل؟"، مما يسمح للشركات باختيار الإجراءات المثلى: ولتحسين العمل، على سبيل المثال، يوصى بما يلي: استخدام إضافات خاصة لتسريع معالجة الخرسانة في ظروف الرطوبة العالية؛ التخطيط للصب في الفترات التي يكون فيها احتمال هطول الأمطار أقل؛ ترتيب ملاجئ مؤقتة للهيكل، مما يقلل من وقت العمل إلى 4-4.5 أيام حتى في الظروف الجوية السيئة.



الشكل4-1-1.1 الأنواع الرئيسية للتحليلات: من الوصف السابق إلى اتخاذ القرارات الآلية.

لا يتطلب التحول الرقمي الكامل، الذي ينطوي على الانتقال إلى تحليلات النظام والإدارة القائمة على البيانات، الاستعانة بمصادر خارجية فحسب، بل يتطلب تشكيل فريق داخلي مختص. وينبغي أن يكون الأعضاء الرئيسيون في هذا الفريق من مديري المنتجات ومهندسي البيانات والمحللين والمطورين، الذين سيعملون بالتعاون الوثيق مع وحدات الأعمال (الشكل9-4.3). هذا التعاون ضروري لطرح أسئلة تحليلية ذكية ووضع معايير فعالة لمهام اتخاذ القرارات التجارية. **في مجتمع المعلومات، لا تصبح البيانات في مجتمع المعلومات مجرد أداة مساعدة، بل تصبح أساسًا للتنبؤ والتحسين.**

في مجال الإنشاءات، يؤدي التحول الرقمي إلى تغيير جذري في طريقة تصميم المرافق وإدارتها وتشغيلها. يشار إلى هذه العملية باسم رقمنة المعلومات - حيث يتم تحويل جميع جوانب عملية البناء إلى شكل رقمي مناسب للتحليل.

رقمنة معلومات عملية البناء

وعلى مدى آلاف السنين، لم تتغير كمية المعلومات المسجلة في البناء إلا قليلاً، لكنها نمت بسرعة في العقود الأخيرة (الشكل5-1.1).

> وفقًا لدراسة PwC® "البيانات المدارة. ما الذي يحتاجه الطلاب للنجاح في عالم الأعمال سريع التغير" (2015) [9]، فإن 90% من جميع البيانات في العالم تم إنشاؤها في العامين الماضيين (اعتبارًا من عام 2015). ومع ذلك، فإن معظم الشركات لا تستفيد من هذه البيانات بشكل كامل لأنها إما تظل في أنظمة منعزلة أو يتم أرشفتها ببساطة دون تحليل حقيقي.

تسارعت الزيادة في حجم البيانات في السنوات الأخيرة، حيث تضاعفت من 15 زيتابايت في عام 2015 إلى 181 زيتابايت في عام 2025 [10]. كل يوم تمتلئ خوادم شركات الإنشاءات والتصميم بوثائق المشاريع وجداول العمل والحسابات والحسابات والتقارير المالية. تُستخدم تنسيقات DWG و DXF و DGN للنماذج ثنائية الأبعاد / ثلاثية الأبعاد - الرسومات DWG و DXF و DGN ، وتستخدم للنماذج ثلاثية الأبعاد - RVT و NWC و PLN و IFC™. يتم حفظ المستندات النصية والجداول والعروض التقديمية بصيغة DOC و XLSX و PPT. بالإضافة إلى الفيديو والصور من موقع البناء - بصيغة MPG و JPEG، والبيانات في الوقت الحقيقي من مكونات إنترنت الأشياء، وعلامات RFID® (تحديد وتتبع) وأنظمة إدارة المباني (المراقبة والتحكم)

الشكل5-1-1.1 نمو البيانات المكافئة 2010-2025 (استنادًا إلى [10]).

مع النمو السريع للمعلومات، تواجه صناعة البناء والتشييد الحاجة ليس فقط إلى جمع البيانات وتخزينها، ولكن أيضًا لضمان التحقق من صحتها وقابليتها للقياس والمعالجة التحليلية. واليوم، تمر الصناعة بمرحلة نشطة من رقمنة المعلومات - التحويل المنهجي لجميع جوانب نشاط البناء إلى شكل رقمي مناسب للتحليل والتفسير والأتمتة.

> إن رقمنة المعلومات تعني أخذ المعلومات حول جميع كيانات وعناصر مشروع البناء وعملية البناء نفسها - بما في ذلك تلك التي لم نكن نعتبرها معلومات على الإطلاق في السابق - وتحويلها إلى صيغة بيانات لجعل المعلومات قابلة للقياس الكمي وسهلة التحليل.

في سياق البناء، يعني ذلك التقاط ورقمنة المعلومات عن جميع عناصر المشاريع وجميع العمليات - من حركة الآلات والأشخاص في موقع البناء إلى الظروف الجوية والمناخية في موقع البناء، وأسعار المواد الحالية وأسعار الفائدة في البنك المركزي - من أجل إنشاء نماذج تحليلية.

> **إذا كنت تستطيع قياس ما تتحدث عنه والتعبير عنه بالأرقام، فأنت تعرف شيئًا عن الموضوع. ولكن إذا كنت لا تستطيع التعبير عنه كمياً، فإن معرفتك محدودة للغاية وغير مرضية. قد تكون نقطة بداية، لكنها ليست مستوى المعرفة العلمية الحقيقية. [11].**
>
> **- و. طومسون (اللورد كلفن)، 1824-1907، عالم بريطاني**

تتجاوز رقمنة المعلومات النهج التقليدي لجمع المعلومات، حيث يتم تسجيل المقاييس الأساسية فقط مثل ساعات العمل أو التكاليف المادية الفعلية. واليوم، يمكن تحويل أي حدث تقريبًا إلى دفق من البيانات المناسبة للتحليل المتعمق باستخدام أدوات التحليلات المتقدمة وتقنيات التعلم الآلي. وقد شهدت صناعة الإنشاءات تحولاً جوهريًا من الرسومات الورقية وجداول بيانات Excel والتعليمات الشفهية إلى أنظمة رقمية (الشكل4-2-1) حيث يصبح كل عنصر من عناصر المشروع مصدرًا للبيانات. حتى الموظفين - من المهندسين إلى عمال البناء في الموقع - يُنظر إليهم الآن على أنهم مجموعة من المتغيرات الرقمية ومجموعات البيانات.

> ووفقًا لتقرير KPMG "التحديات المألوفة - مقاربات جديدة: مسح البناء العالمي 2023"، فإن التوائم الرقمية والذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة ، تبرز كمحركات رئيسية لتحسين ربحية المشاريع [2].

ولا يقتصر دور التقنيات الحديثة على تبسيط عملية جمع المعلومات وجعلها تلقائية إلى حد كبير فحسب، بل إنها تقلل بشكل جذري من تكلفة تخزين البيانات. ونتيجة لذلك، تبتعد الشركات عن النهج الانتقائي وتفضل تخزين مجموعة كاملة من المعلومات لتحليلها في وقت لاحق (الشكل5-2.1)، مما يفتح فرصاً محتملة لتحسين العمليات في المستقبل.

> تتيح رقمنة المعلومات والتحويل الرقمي إمكانية الكشف عن القيمة الخفية وغير المستغلة للمعلومات. إذا تم تنظيم البيانات بشكل صحيح، يمكن إعادة استخدام البيانات وإعادة تفسيرها ودمجها في خدمات وحلول جديدة.

في المستقبل، من المرجح أن تؤدي رقمنة المعلومات في المستقبل إلى أتمتة كاملة لإدارة الوثائق، وإدخال عمليات البناء المدارة ذاتياً، وظهور مهن جديدة - محللي بيانات البناء، وخبراء إدارة مشاريع الذكاء الاصطناعي والمهندسين الرقميين. ستصبح مشاريع الإنشاءات مصادر ديناميكية للمعلومات، ولن تعتمد عملية اتخاذ القرار على الحدس أو الخبرة الذاتية، بل على حقائق رقمية موثوقة وقابلة للتكرار

> **المعلومات هي زيت القرن الحادي والعشرين، والتحليلات هي محرك الاحتراق الداخلي [12].**
>
> **- بيتر سونديرجارد، النائب الأول لرئيس شركة جارتنر®**

> وفقًا لتقرير [13] IoT Analytics 2024، من المتوقع أن ينمو الإنفاق العالمي على إدارة البيانات وتحليلاتها بشكل كبير من 185.5 مليار دولار في عام 2023 إلى 513.3 مليار دولار بحلول عام 2030، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 16%. ومع ذلك، لا تنمو جميع المكونات بنفس المعدل: فالتحليلات تنمو بسرعة، بينما يتباطأ نمو التخزين. ستوفر التحليلات أسرع نمو في النظام البيئي لإدارة البيانات: من المتوقع أن تنمو من 60.6 مليار دولار في عام 2023 إلى 227.9 مليار دولار بحلول عام 2030، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 27%.

مع تسارع وتيرة رقمنة المعلومات والنمو السريع لأحجام المعلومات، تواجه إدارة مشاريع الإنشاءات والشركات الحاجة إلى تخزين وتحليل ومعالجة البيانات المتنوعة وغير المتجانسة في كثير من الأحيان بشكل منهجي. واستجابةً لهذا التحدي، بدأت الصناعة منذ منتصف التسعينيات فصاعداً في التحول الهائل إلى إنشاء الوثائق وتخزينها وإدارتها إلكترونياً - من جداول البيانات وحسابات التصميم إلى الرسومات والعقود.

يتم تدريجياً استبدال المستندات الورقية التقليدية، التي تتطلب توقيعات وتخزيناً مادياً ومراجعة منتظمة وأرشفة في خزانات، بأنظمة رقمية تخزن البيانات بطريقة منظمة - في قواعد بيانات التطبيقات المتخصصة.

الفصل 1.2.

التقنيات وأنظمة الإدارة في الإنشاءات الحديثة

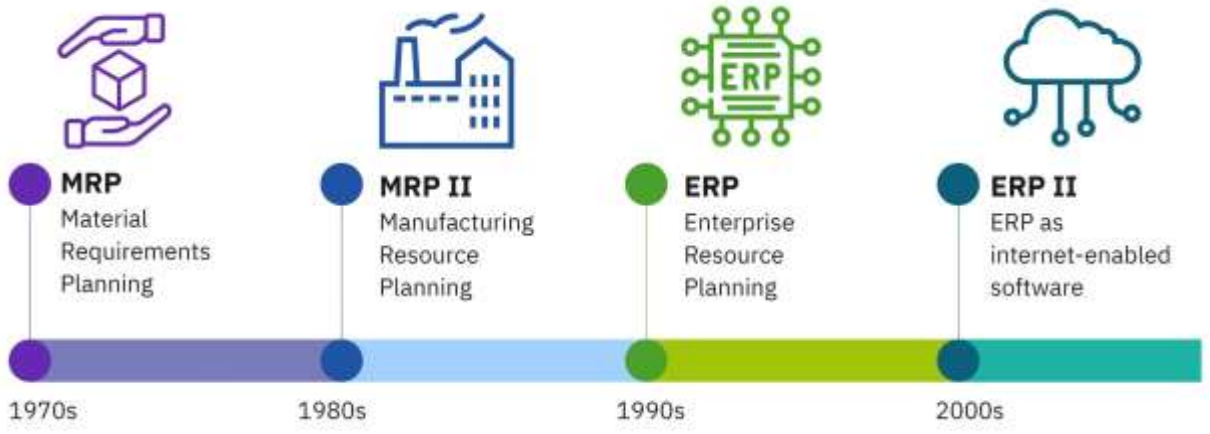
الثورة الرقمية وظهور نظم تخطيط الموارد والإدارة والتخطيط المتكامل للموارد المؤسسية

بدأ عصر تخزين البيانات الرقمية الحديثة ومعالجتها مع ظهور الشريط المغناطيسي في الخمسينيات من القرن الماضي، والذي أتاح إمكانية تخزين واستخدام كميات كبيرة من المعلومات. وكانت الطفرة التالية هي ظهور محركات الأقراص التي أحدثت تغييراً جذرياً في نهج إدارة البيانات في صناعة الإنشاءات.

مع تطور تخزين البيانات ، دخل عدد كبير من الشركات إلى سوق الحلول وبدأت في تطوير برمجيات معيارية لإنشاء وتخزين ومعالجة البيانات وأتمتة المهام الروتينية

> وقد أدى النمو الهائل للمعلومات والأدوات إلى الحاجة إلى حلول متكاملة ومعيارية لا تعمل مع الملفات الفردية، بل تساعد في إدارة تدفق البيانات والتحكم في تدفقها عبر العمليات والمشاريع.

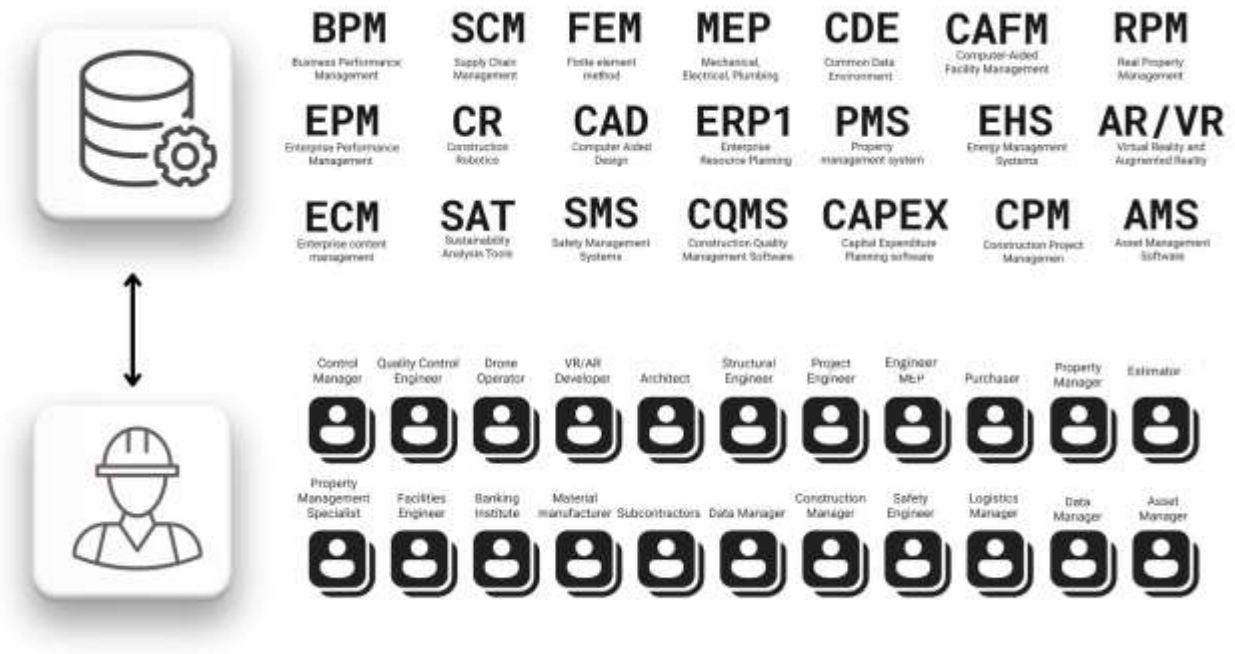
كان على أدوات المنصة الشاملة الأولى ألا تقتصر على تخزين المستندات فحسب، بل كان عليها أيضًا توثيق جميع طلبات التغيير والعمليات في العمليات: من الذي بدأها، وما هو نطاق الطلب، وما تم تسجيله في النهاية كقيمة أو سمة. ولهذه الأغراض، كانت هناك حاجة إلى نظام يمكنه تتبع الحسابات الدقيقة والقرارات المتخذة (الشكل-1.2 1). وكانت هذه المنصات هي أول أنظمة MRP (تخطيط متطلبات المواد) و ERP (تخطيط موارد المؤسسات) التي أصبحت شائعة منذ أوائل التسعينيات [14]



الشكل1-2.1 أدى التقدم في تكنولوجيا تخزين البيانات إلى ظهور نظم تخطيط موارد المؤسسات في الثمانينات.

أرسى نظاما MRP - ونظام تخطيط موارد المؤسسات - الأولان الأساس لعصر الرقمنة في إدارة عمليات الأعمال ومشاريع البناء. تم دمج الأنظمة المعيارية، المصممة في الأصل لأتمتة العمليات التجارية الرئيسية، في نهاية المطاف مع حلول برمجيات إضافية أكثر مرونة وتكيّفاً.

وقد صُممت هذه الحلول الإضافية لمعالجة البيانات وإدارة محتوى المشروع (الشكل1-2-2-1)، وهي إما أنها حلت محل وحدات معينة من الأنظمة الكبيرة ، أو أنها تكملها بشكل فعال، وتوسع وظائف النظام بأكمله.



الشكل2-2-1.2 وقد اجتذبت الحلول البرمجية الجديدة جيشًا من المديرين إلى العمل لإدارة تدفقات البيانات.

على مدى العقود الماضية، استثمرت الشركات بكثافة في الأنظمة المعيارية [15]، معتبرةً إياها حلولاً متكاملة طويلة الأجل.

> ووفقًا لتقرير مسار البرمجيات لعام 2022 [16]، يبلغ متوسط الميزانية لكل مستخدم لنظام تخطيط موارد المؤسسات - نظام 9000 دولار. في المتوسط، يستخدم حوالي 26% من موظفي الشركة مثل هذه الأنظمة. وبالتالي، بالنسبة لمؤسسة تضم 100 مستخدم، تصل التكلفة الإجمالية لتنفيذ تخطيط موارد المؤسسات إلى حوالي 900,000 دولار.

وقد أصبحت الاستثمارات في الحلول النمطية المغلقة والمغلقة المسجلة الملكية أقل تبريراً على خلفية التطور السريع للتكنولوجيات الحديثة والمرنة والمفتوحة. وإذا كانت مثل هذه الاستثمارات قد تمت بالفعل، فمن المهم إعادة تقييم دور النظم القائمة بموضوعية: ما إذا كانت لا تزال ضرورية على المدى الطويل، أو ما إذا كان من الممكن مراجعة وظائفها وتنفيذها بشكل أكثر كفاءة وشفافية.

تتمثل إحدى المشاكل الرئيسية في منصات البيانات المعيارية الحالية في أنها تجعل إدارة البيانات مركزية داخل تطبيقات مغلقة. ونتيجة لذلك، تصبح البيانات - وهي الأصول الأساسية للشركة - معتمدة على حلول برمجية محددة، وليس العكس. وهذا يحد من إعادة استخدام المعلومات، ويعقّد عملية الترحيل ويقلل من سرعة الأعمال في مشهد رقمي سريع التغير.

إذا كان من المحتمل أن تتضاءل أهمية أو أهمية البنية المعيارية المغلقة في المستقبل، فمن المنطقي الاعتراف بالتكاليف المتكبدة اليوم كتكاليف غارقة والتركيز على التحول الاستراتيجي إلى نظام بيئي رقمي أكثر انفتاحًا وقابلية للتطوير والتكيف.

> تتسم البرمجيات الاحتكارية بالسيطرة الحصرية للمطور على الشيفرة المصدرية وبيانات المستخدم التي يتم إنشاؤها كجزء من استخدام هذه الحلول. وخلافاً للبرمجيات مفتوحة المصدر، لا يمكن للمستخدمين الوصول إلى البنية الداخلية للتطبيق ولا يمكنهم مراجعته أو تعديله أو تكييفه بشكل مستقل وفقاً لاحتياجاتهم. وبدلاً من ذلك، يُطلب منهم شراء تراخيص تمنحهم الحق في استخدام البرمجيات ضمن الحدود التي يضعها البائع.

يقدم النهج الحديث الذي يركز على البيانات نموذجًا مختلفًا: يجب أن يُنظر إلى البيانات على أنها أصل استراتيجي رئيسي - مستقل ودائم ومنفصل عن حلول برمجية محددة. وتصبح التطبيقات بدورها مجرد أدوات بيانات يمكن استبدالها بحرية دون المخاطرة بفقدان المعلومات الهامة.

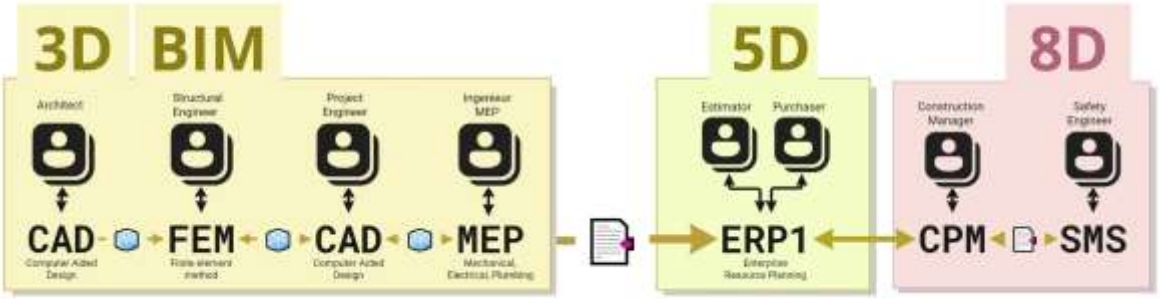
وقد أدى تطوير نظم تخطيط موارد المؤسسات ونظم تخطيط الموارد المؤسسية في التسعينيات (الشكل1-1-2) إلى تزويد الشركات بأدوات قوية لإدارة العمليات، ولكن كان لها أيضاً نتيجة غير مقصودة تمثلت في زيادة عدد الأشخاص المشاركين في الحفاظ على تدفق المعلومات زيادة كبيرة. فبدلاً من أتمتة المهام التشغيلية وتبسيطها، غالبًا ما أوجدت هذه النظم مستويات جديدة من التعقيد والبيروقراطية والاعتماد على الموارد الداخلية لتكنولوجيا المعلومات.

أنظمة إدارة البيانات: من التنقيب عن البيانات إلى تحديات الأعمال

تواجه الشركات اليوم الحاجة إلى دمج أنظمة إدارة البيانات المتعددة. وقد أصبح اختيار أنظمة إدارة البيانات وإدارة هذه الأنظمة بحكمة ودمج مصادر البيانات المتباينة أمراً بالغ الأهمية لأداء الأعمال.

في منتصف عام 2020، يمكنك أن تجد المئات (والآلاف في شركات الإنشاءات الكبيرة) من الأنظمة المختلفة (الشكل 3-1.2) التي يجب أن تعمل في تناغم لجعل جميع جوانب عملية البناء تسير بسلاسة وتماسك.

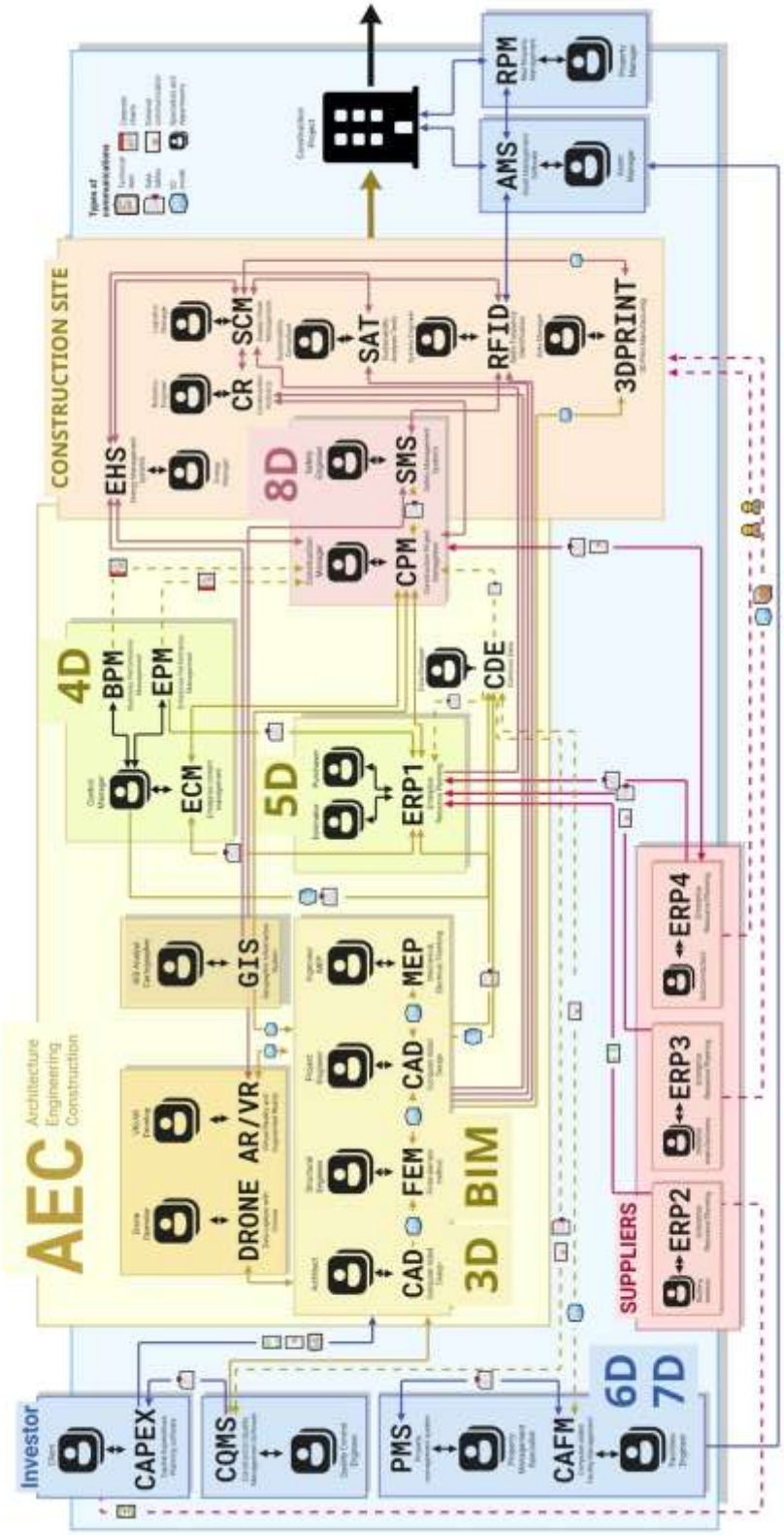
> وفقًا لدراسة شركة ديلويت لعام 2016® "الإدارة القائمة على البيانات في المشاريع الرأسمالية الرقمية" - يستخدم مهني البناء العادي 3.3 تطبيق برمجي يوميًا، ولكن 1.7 منها فقط مدمجة مع بعضها البعض [17].



الشكل3-1.2 يتطلب كل نظام عمل فريق عمل محترف ومدير مسؤول عن إدارة البيانات عالية الجودة.

فيما يلي قائمة بالأنظمة الشائعة للشركات المتوسطة والكبيرة في صناعة الإنشاءات التي تُستخدم في إدارة مشاريع الإنشاءات بفعالية:

- **ERP (تخطيط موارد المؤسسات)** - يوفر تكامل العمليات التجارية بما في ذلك المحاسبة والمشتريات وإدارة المشاريع.
- **CAPEX (برنامج تخطيط النفقات الرأسمالية)** - يُستخدم لوضع الميزانية وإدارة الاستثمارات المالية في مشاريع البناء، ويساعد على تحديد تكلفة الأصول الثابتة والاستثمارات في الأصول طويلة الأجل.
- **CAD (التصميم بمساعدة الحاسوب)** و **BIM (نمذجة معلومات البناء)** - تُستخدم لإنشاء رسومات فنية مفصلة ودقيقة ونماذج ثلاثية الأبعاد للمشاريع. ينصب تركيز هذه الأنظمة على العمل مع المعلومات الهندسية.
- **MEP (الميكانيكية والكهربائية والسباكة)** - الأنظمة الهندسية التي تشمل المكونات الميكانيكية والكهربائية والسباكة، وتفاصيل النظام الداخلي "الدائري" للمشروع.
- **نظم المعلومات الجغرافية (GIS)** - تُستخدم لتحليل التضاريس والتخطيط، بما في ذلك رسم الخرائط والتحليل المكاني.
- **CQMS (برنامج إدارة جودة البناء)** - يضمن امتثال عمليات البناء للمعايير واللوائح المعمول بها، مما يساعد على التخلص من العيوب.
- **CPM (إدارة مشاريع الإنشاءات)** - تشمل تخطيط وتنسيق ومراقبة عمليات الإنشاءات.
- **إدارة المرافق بمساعدة الحاسب الآلي (إدارة المرافق بمساعدة الحاسب الآلي)** - أنظمة إدارة وصيانة المباني.
- مطلوب **إدارة سلسلة التوريد (SCM)** لتحسين تدفق المواد والمعلومات بين الموردين وموقع البناء.
- **إدارة الأداء المؤسسي (إدارة الأداء المؤسسي)** - تهدف إلى تحسين عمليات الأعمال والأداء.
- **AMS (برنامج إدارة الأصول)** - يُستخدم لتحسين استخدام المعدات والبنية التحتية وإدارتها وصيانتها طوال دورة حياة الأصول.
- **RPM (إدارة الممتلكات العقارية)** - تشمل المهام والعمليات المتعلقة بإدارة وتشغيل المباني والأراضي، بالإضافة إلى الموارد والأصول المرتبطة بها.



الشكل4-2-2-1 الترابط بين الأنظمة التي تربط بين عمليات الشركة وتدفق المعلومات بين الأقسام المختلفة.

- **CAE (الهندسة بمساعدة الحاسب الآلي)** - الهندسة بمساعدة الحاسب الآلي، وتشمل أنظمة الحوسبة والمحاكاة مثل تحليل العناصر المحدودة (FEA) وديناميكيات السوائل الحسابية (CFD).
- **CFD (**ديناميكيات **الموائع** الحسابية**)** - ديناميكيات الموائع الحسابية، ونمذجة تدفقات السوائل والغازات. الفئة الفرعية CAE.
- **CAPP (تخطيط العمليات بمساعدة الحاسوب)** - تخطيط العمليات بمساعدة الحاسوب. يُستخدم لإنشاء خرائط المسارات والعمليات.
- **CAM (التصنيع بمساعدة الحاسب الآلي)** - التصنيع بمساعدة الحاسب الآلي، وتوليد برامج التحكم لماكينات التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي.
- **PDM (إدارة بيانات المنتج)** - إدارة بيانات المنتج، وهو نظام لتخزين وإدارة الوثائق الفنية.
- **نظام تنفيذ التصنيع (MES)** هو نظام تحكم في عمليات التصنيع في الوقت الفعلي.
- **إدارة دورة حياة المنتج (إدارة دورة حياة المنتج)** - إدارة دورة حياة عنصر المشروع، تدمج نظام إدارة دورة حياة المنتج وPAPP وCAM وغيرها من الأنظمة للتحكم الكامل في المنتج من التطوير إلى التخلص منه.

وقد أصبحت هذه الأنظمة والعديد من الأنظمة الأخرى، التي تضم مجموعة متنوعة من الحلول البرمجية، جزءًا لا يتجزأ من صناعة البناء الحديثة (الشكل4-2-1). وهذه الأنظمة في جوهرها عبارة عن قواعد بيانات متخصصة ذات واجهات بديهية توفر مدخلات ومعالجة وتحليل المعلومات بكفاءة في جميع مراحل التصميم والبناء. إن تكامل الأدوات الرقمية مع بعضها البعض لا يساعد فقط على تحسين إجراءات العمل فحسب، بل يحسن بشكل كبير من دقة القرارات، مما يؤثر إيجابًا على توقيت وجودة تنفيذ المشروع.

ولكن لا يوجد تكامل في نصف الحالات. فوفقاً للإحصاءات، لا يوجد سوى تطبيق أو نظام واحد من كل ثاني تطبيق أو نظام مدمج مع حلول أخرى [17]. يشير هذا إلى استمرار تجزئة البيئة الرقمية ويؤكد على الحاجة إلى تطوير معايير مفتوحة وواجهات موحدة لضمان تبادل المعلومات من طرف إلى طرف داخل مشروع البناء.

لا يزال أحد التحديات الرئيسية في التكامل بالنسبة للشركات الحديثة هو التعقيد الكبير للنظم الرقمية ومتطلبات

كفاءة المستخدم اللازمة لاسترجاع المعلومات وتفسيرها بشكل فعال. ويتم تشكيل فريق من المتخصصين، يرأسه مدير رئيسي (الشكل1-2-2-1) لدعم كل نظام يتم تنفيذه في الشركة.

> يلعب مدير النظام الرئيسي دورًا حاسمًا في الاتجاه الصحيح لتدفق البيانات وهو مسؤول عن جودة المعلومات النهائية، تمامًا كما كان المديرون الأوائل منذ آلاف السنين مسؤولين عن الأرقام المكتوبة على ورق البردي أو الألواح الطينية.

لتحويل تدفقات المعلومات المتباينة إلى أداة إدارية، فإن القدرة على دمج البيانات وإدارتها بشكل منهجي أمر ضروري. وفي هذه البنية، يجب أن يعمل المديرون كعناصر في شبكة واحدة - مثل الفطريات التي تربط الأجزاء الفردية للشركة في كائن حي متماسك قادر على التكيف والتطور.

الفطريات المؤسسية: كيفية ارتباط البيانات بالعمليات التجارية

وتستند عملية دمج البيانات في التطبيقات وقواعد البيانات إلى تجميع المعلومات من مجموعة متنوعة من المصادر، بما في ذلك مختلف الإدارات والمتخصصين (الشكل4-2-1). يبحث المتخصصون عن البيانات ذات الصلة ويعالجونها وينقلونها إلى أنظمتهم وتطبيقاتهم لاستخدامها مرة أخرى.

إن كل نظام في الشركة، الذي يتألف من مجموعة من الأدوات والتقنيات وقواعد البيانات، هو عبارة عن شجرة معرفية متجذرة في تربة البيانات التاريخية وتنمو لتؤتي ثمارًا جديدة في شكل حلول جاهزة: وثائق وحسابات وجداول ورسوم بيانية ولوحات معلومات (الشكل5-1.2). تتفاعل الأنظمة في الشركة، مثلها مثل الأشجار في رقعة معينة من الغابة، وتتواصل مع بعضها البعض، لتشكل نظامًا معقدًا ومنظمًا بشكل جيد يدعمه ويديره مديرون خبراء.

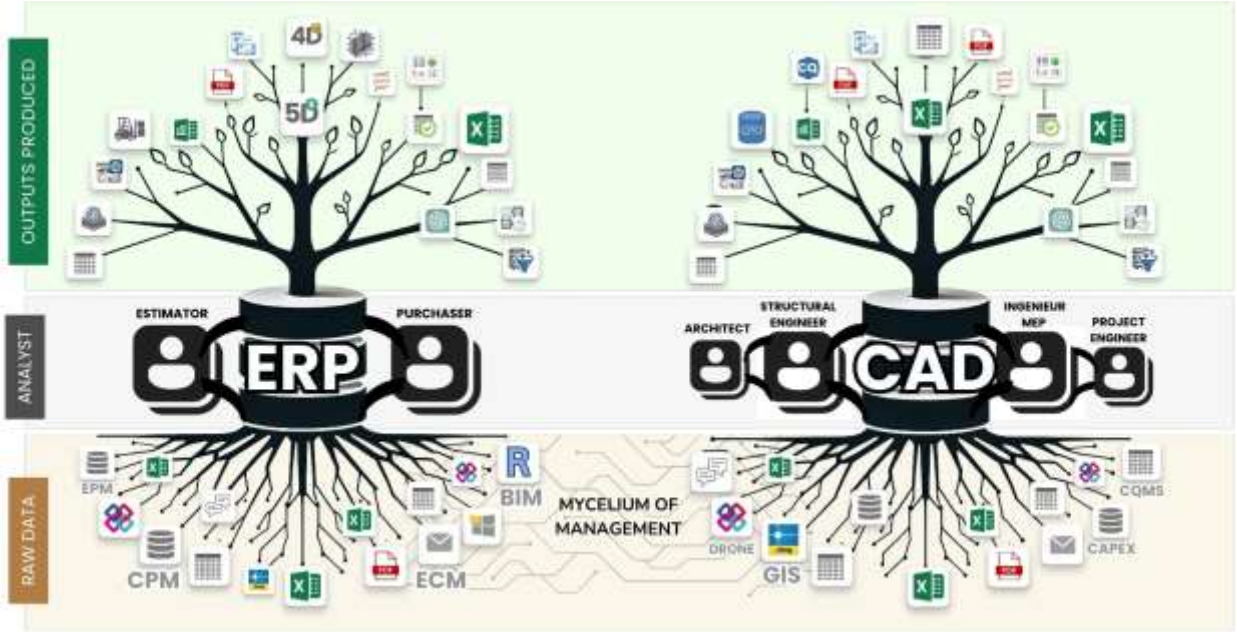
يعمل نظام استرجاع المعلومات ونقلها في الشركة مثل شبكة غابة معقدة تتكون من أشجار (أنظمة) وفطر الفطريات (المديرين) التي تعمل كموصلات وأجهزة إعادة تدوير، مما يضمن نقل المعلومات وتدفقها إلى الأنظمة الصحيحة. وهذا يساعد في الحفاظ على تدفق وتوزيع البيانات بشكل سليم وفعال داخل الشركة.

يمتص الخبراء، مثل الجذور، البيانات الخام في المراحل الأولى من المشروع، ويحولونها إلى مغذيات للنظام البيئي المؤسسي. تعمل أنظمة إدارة البيانات والمحتوى (الشكل4-1.2 - تخطيط موارد المؤسسات ، إدارة المحتوى ، نمذجة معلومات الأعمال ، إلخ) كطرق معلومات قوية تنتقل من خلالها هذه المعرفة عبر جميع مستويات الشركة.

تمامًا كما هو الحال في الطبيعة، حيث يلعب كل عنصر من عناصر النظام البيئي دوره، في مشهد أعمال الشركة، يساهم كل مشارك في العملية - من المهندس إلى المحلل - في نمو وخصوبة بيئة المعلومات. إن "أشجار البيانات" النظامية هذه (الشكل5-1.2) ليست مجرد آليات لجمع المعلومات، بل هي ميزة تنافسية تضمن استدامة الشركة.

تُعد النظم البيئية للغابات انعكاسًا دقيقًا بشكل مدهش لكيفية تنظيم هياكل الشركات الرقمية. فمثل الهيكل المتدرج للغابة - من الشجيرات إلى قمم الأشجار - تقوم حوكمة الشركات بتوزيع المهام على مستويات المسؤولية والإدارات الوظيفية.

توفر جذور الشجرة العميقة والمتفرعة المرونة والوصول إلى المغذيات. وبالمثل، فإن الهيكل التنظيمي المتين والعمليات المستقرة للعمل مع البيانات عالية الجودة تدعم النظام البيئي للمعلومات في الشركة بأكمله، مما يساهم في نموها وتطورها المستدام حتى خلال فترات عدم استقرار السوق (عالية الرياح) والأزمات.



الشكل5 - 1.2 - 1.2 دمج البيانات من خلال أنظمة مختلفة مثل الفطريات التي تربط المديرين والمتخصصين في شبكة معلومات واحدة.

لقد تطور الفهم الحديث للحجم في مجال الأعمال التجارية. فاليوم، لا تتحدد قيمة الشركة اليوم ليس فقط من خلال الجزء المرئي منها - "التيجان" في شكل وثائق وتقارير نهائية - ولكن أيضًا من خلال عمق "نظام الجذر" للبيانات المجمعة نوعيًا والمعالجة بشكل منهجي. فكلما زاد عدد المعلومات التي يمكن جمعها ومعالجتها، زادت قيمة الأعمال. تكتسب الشركات التي تجمع بشكل منهجي "سمادًا" من البيانات التي تمت معالجتها بالفعل وتكون قادرة على استخلاص رؤى مفيدة منها ميزة استراتيجية

> أصبحت المعلومات التاريخية نوعًا جديدًا من رأس المال، مما يتيح النمو وتحسين العمليات والميزة التنافسية. في عالم يعتمد على البيانات، لا يتعلق الأمر بمن لديه المزيد، ولكن من يعرف أكثر هو الذي يفوز.

بالنسبة لصناعة البناء والتشييد، يعني ذلك الانتقال إلى إدارة المشاريع في الوقت الفعلي، حيث ستعتمد جميع العمليات - من التصميم والمشتريات إلى تنسيق المقاول - على البيانات ذات الصلة والمحدثة يوميًا. سيتيح تكامل

المعلومات من مصادر مختلفة (أنظمة تخطيط موارد المؤسسات ، ونماذج التصميم بمساعدة الحاسوب ، وأجهزة الاستشعار إنترنت الأشياء في مواقع البناء، و RFID) إمكانية وضع توقعات أكثر دقة، والاستجابة بسرعة للتغييرات وتجنب التأخير الناجم عن عدم وجود بيانات محدثة.

> ووفقًا لتقرير ماكنزي آند كومباني "المؤسسة القائمة على البيانات 2025" (ماكنزي آند كومباني® ، 2022 [18])، ستعتمد الشركات الناجحة في المستقبل على البيانات في جميع الجوانب الرئيسية لعملياتها، بدءًا من القرارات الاستراتيجية وحتى التفاعلات التشغيلية.

ستتوقف البيانات عن كونها مجرد أداة تحليلية وستصبح جزءًا لا يتجزأ من جميع العمليات التجارية، مما يوفر الشفافية والتحكم وأتمتة الإدارة. ستسمح هذه الخطوة التي تعتمد على البيانات في إطار للمؤسسات بتقليل تأثير العامل البشري، وتقليل المخاطر التشغيلية وزيادة الشفافية والكفاءة في اتخاذ القرارات.

إن القرن الحادي والعشرين يقلب النموذج الاقتصادي رأسًا على عقب: فبينما كان يُطلق على النفط اسم "الذهب الأسود" لقدرته على تشغيل الآلات والنقل، أصبحت البيانات التاريخية اليوم، بعد ضغطها تحت ضغط الوقت، موردًا استراتيجيًا جديدًا، لا يشغل الآلات بل خوارزميات اتخاذ القرار التي ستقود الأعمال.

الفصل 1.3.

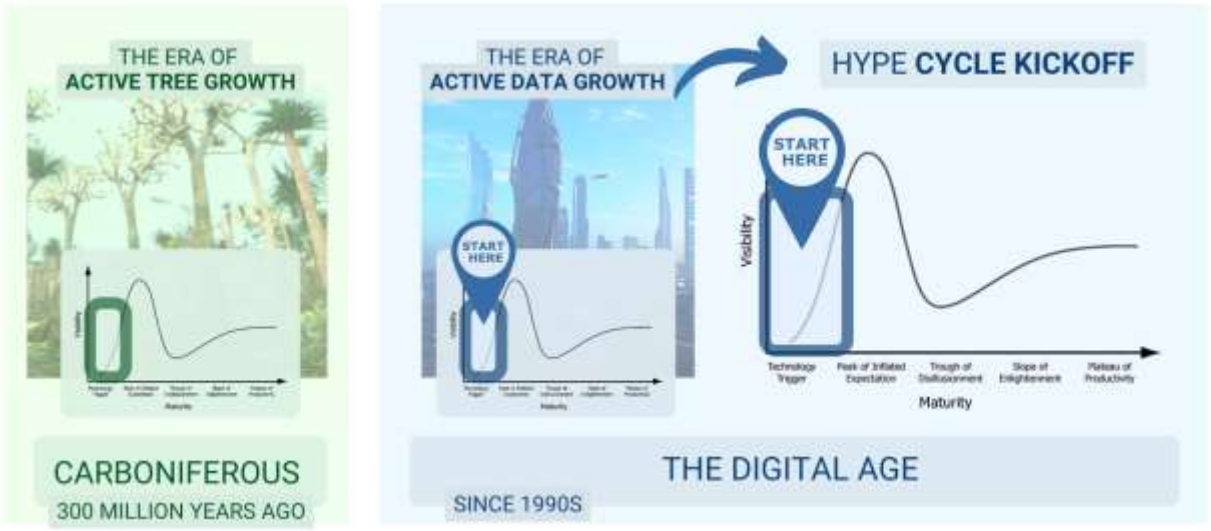
الثورة الرقمية وانفجار البيانات

بداية ازدهار البيانات كموجة تطورية

تشهد صناعة البناء والتشييد انفجاراً معلوماتياً غير مسبوق. وإذا نظرنا إلى الأعمال التجارية على أنها شجرة المعرفة (الشكل5-1.2) التي تغذيها البيانات، يمكن مقارنة المرحلة الحالية من الرقمنة بالنمو السريع للغطاء النباتي خلال العصر الكربوني، وهو العصر الذي تحول فيه المحيط الحيوي للأرض من خلال التراكم السريع للكتلة الحيوية (الشكل1-1.3).

مع الرقمنة العالمية، تتضاعف كمية المعلومات في صناعة البناء والتشييد كل عام. تسمح التكنولوجيا الحديثة بجمع البيانات في الخلفية وتحليلها في الوقت الفعلي واستخدامها على نطاق كان يبدو مستحيلاً قبل وقت قصير.

> ووفقًا لقانون مور، الذي صاغه جوردون مور (المؤسس المشارك لشركة Intel®)، تتضاعف كثافة وتعقيد الدوائر المتكاملة وكمية البيانات التي تتم معالجتها وتخزينها كل عامين تقريبًا [19].



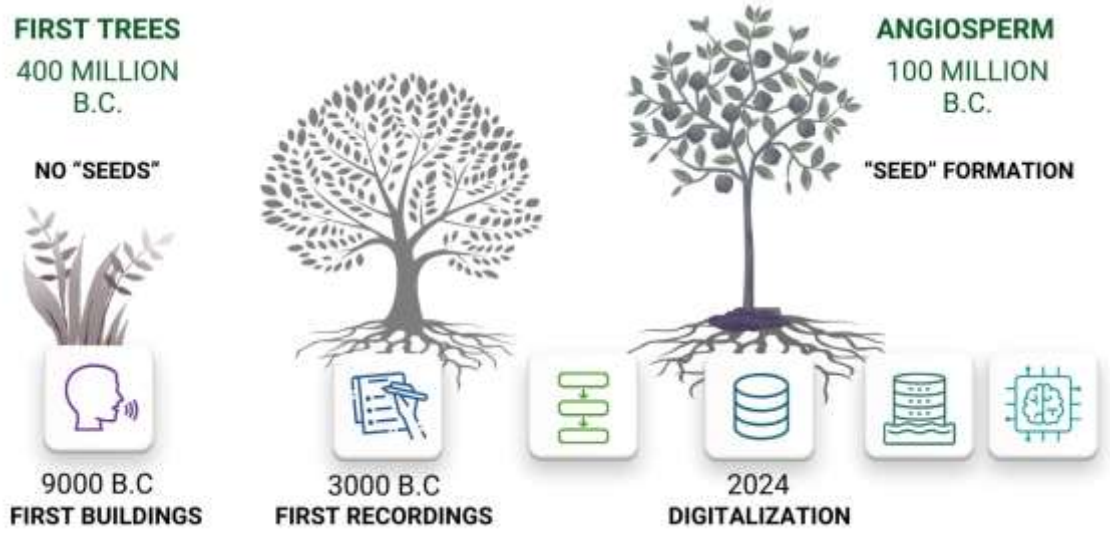
الشكل1-1.3 أدت بداية الرقمنة إلى نمو هائل في البيانات، مثل طفرة الغطاء النباتي في عصر الفحم.

وفي حين أن الهياكل المغليثية القديمة مثل غوبكلي تيبي (تركيا) لم تترك وراءها معارف موثقة صالحة لإعادة الاستخدام، فإن التقنيات الرقمية اليوم تتيح إمكانية تجميع المعلومات وإعادة استخدامها. يمكن مقارنة ذلك بالانتقال التطوري من النباتات البوغية إلى نباتات البذور (كاسيات البذور): أدى ظهور البذور إلى انتشار الحياة على نطاق واسع على كوكب الأرض. (الشكل2-1.3).

وبالمثل، تصبح البيانات المستقاة من المشاريع السابقة نوعًا من "البذور الرقمية" - حاملات المعرفة بالحمض النووي التي يمكن توسيع نطاقها واستخدامها في مشاريع جديدة ومحترفة دوس. إن ظهور أدوات الذكاء الاصطناعي الحديثة - التعلم الآلي والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) مثل ChatGPT وLlaMa وMistral وClaude وDebSeek وQWEN

وGrok - يسمح باستخراج البيانات وتفسيرها وتطبيقها تلقائيًا في سياقات جديدة

ومثلما أحدثت البذور ثورة في انتشار الحياة على كوكب لا حياة فيه في البداية، فإن "بذور البيانات" أصبحت أساسًا للظهور التلقائي لهياكل المعلومات والمعرفة الجديدة، مما يسمح للنظم الإيكولوجية الرقمية بالتطور بشكل مستقل والتكيف مع متطلبات المستخدم المتغيرة.



الشكل1-2-3.1 تلعب "بذور البيانات" الرقمية نفس الدور التطوري الذي تلعبه كاسيات البذور، وهي النباتات المزهرة التي حولت النظام البيئي للأرض.

نحن نقف على عتبة حقبة جديدة في مجال البناء، حيث يشكل انفجار البيانات والنشر النشط لـ "بذور البيانات" - المعلومات المنظمة من المشاريع السابقة والجارية - أساس المستقبل الرقمي للصناعة. يتيح لنا "تلقيحها" من خلال النماذج اللغوية للبيانات الضخمة (LLMs) ليس فقط مراقبة التغيير الرقمي، بل المشاركة الفعالة في إنشاء أنظمة بيئية ذاتية التعلم والتكيف. هذا ليس تطوراً، بل ثورة رقمية تصبح فيها البيانات اللبنة الأساسية لواقع جديد

> **تتزايد كمية البيانات في صناعة البناء والتشييد بشكل كبير بسبب المعلومات من مختلف التخصصات طوال دورة حياة مشاريع البناء. وقد دفع هذا التراكم الهائل للبيانات صناعة الإنشاءات نحو عصر البيانات الضخمة [20].**
>
> **- البروفيسور هانغ يانغ، قسم الهندسة المدنية والعمارة، جامعة ووهان للتكنولوجيا، ووهان،**

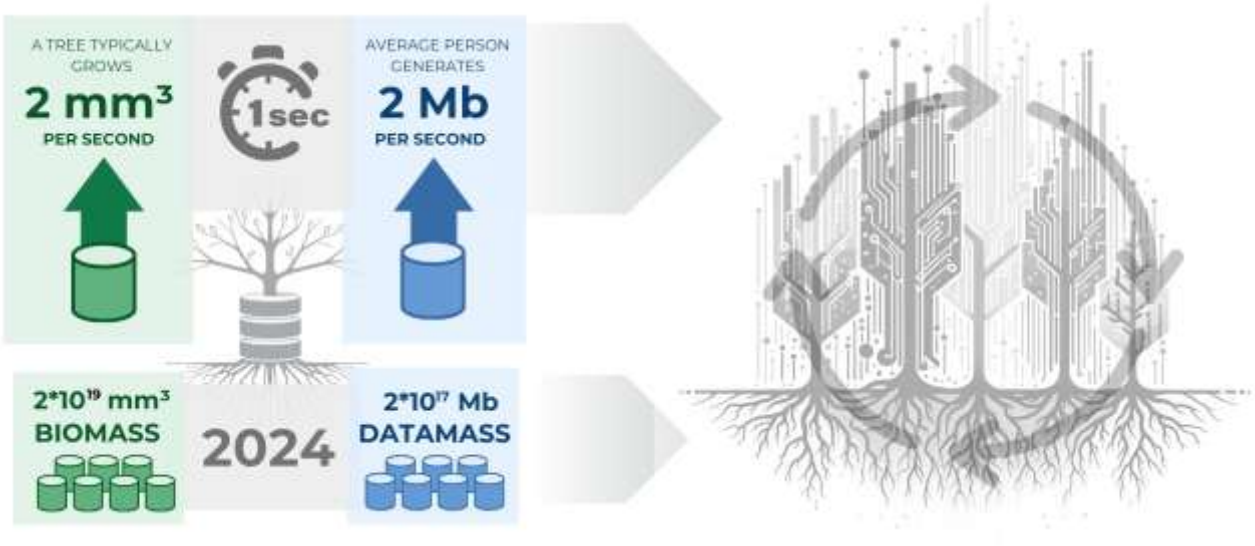
يذكّرنا نمو البيانات في عصر المعلومات بالعمليات التطورية في الطبيعة: فكما غيّر تطور الغابات المشهد القديم للكوكب، فإن الانفجار المعلوماتي الحالي يغيّر المشهد في صناعة البناء بأكملها.

كمية البيانات التي يتم إنشاؤها في شركة حديثة

في العامين الماضيين، تم إنشاء 90% من جميع البيانات الموجودة في العالم [21]. واعتبارًا من عام 2023، يولد كل شخص، بما في ذلك المتخصصون في صناعة البناء، حوالي 1.7 ميغابايت من البيانات في الثانية [22]، وسيصل إجمالي كمية البيانات في العالم إلى 64 زيتابايت في عام 2023، ومن المتوقع أن يتجاوز 180 زيتابايت، أو 180*10^15 ميغابايت، بحلول عام 2025 [23].

> هذا الانفجار المعلوماتي له سابقة تاريخية - اختراع المطبعة على يد يوهانس غوتنبرغ في القرن الخامس عشر. فبعد خمسين عامًا فقط من اختراعها، تضاعف عدد الكتب في أوروبا: في غضون عقود قليلة، طُبع من الكتب في أوروبا ما يعادل عدد الكتب التي تم إنشاؤها يدويًا في 1200 عام سابقة [24].
> واليوم، نحن نشهد نموًا أسرع من ذلك: فكمية البيانات في العالم تتضاعف كل ثلاث سنوات.

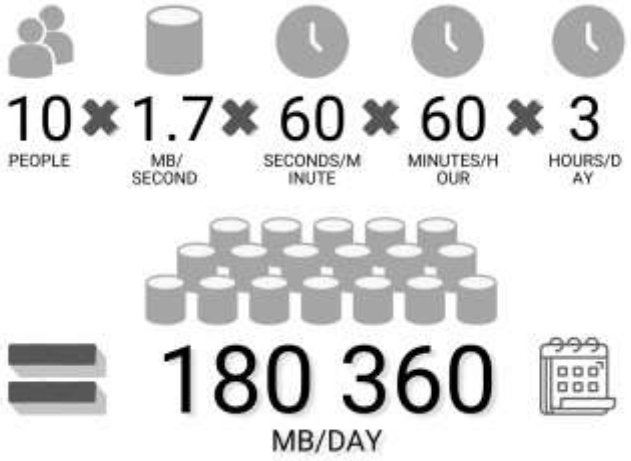
وبالنظر إلى المعدل الحالي لنمو البيانات، فإن صناعة الإنشاءات لديها القدرة على توليد معلومات خلال العقود القليلة القادمة بقدر ما تراكمت في تاريخها السابق بأكمله



الشكل3-3-1.3 يساهم التخزين اليومي للبيانات من قبل كل موظف على خوادم الشركة في النمو المستمر للبيانات.

في عالم أعمال الإنشاءات اليوم، حتى الشركات الصغيرة تولد كمية هائلة من المعلومات متعددة الأشكال على أساس يومي، ويمكن أن تصل البصمة الرقمية حتى لشركة إنشاءات صغيرة إلى عشرات الجيجابايت في اليوم الواحد - من النماذج والرسومات إلى سجلات الصور الفوتوغرافية وأجهزة الاستشعار في الموقع. وإذا افترضنا أن كل فني يولد في المتوسط حوالي 1.7 ميغابايت من البيانات في الثانية، فإن هذا يعادل حوالي 146 غيغابايت في اليوم، أو 53 تيرابايت في السنة (الشكل3-3-1.3).

عندما يعمل فريق مكون من 10 أشخاص بنشاط لمدة 3 ساعات فقط يوميًا، فإن الكمية التراكمية للمعلومات التي يتم توليدها يوميًا تصل إلى 180 جيجا بايت (الشكل4-3-1.3).



الشكل1-4-1.3 تولد شركة مكونة من 10 أشخاص ما يقرب من 50-200 غيغابايت من البيانات يوميًا.

بافتراض أن 30% من بيانات العمل جديدة (يتم الكتابة فوق الباقي أو حذفها)، يمكن لشركة مكونة من 10 أشخاص أن تنشئ عدة مئات من الجيجابايت من البيانات الجديدة شهريًا (تعتمد الأرقام الفعلية على نوع العمل الذي تقوم به الشركة)

وبالتالي، من الواضح أننا لا نكتفي بتوليد المزيد والمزيد من البيانات فحسب، بل نواجه حاجة متزايدة لإدارتها وتخزينها بكفاءة وتوافرها على المدى الطويل. وبينما كانت البيانات في السابق يمكن أن "تكمن" على الخوادم المحلية دون أي تكلفة، في سياق التحول الرقمي، بدأت المزيد والمزيد من الشركات في استخدام الحلول السحابية كأساس للبنية التحتية للمعلومات.

تكلفة تخزين البيانات: الجانب الاقتصادي

في السنوات الأخيرة، يتزايد عدد الشركات التي تستعين بمصادر خارجية لتخزين البيانات إلى الخدمات السحابية. على سبيل المثال، إذا استضافت شركة ما نصف بياناتها في السحابة، بمتوسط سعر 0.015 دولار أمريكي لكل جيجابايت شهريًا، فقد تزيد تكاليف التخزين بمقدار 10-50 دولارًا أمريكيًا [25] كل شهر.

بالنسبة لشركة صغيرة ذات أنماط نموذجية لتوليد البيانات، يمكن أن تتراوح تكاليف التخزين السحابي من مئات إلى أكثر من ألف دولار شهريًا (الشكل5-1.3) في بضع سنوات، مما قد يشكل عبئًا ماليًا كبيرًا.

> وفقًا لدراسة Forrester "الشركات تستعين بمصادر خارجية لتخزين البيانات مع تزايد التعقيد" [26]، والتي استطلعت آراء 214 من صانعي القرار في مجال البنية التحتية التكنولوجية [26]، التي استطلعت آراء 214 من صانعي القرار في مجال البنية التحتية التكنولوجية، فإن أكثر من ثلث المؤسسات تستعين بمصادر خارجية لتخزين البيانات للتعامل مع الحجم المتزايد وتعقيد عمليات البيانات، حيث يفضل ما يقرب من ثلثي المؤسسات نموذجًا قائمًا على الاشتراك.

الشكل5-1.3 يمكن أن يؤدي نقل البيانات إلى السحابة إلى زيادة تكاليف التخزين الشهرية بما يصل إلى 2000 دولار، حتى بالنسبة لشركة لا يتجاوز عدد موظفيها 10 موظفين.

ويزداد الوضع تعقيدًا بسبب الاعتماد المتسارع للتقنيات السحابية مثل CAD (BIM)، وCAD وCAM وPMIS وEM - الأنظمة التي تزيد من تكاليف تخزين البيانات ومعالجتها. ونتيجة لذلك، تضطر الشركات إلى البحث عن طرق لتحسين التكاليف وتقليل الاعتماد على مزودي الخدمات السحابية.

منذ عام 2023، ومع التطوير النشط للنماذج اللغوية الكبيرة (LLM)، بدأت أساليب تخزين البيانات في التغير. المزيد والمزيد من الشركات تفكر في استعادة السيطرة على بياناتها حيث أصبح من الآمن والأكثر ربحية معالجة المعلومات على خوادمها الخاصة.

وفي هذا السياق، يبرز الاتجاه بعيداً عن التخزين السحابي ومعالجة البيانات الضرورية فقط لصالح النشر المحلي للحلول القائمة على السحابة والذكاء الاصطناعي. كما أشار الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت في إحدى المقابلات التي أجراها [27]، فبدلاً من الاعتماد على عدة تطبيقات منفصلة أو حلول SaaS القائمة على السحابة لأداء المهام المختلفة، سيقوم وكلاء الذكاء الاصطناعي بإدارة العمليات في قواعد البيانات، وأتمتة وظائف الأنظمة المختلفة.

> **[...] كان النهج القديم لهذه المشكلة [معالجة البيانات] هو: إذا فكرت في كيفية تعامل تطبيقات الأعمال المختلفة مع التكامل، فقد استخدموا الروابط. باعت الشركات تراخيص لهذه الوصلات، وتم تشكيل نموذج الأعمال حول ذلك. يعد [ERP] SAP أحد الأمثلة الكلاسيكية: لا يمكنك الوصول إلى بيانات SAP إلا إذا كان لديك الموصل الصحيح. لذلك يبدو لي أن شيئًا مشابهًا سيظهر في حالة [الذكاء الاصطناعي] تفاعل الوكيل [...]. النهج، على الأقل الذي نتبعه نحن، هو: أعتقد أن مفهوم وجود تطبيقات الأعمال سينهار على الأرجح في عصر وكلاء [الذكاء الاصطناعي]. لأنك إذا فكرت في الأمر، فهي في الأساس قواعد بيانات مع مجموعة من منطق الأعمال**
>
> **- ساتيا ناديلا، الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت، مقابلة مع قناة [28] .BG2، 2024**

في هذا النموذج، يتجاوز نهج إدارة التعلم الآلي القائم على البيانات الأنظمة الكلاسيكية. ويصبح الذكاء الاصطناعي وسيطًا بين المستخدم والبيانات (الشكل3-2.2 ، الشكل4-2.2)، مما يلغي الحاجة إلى واجهات وسيطة متعددة ويزيد من كفاءة العمليات التجارية. سنتحدث أكثر عن هذا النهج في العمل مع البيانات في فصل "تحويل الفوضى إلى نظام وتقليل التعقيد".

بينما لا تزال بنية المستقبل في طور التشكل، تواجه الشركات بالفعل عواقب القرارات السابقة. فقد أدت عملية الرقمنة الهائلة التي شهدتها العقود الأخيرة، وما صاحبها من إدخال أنظمة متباينة وتراكم غير منضبط للبيانات، إلى مشكلة جديدة

- وهي الحمل الزائد للمعلومات.

حدود تراكم البيانات: من الكتلة إلى المعنى

تتطور أنظمة الشركات الحديثة وتعمل بنجاح في ظل نمو مُدار عندما يكون حجم البيانات وعدد التطبيقات متوازنًا مع قدرات أقسام تكنولوجيا المعلومات والمديرين. ولكن في العقود الأخيرة، أدت الرقمنة في العقود الأخيرة إلى زيادة لا يمكن السيطرة عليها في حجم البيانات وتعقيدها، مما تسبب في تأثير التشبع في النظام البيئي للمعلومات في الشركات.

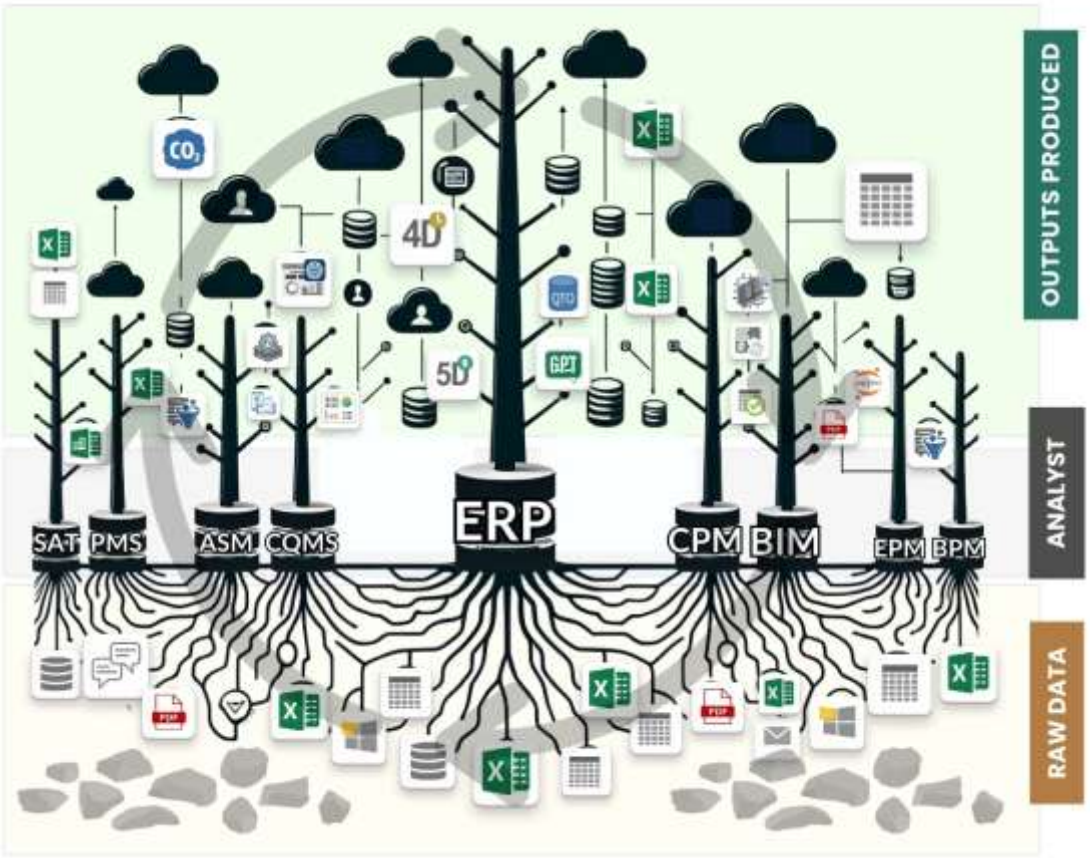
واليوم، تتعرض الخوادم ومرافق التخزين لتدفق غير مسبوق من المعلومات غير المعالجة والمتعددة التنسيقات التي لا يتسع الوقت لتحويلها إلى سماد عضوي وتصبح غير ذات صلة بسرعة. ولا تستطيع موارد الشركة المحدودة التعامل مع هذا الطوفان، وتتراكم البيانات في صوامع معزولة (ما يسمى "صوامع ") تتطلب معالجة يدوية لاستخراج المعلومات المفيدة.

> ونتيجة لذلك، مثل الغابة المتضخمة باللبلاب والمغطاة بالعفن، غالبًا ما تعاني أنظمة إدارة الشركات الحديثة من الحمل الزائد للمعلومات. فبدلاً من تغذية الدبال المعلوماتي في قلب النظام البيئي للشركة، تتشكل مناطق معزولة من البيانات ذات الأشكال المختلفة، مما يؤدي حتمًا إلى انخفاض الكفاءة الكلية لعمليات الأعمال.

إن الفترة الطويلة من النمو المتسارع للبيانات على مدى السنوات الأربعين الماضية سيتبعها حتمًا مرحلة تشبع ثم مرحلة فتور. عندما يصل التخزين إلى حدوده القصوى، سيحدث تحول نوعي: لن تعود البيانات مجرد كائن تخزين، بل مورداً استراتيجياً.

مع تطور الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، أصبح لدى الشركات الفرصة لتقليل تكاليف معالجة المعلومات والانتقال

من النمو الكمي إلى الاستخدام النوعي للبيانات. خلال العقد القادم، سيتعين على صناعة البناء والتشييد تحويل تركيزها من إنشاء المزيد والمزيد من البيانات إلى ضمان هيكلها وسلامتها وقيمتها التحليلية.



الشكل6-1.3 تمنع مصادر البيانات المعزولة تبادل المعلومات بين أنظمة البيانات.

لم تعد القيمة الرئيسية تكمن في كمية المعلومات، بل في القدرة على تفسيرها تلقائيًا وتحويلها إلى معرفة تطبيقية مفيدة لاتخاذ القرارات الإدارية. ولكي تصبح البيانات مفيدة حقًا، يجب أن تتم إدارتها بشكل صحيح: جمعها والتحقق منها وتنظيمها وتخزينها وتحليلها في سياق مهام عمل محددة.

تشبه عملية تحليلات البيانات في الشركة دورة حياة الأشجار في الغابة واضمحلالها وظهور أشجار جديدة يافعة

وقوية: تموت الأشجار الناضجة وتتحلل وتصبح أرضًا خصبة لنمو جديد. وتصبح العمليات المنتهية والمكتملة، عند اكتمالها، جزءًا من النظام البيئي للمعلومات في الشركة، وتصبح في النهاية الدبال المعلوماتي الذي يغذي النمو المستقبلي للأنظمة والبيانات الجديدة.

ولكن في الممارسة العملية، غالبًا ما تنكسر هذه الدورة. فبدلاً من التجديد العضوي، تتشكل فوضى متعددة الطبقات، مثل الطبقات الجيولوجية، حيث يتم وضع أنظمة جديدة فوق الأنظمة القديمة دون تكامل وهيكلة عميقة. ونتيجة لذلك، تظهر "صوامع" معلومات متباينة تعيق تداول المعرفة وتعقّد إدارة البيانات.

الخطوات التالية: من نظرية البيانات إلى التغيير العملي

إن تطور البيانات في مجال البناء هو رحلة من الألواح الطينية إلى المنصات المعيارية الحديثة. لا يكمن التحدي اليوم في جمع المعلومات، بل في إنشاء إطار عمل يحول البيانات المتباينة والمتنوعة إلى مورد استراتيجي. وسواء كان دورك هو دور مدير شركة أو مهندس، فإن فهم قيمة البيانات وكيفية التعامل معها سيكون مهارة أساسية في المستقبل.

لتلخيص هذا الجزء، يجدر بنا أن نسلط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق المناهج التي تمت مناقشتها في مهامك اليومية:

- إجراء تدقيق شخصي لتدفق المعلومات
  - ☐ قم بإعداد قائمة بجميع الأنظمة والتطبيقات التي تعمل بها يوميًا
  - ☐ ضع علامة على المكان الذي تقضي فيه معظم الوقت في البحث أو إعادة التحقق من البيانات
  - ☐ حدد مصادر معلوماتك الرئيسية
  - ☐ قم بتحليل مشهد التطبيقات الحالية لديك بحثاً عن التكرار والازدواجية في الوظائف
- السعي للانتقال عبر العمليات حسب مستويات النضج التحليلي

- ☐ ابدأ مهامك بالتحليلات الوصفية (ماذا حدث؟)
- ☐ تقديم تشخيص تدريجي (لماذا حدث هذا؟)
- ☐ فكّر في كيفية الانتقال في العمليات إلى التحليلات التنبؤية (ماذا سيحدث؟) والإرشادية (ماذا تفعل؟)

- ابدأ في هيكلة بيانات عملك

- ☐ تطبيق نظام موحد لتسمية الملفات والمجلدات التي تستخدمها بشكل متكرر في عملك
- ☐ إنشاء قوالب للمستندات والتقارير المستخدمة بشكل متكرر
- ☐ أرشفة المشاريع المنجزة بانتظام مع هيكلية واضحة

حتى لو لم تتمكن من تغيير البنية التحتية المعلوماتية بأكملها في فريقك أو شركتك، ابدأ بعملياتك الخاصة والتحسينات الصغيرة في عملك اليومي. تذكّر أن القيمة الحقيقية للبيانات لا تكمن في حجمها، بل في القدرة على استخلاص رؤى قابلة للتنفيذ منها. فحتى مجموعات البيانات الصغيرة ولكن المنظمة والمحللة بشكل صحيح يمكن أن يكون لها تأثير كبير عند دمجها في عمليات صنع القرار.

في الأجزاء التالية من الكتاب، سننتقل إلى طرق وأدوات محددة للعمل مع البيانات، وسننظر في طرق تحويل المعلومات غير المنظمة إلى مجموعات منظمة، ونستكشف تقنيات أتمتة التحليلات، ونفصّل كيفية بناء نظام بيئي فعال للتحليلات في شركة إنشاءات.

الجزء II

كيف تغرق أعمال الإنشاءات في فوضى البيانات

أما الجزء الثاني فهو مخصص للتحليل النقدي للتحديات التي تواجهها شركات الإنشاءات في التعامل مع الكميات المتزايدة من البيانات. ويبحث بالتفصيل عواقب تجزئة المعلومات وظاهرة "البيانات في صوامع" التي تعيق اتخاذ القرارات الفعالة. يتم التحقيق في مشاكل نهج HiPPO (رأي الشخص الأعلى أجرًا) وتأثيره على جودة القرارات الإدارية في مشاريع البناء. يتم تقييم تأثير العمليات التجارية الديناميكية وتعقيداتها المتزايدة على تدفق المعلومات والكفاءة التشغيلية. يتم إعطاء أمثلة محددة عن كيفية زيادة تعقيد النظام المفرط في زيادة التكاليف وتقليل مرونة المؤسسات. يتم إيلاء اهتمام خاص للقيود التي تفرضها التنسيقات المسجلة الملكية وآفاق استخدام المعايير المفتوحة في صناعة البناء والتشييد. ويتم عرض مفهوم الانتقال نحو نظم البرمجيات القائمة على الذكاء الاصطناعي والبرمجيات القائمة على نظام LLM ، والتي تقلل من التعقيد المفرط والحواجز التقنية.

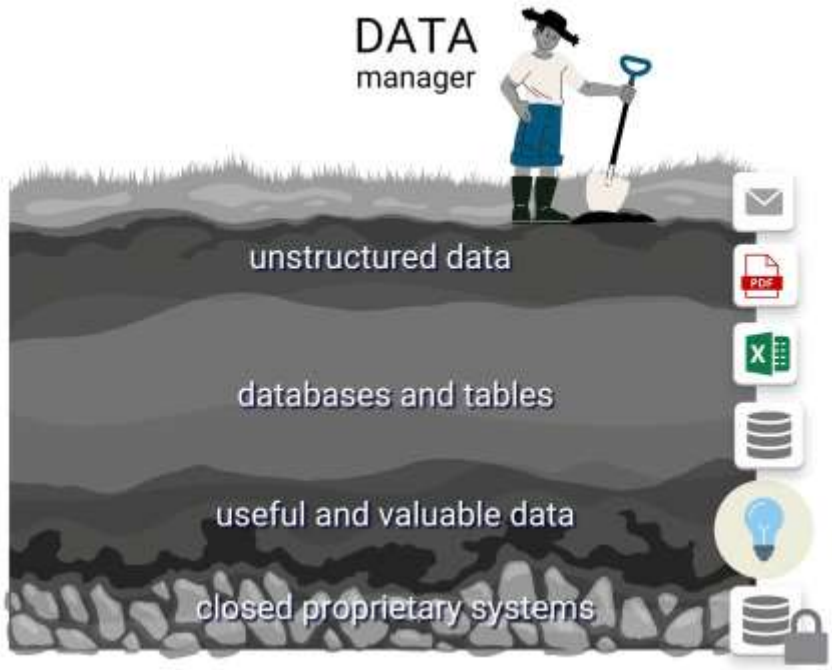
الفصل 2.1.

تجزئة البيانات وصوامع البيانات

كلما زادت الأدوات، زادت كفاءة العمل؟

للوهلة الأولى، قد يبدو للوهلة الأولى أن المزيد من الأدوات الرقمية يؤدي إلى زيادة الكفاءة. إلا أن الأمر ليس كذلك من الناحية العملية. فمع كل حل جديد، سواء أكان خدمة سحابية أو نظامًا قديمًا أو تقرير إكسل آخر، تضيف الشركة طبقة أخرى إلى مشهدها الرقمي - وهي طبقة لا تتكامل في الغالب مع بقية الحلول (الشكل1-2.1).

يمكن تشبيه البيانات بالفحم أو النفط: فهي تستغرق سنوات حتى تتراكم وتتراكم تحت طبقات من الفوضى والأخطاء والعمليات غير المنظمة والتنسيقات المنسية. ولاستخراج معلومات مفيدة حقًا منها، يجب على الشركات أن تخوض فعليًا في طبقات من الحلول القديمة والضوضاء الرقمية.



الشكل2.1-2.1 تشكل البيانات المتنوعة طبقات مجزأة - حتى الرؤى "الذهبية" تضيع في الصخور الجيولوجية ذات التعقيد المنهجي.

كل تطبيق جديد يترك وراءه أثرًا: ملف أو جدول أو "صومعة" معزولة بالكامل على الخادم. إحدى الطبقات عبارة عن طبقة طينية (بيانات قديمة ومنسية)، وأخرى رملية (جداول وتقارير متباينة)، والثالثة من الجرانيت (تنسيقات ملكية مغلقة لا يمكن دمجها). وبمرور الوقت، تشبه البيئة الرقمية للشركة بشكل متزايد خزانًا لتراكم المعلومات غير المنضبط، حيث تضيع القيمة في أعماق خوادم الشركة.

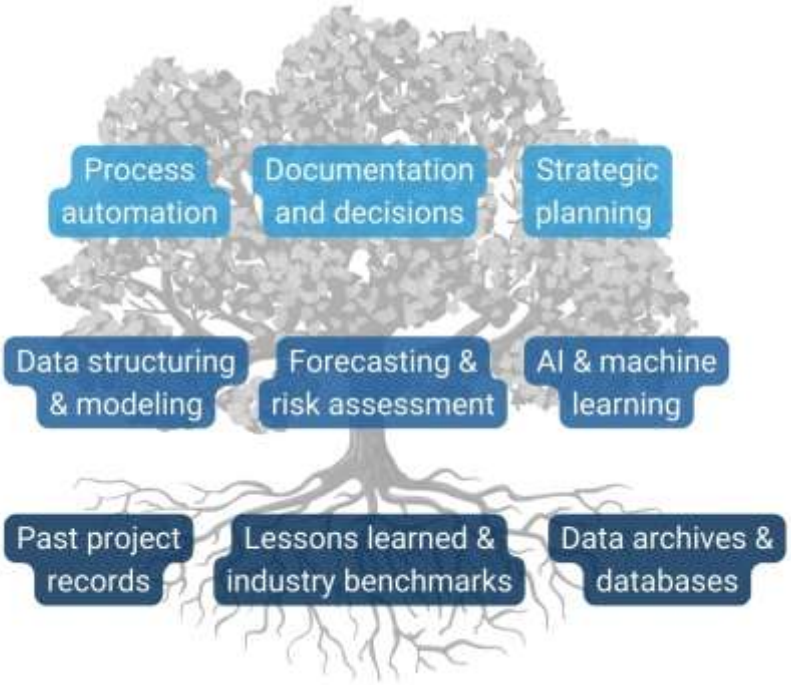
فمع كل مشروع جديد وكل نظام جديد، لا تصبح البنية التحتية أكثر تعقيدًا فحسب، بل يصبح الطريق إلى بيانات ذات جودة مفيدة أيضًا. يتطلب الوصول إلى "الصخور" القيّمة تطهيرًا عميقًا وهيكلة المعلومات و"تقطيعها" وتجميعها في أجزاء ذات معنى واستخراج الرؤى المهمة استراتيجيًا من خلال التحليلات ونمذجة البيانات.

> **البيانات شيء ثمين، وستدوم لفترة أطول من الأنظمة [التي تعالج البيانات] نفسها [29].**

> **- تيم بيرنرز لي، الأب الروحي للشبكة العنكبوتية العالمية ومبتكر أول موقع إلكتروني**

قبل أن تصبح البيانات "شيئًا قيّمًا" وأساسًا موثوقًا لاتخاذ القرارات، يجب أن تخضع لإعداد دقيق. إن المعالجة المسبقة السليمة هي التي تحول البيانات المتباينة إلى خبرة منظمة ودبال معلوماتي مفيد، والتي تصبح بعد ذلك أداة للتنبؤ والتحسين.

هناك اعتقاد خاطئ بأنك تحتاج إلى بيانات نظيفة تمامًا للبدء في التحليل، ولكن من الناحية العملية، فإن القدرة على العمل مع البيانات غير النظيفة هي جزء أساسي من العملية.



الشكل2-2.1 البيانات هي النظام الجذري والأساس للأعمال، والتي بدورها تستند إلى عمليات اتخاذ القرار.

بينما تستمر التكنولوجيا في التقدم، يجب أن تتقدم أعمالك أيضًا إلى الأمام وتتعلم كيفية خلق قيمة من البيانات. فكما تقوم شركات النفط والفحم ببناء البنية التحتية لاستخراج المعادن، كذلك يجب على الشركات أن تتعلم كيفية إدارة

تدفق المعلومات الجديدة على خوادمها الخاصة واستخراج رؤى قيمة من البيانات غير المستخدمة وغير المنسقة والقديمة، وتحويلها إلى مورد استراتيجي.

إنشاء الحقول (مستودعات البيانات) هي الخطوة الأولى. حتى أقوى الأدوات لا تحل مشكلة عزل البيانات والبيانات متعددة الأشكال إذا استمرت الشركات في العمل في أنظمة منعزلة. عندما تتواجد البيانات بشكل منفصل عن بعضها البعض، دون تقاطع وتبادل المعلومات، تواجه الشركات تأثير "صومعة البيانات". وبدلاً من وجود بنية تحتية واحدة ومتسقة، تضطر الشركات إلى إنفاق الموارد على دمج البيانات ومزامنتها.

صوامع البيانات وتأثيرها على أداء الشركة

تخيل أنك تقوم ببناء عقار سكني، ولكن كل فريق لديه مشروعه الخاص. فالبعض يقوم ببناء الجدران، والبعض الآخر يقوم بتمديد الاتصالات، والبعض الآخر يقوم بتمديد الطرق دون التحقق من بعضها البعض. ونتيجة لذلك، لا تتطابق الأنابيب مع الفتحات الموجودة في الجدران، ولا تتوافق أعمدة المصاعد مع الطوابق، ويجب تفكيك الطرق وإعادة رصفها.

هذا الوضع ليس مجرد سيناريو افتراضي، بل هو واقع العديد من مشاريع البناء الحديثة. فنظراً للعدد الكبير من المقاولين العموميين والمقاولين من الباطن الذين يعملون بأنظمة مختلفة وبدون مركز تنسيق واحد، تتحول العملية إلى سلسلة من الموافقات التي لا نهاية لها وإعادة العمل والتضارب. كل هذا يؤدي إلى تأخيرات كبيرة وتكاليف متعددة للمشروع.

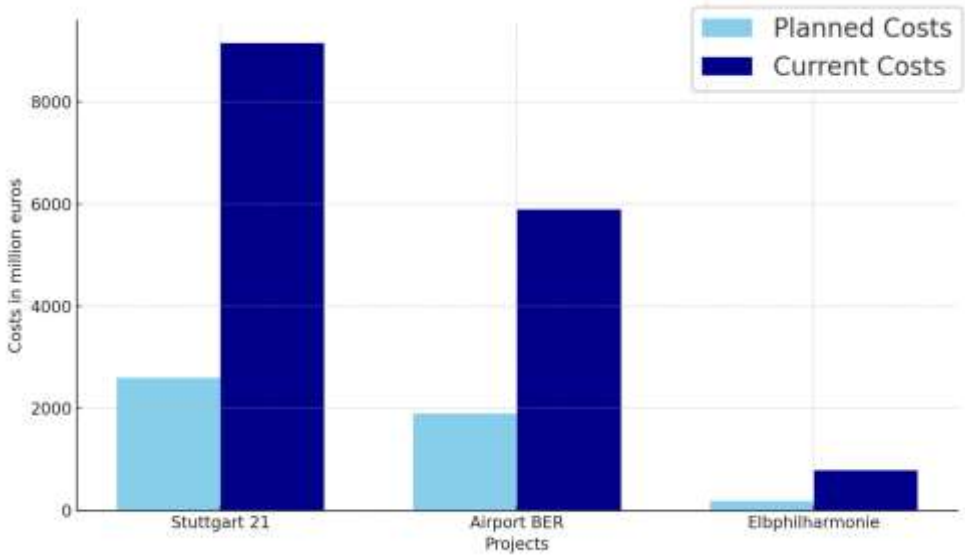
الموقف الكلاسيكي في موقع البناء هو موقف بسيط: القوالب جاهزة، ولكن لم يصل تسليم التعزيزات في الوقت المحدد. عند التحقق من المعلومات في أنظمة مختلفة، يكون الاتصال على النحو التالي تقريبًا:

- يكتب **رئيس العمال** في موقع البناء في اليوم العشرين إلى مدير المشروع **قائلاً:** "لقد انتهينا من وضع

القوالب، أين حديد التسليح؟

- **مدير المشروع** (PMIS) إلى قسم المشتريات**:** - "القوالب جاهزة. في نظامي [PMIS] يقول أنه كان من المفترض أن يصل حديد التسليح في يوم 18. أين حديد التسليح؟
- **أخصائي سلسلة التوريد** (ERP): - "يشير نظام تخطيط موارد المؤسسات لدينا إلى أن التسليم سيكون في يوم 25".
- **مهندس بيانات** أو قسم تكنولوجيا المعلومات (المسؤول عن عمليات التكامل): - في نظام معلومات إدارة المشاريع التاريخ هو 18، وفي نظام تخطيط موارد المؤسسات هو 25. لا يوجد رابط معرّف الطلب بين نظام تخطيط موارد المؤسسات ونظام معلومات إدارة المشاريع، لذلك لا تتم مزامنة البيانات. هذا مثال نموذجي لفجوة المعلومات.
- من **مدير المشروع** إلى **المدير** العام - "تأخر تسليم التجهيزات، والموقع واقف، والمسؤول غير واضح".

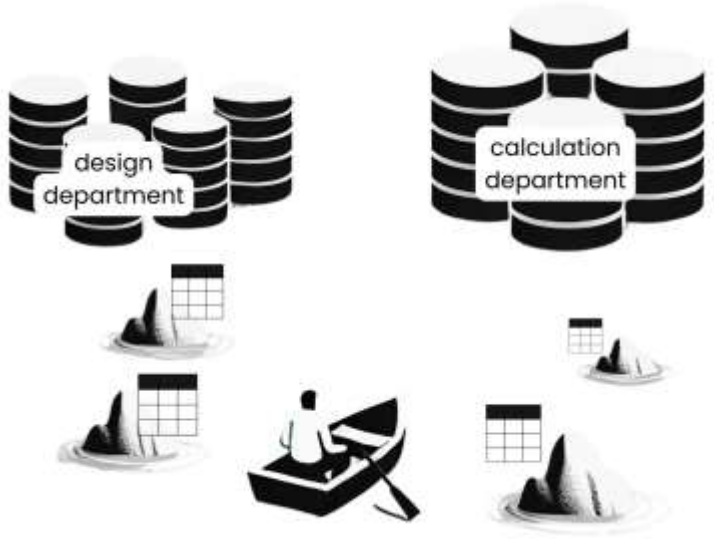
كان سبب الحادث هو عزل البيانات في أنظمة متباينة. من خلال دمج مصادر البيانات وتوحيدها، وإنشاء مستودع واحد للمعلومات، والأتمتة من خلال أدوات ETL (Apache NiFi أو Airflow أو n8n)، يمكن القضاء على العزل بين الأنظمة. ستتم مناقشة هذه الأساليب والأدوات الأخرى بالتفصيل في أقسام لاحقة من الكتاب.



الشكل3-1-2 مقارنة بين التكاليف المخططة والفعلية لمشاريع البنية التحتية الرئيسية في ألمانيا.

ويحدث الشيء نفسه مع أنظمة المؤسسة: يتم إنشاء حلول معزولة أولاً، ثم يتم إنفاق ميزانيات ضخمة لدمجها ومواءمتها. إذا تم التفكير في نماذج البيانات والاتصالات منذ البداية، فلن تكون هناك حاجة للتكامل على الإطلاق. تخلق البيانات المعزولة فوضى في العالم الرقمي، مثل عملية البناء غير المنسقة.

> وفقًا لدراسة KPMG لعام 2023 التي أجرتها شركة KPMG بعنوان "Cue Construction 4.0: حان وقت النجاح أو الفشل"، فإن 36% فقط من الشركات تشارك البيانات بفعالية عبر الأقسام، بينما تواجه 61% منها مشاكل خطيرة بسبب "صوامع" البيانات المعزولة [30].



الشكل4 - 2.1 - 2.1 سنوات من البيانات التي يصعب جمعها تتراكم في "صوامع" تخزين معزولة مع خطر عدم استخدامها أبدًا.

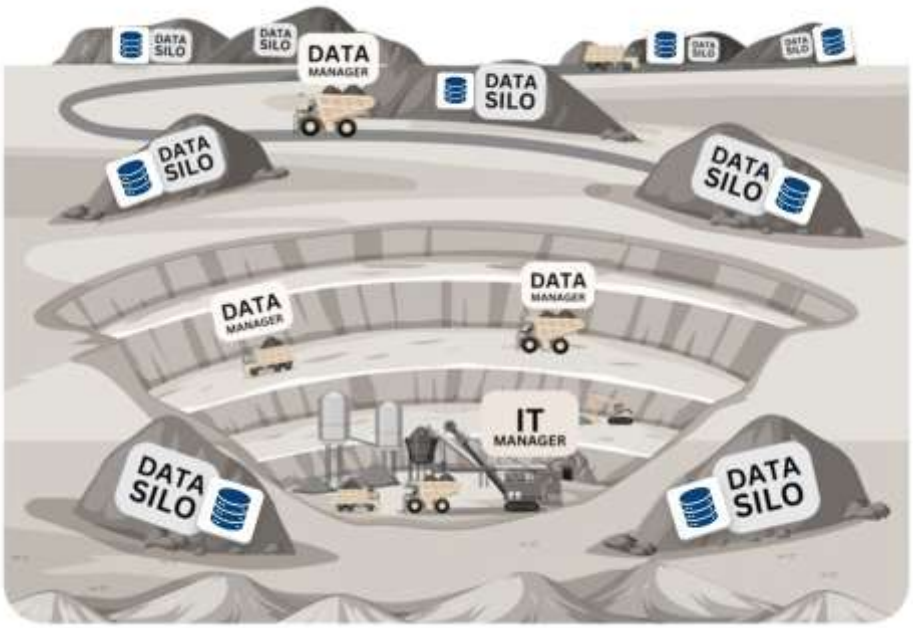
يتم تخزين بيانات الشركة في أنظمة معزولة، مثل الأشجار الفردية المتناثرة في جميع أنحاء المناظر الطبيعية. يحتوي كل منها على معلومات قيّمة، ولكن عدم وجود روابط بينها يمنع إنشاء نظام بيئي واحد مترابط. هذا الانعزال يعيق تدفق البيانات ويحد من قدرة المؤسسة على رؤية الصورة الكاملة. إن الربط بين هذه الصوامع هو عملية طويلة ومعقدة للغاية من زراعة الفطريات الفطرية على مستوى الإدارة لتعلم كيفية نقل المعلومات الفردية بين الأنظمة.

وفقًا لدراسة المنتدى الاقتصادي العالمي لعام 2016، فإن أحد العوائق الرئيسية أمام التحول الرقمي هو عدم وجود معايير مشتركة للبيانات وتجزئة البيانات.

> **تعد صناعة الإنشاءات واحدة من أكثر الصناعات تجزئة في العالم وتعتمد على التفاعل السلس بين جميع المشاركين في سلسلة القيمة [5].**
>
> **- المنتدى الاقتصادي العالمي 2016: تشكيل مستقبل**

غالبًا ما يفضل المصممون والمديرون والمنسقون والمطورون العمل بشكل مستقل، متجنبين تعقيدات التنسيق.

ويؤدي هذا الميل الطبيعي إلى إنشاء "صوامع" للمعلومات تكون فيها البيانات معزولة داخل أنظمة منفصلة. وكلما زاد عدد هذه الأنظمة المعزولة، زادت صعوبة جعلها تعمل معًا. ومع مرور الوقت، يحصل كل نظام على قاعدة بيانات خاصة به وقسم دعم متخصص من المديرين (الشكل4-2-1)، مما يزيد من تعقيد عملية التكامل.



الشكل2.1-5-2.1 يميل كل نظام إلى إنشاء صومعته الفريدة الخاصة به من البيانات التي تحتاج إلى معالجة بواسطة أدوات مناسبة [31].

وتبدو الحلقة المفرغة في أنظمة الشركات على النحو التالي: تستثمر الشركات في حلول معقدة على الموقع leated، ثم تواجه تكاليف عالية لتكاملها، ويفضل المطورون، الذين يدركون تعقيدات الجمع بين الأنظمة، العمل في نظمهم البيئية المغلقة. كل هذا يزيد من تجزئة مشهد تكنولوجيا المعلومات ويزيد من صعوبة الانتقال إلى حلول جديدة (الشكل5-2.1). وينتهي الأمر بالمديرين إلى انتقاد صوامع البيانات، ولكن نادرًا ما يقومون بتحليل أسبابها وكيفية منعها. يشكو المديرون من أنظمة تكنولوجيا المعلومات التي عفا عليها الزمن، لكن استبدالها يتطلب استثمارات كبيرة ونادراً ما يؤدي إلى النتائج المتوقعة. ونتيجة لذلك، حتى محاولات مكافحة المشكلة غالبًا ما تزيد الأمور سوءًا.

السبب الرئيسي للانفصال هو إعطاء الأولوية للتطبيقات على البيانات. فالشركات تقوم أولاً بتطوير أنظمة منفصلة أو

شراء حلول جاهزة من البائعين، ثم تحاول توحيدها من خلال إنشاء أنظمة تخزين وقواعد بيانات مكررة وغير متوافقة.

يتطلب التغلب على مشكلة التجزئة نهجًا جديدًا جذريًا - إعطاء الأولوية للبيانات على التطبيقات. يجب على الشركات أولاً تطوير استراتيجيات إدارة البيانات ونماذج البيانات، ومن ثم بناء أنظمة أو شراء حلول تعمل مع مجموعة واحدة من المعلومات بدلاً من خلق حواجز جديدة.

> **نحن ندخل عالماً جديداً قد تكون فيه البيانات أكثر أهمية من البرمجيات.**
>
> **- تيم أورايلي، الرئيس التنفيذي لشركة O'Reilly Media, Inc.**

تُظهر دراسة معهد ماكنزي العالمي "إعادة التفكير في البناء: الطريق إلى تحسين الإنتاجية" (2016) أن قطاع البناء متخلف عن القطاعات الأخرى في التحول الرقمي [32]. وفقًا للتقرير، يمكن أن يؤدي اعتماد إدارة البيانات الآلية والمنصات الرقمية إلى تحسين الإنتاجية بشكل كبير وتقليل الخسائر المرتبطة بعدم اتساق العمليات. كما أكد تقرير إيجان (المملكة المتحدة، 1998) [33] على هذه الحاجة إلى التحول الرقمي، والذي يسلط الضوء على الدور الرئيسي للعمليات المتكاملة والنهج التعاوني في مجال البناء.

ونتيجة لذلك، في حين كانت المشكلة الرئيسية لمديري البيانات في السنوات الـ 10,000 الماضية هي نقص البيانات، إلا أنه مع هذا السيل من البيانات وأنظمة إدارة البيانات، يواجه المستخدمون والمديرون مشكلة - وفرة البيانات بشكل مفرط، مما يجعل من الصعب العثور على معلومات صحيحة وجيدة من الناحية القانونية.

وتؤدي صوامع البيانات المتباينة حتماً إلى مشكلة خطيرة تتمثل في انخفاض جودة البيانات. ومع وجود أنظمة مستقلة متعددة، قد توجد نفس البيانات في إصدارات مختلفة، وغالبًا ما تكون ذات قيم متضاربة، مما يخلق صعوبات إضافية

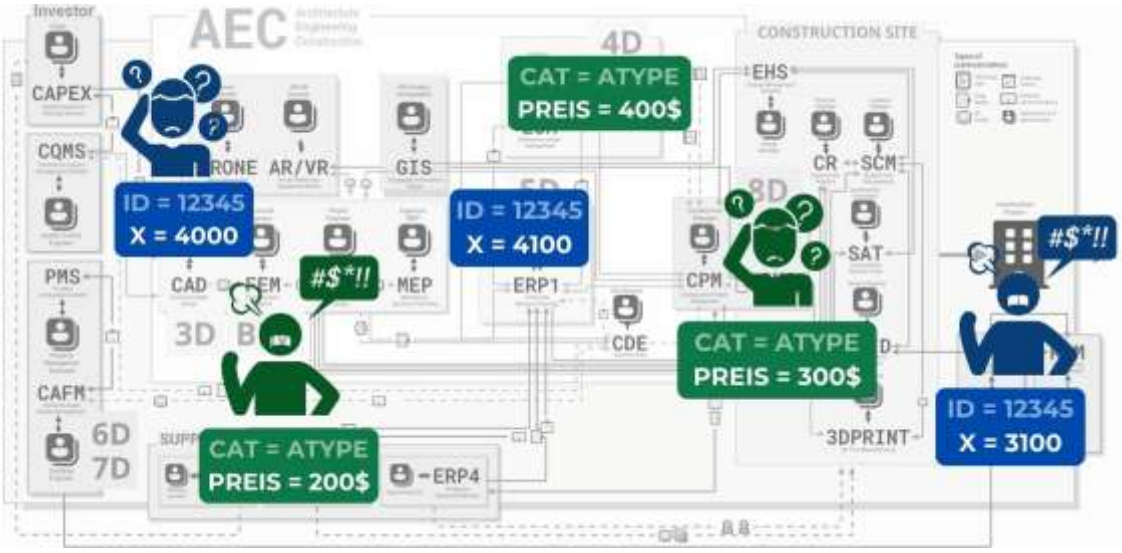
للمستخدمين الذين يحتاجون إلى تحديد المعلومات ذات الصلة والموثوقة.

الازدواجية وانعدام جودة البيانات نتيجة للازدواجية

نظرًا لمشكلة صوامع البيانات، يتعين على المديرين قضاء وقت طويل في البحث عن البيانات والتوفيق بينها. وللتحوط من مشاكل الجودة، تنشئ الشركات هياكل معقدة لإدارة المعلومات يكون فيها أحد المديرين مسؤولاً عن البحث عن البيانات والتحقق منها ومطابقتها. ومع ذلك، فإن هذا النهج لا يؤدي إلا إلى زيادة البيروقراطية وإبطاء عملية صنع القرار. فكلما زادت البيانات، زادت صعوبة تحليلها وتفسيرها، خاصة إذا لم يكن هناك معيار موحد لتخزينها ومعالجتها.

ومع كثرة التطبيقات والنظم البرمجية التي ما فتئت تنمو كالفطر بعد المطر في العقد الماضي، أصبحت مشكلة صوامع البيانات ونوعية البيانات غير المناسبة ذات أهمية متزايدة بالنسبة للمستخدمين النهائيين. يمكن الآن العثور على نفس البيانات، ولكن بقيم مختلفة، في أنظمة وتطبيقات مختلفة (الشكل6-2.1). وهذا يؤدي إلى صعوبات بالنسبة للمستخدمين النهائيين عند محاولة تحديد أي نسخة من البيانات ذات صلة وصحيحة من بين العديد من البيانات المتاحة. ويؤدي ذلك إلى أخطاء في التحليلات وفي نهاية المطاف إلى اتخاذ القرارات.

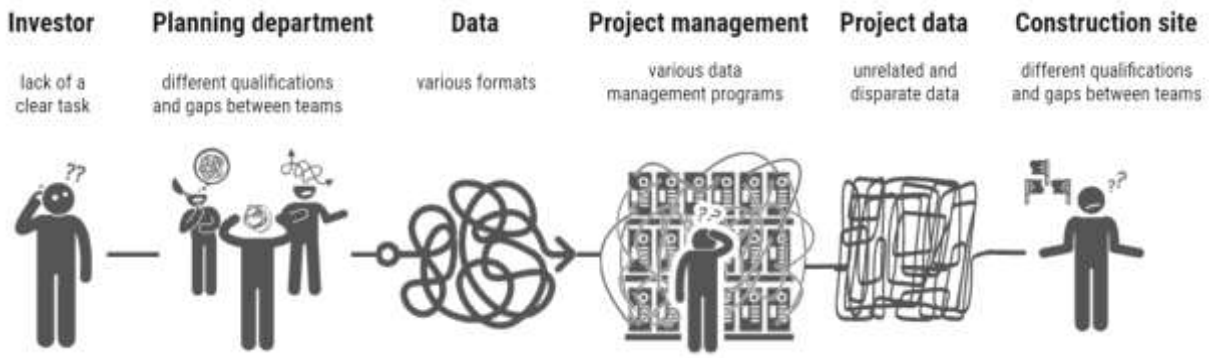
ولضمان عدم حدوث مشاكل في العثور على البيانات الصحيحة، ينشئ مديرو الشركات بيروقراطية متعددة المستويات من مديري التحقق. وتتمثل مهمتهم في القدرة على العثور على البيانات المطلوبة والتحقق منها وإرسالها بسرعة في شكل جداول وتقارير، والتنقل في متاهة الأنظمة المتباينة.



الشكل6-1-2 في محاولة العثور على البيانات الصحيحة، يجب على المديرين التأكد من جودة البيانات وموثوقيتها القانونية بين الأنظمة المختلفة.

ولكن من الناحية العملية، يولد هذا النموذج تعقيدات جديدة. فعندما تدار البيانات يدوياً وتتبعثر المعلومات في العديد من القرارات غير المترابطة، تصبح كل محاولة للحصول على معلومات دقيقة ومحدثة من خلال هرم صانعي القرار (الشكل7-1-2) عنق زجاجة - مستهلكة للوقت ومعرضة للخطأ.

ويتفاقم الوضع بسبب سيل الحلول الرقمية. حيث لا تزال سوق البرمجيات تغرق بأدوات جديدة تبدو واعدة. ولكن بدون استراتيجية واضحة لإدارة البيانات، لا تندمج هذه الحلول في نظام موحد، بل تخلق بدلاً من ذلك طبقات إضافية من التعقيد والازدواجية. ونتيجة لذلك، فبدلاً من تبسيط العمليات، تجد الشركات نفسها في بيئة معلوماتية أكثر تجزئة وفوضى.



الشكل7-2.1 يؤدي تعقيد النظم وتنوع أشكال البيانات إلى فقدان الاتساق في عملية البناء.

كل هذه المشاكل المرتبطة بإدارة عدد كبير من الحلول المتباينة تؤدي عاجلاً أم آجلاً إلى إدراك إدارة الشركة لأمر هام: لا يتعلق الأمر بحجم البيانات أو البحث عن أداة معالجة البيانات "ذات الحجم الواحد الذي يناسب الجميع". يكمن السبب الحقيقي في جودة البيانات وكيفية إنشاء المؤسسة للبيانات وتلقيها وتخزينها واستخدامها.

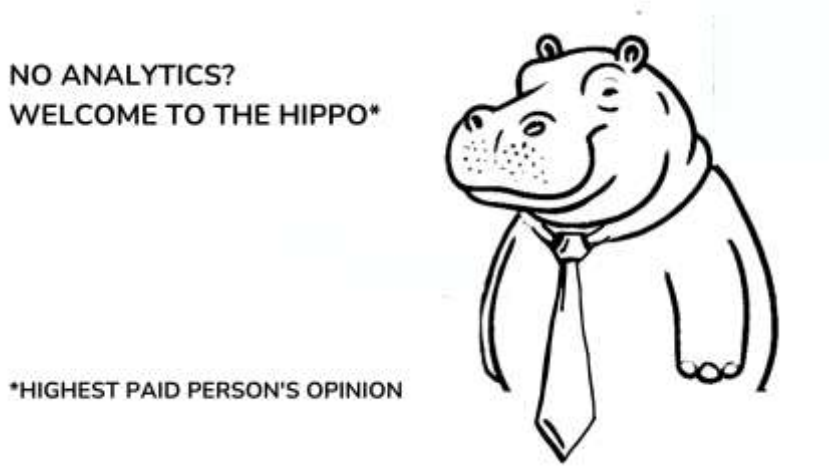
> لا يكمن مفتاح النجاح المستدام في مطاردة التطبيقات "السحرية" الجديدة، بل في بناء ثقافة البيانات داخل الشركة. وهذا يعني التعامل مع البيانات كأصل استراتيجي وجعل جودة البيانات وتكاملها وملاءمتها أولوية على جميع مستويات المؤسسة.

يكمن حل معضلة "النوعية مقابل الكمية" في إنشاء بنية موحدة للبيانات تقضي على الازدواجية وتزيل التناقضات وتوحد تدفق المعلومات. توفر هذه البنية مصدرًا واحدًا وموثوقًا للبيانات يمكن الاعتماد عليه لاتخاذ قرارات مستنيرة ودقيقة وفي الوقت المناسب.

وبخلاف ذلك، وكما هو الحال في كثير من الأحيان، تواصل الشركات الاعتماد على الآراء الذاتية والتقييمات البديهية لخبراء المنظمة العالمية للملكية الفكرية بدلاً من الاعتماد على الحقائق الموثوقة. في صناعة البناء، حيث تلعب الخبرة تقليديًا دورًا مهمًا، فإن هذا الأمر ملحوظ بشكل خاص.

HiPPO أو خطورة الآراء في اتخاذ القرار

تقليدياً، في صناعة البناء والتشييد، تُتخذ القرارات الرئيسية في صناعة البناء والتشييد بناءً على الخبرة والحكم الذاتي. وبدون بيانات موثوقة وفي الوقت المناسب، يضطر مديرو الشركات إلى التصرف بشكل أعمى، معتمدين على حدس الموظفين الأعلى أجراً (HiPPO - رأي الشخص الأعلى أجراً) بدلاً من الاعتماد على الحقائق الموضوعية (الشكل8-2.1).



الشكل2.1-8-2.1 في غياب التحليلات تعتمد الأعمال التجارية على الرأي الشخصي للمهنيين ذوي الخبرة.

قد يكون هذا النهج مبررًا في بيئة مستقرة وبطيئة التغيير، ولكن في عصر التحول الرقمي، يصبح هذا النهج خطرًا كبيرًا. فالقرارات التي تعتمد على الحدس والتخمين تكون عرضة للتشويه، وغالبًا ما تستند إلى فرضيات غير مدعومة، ولا تأخذ في الاعتبار الصورة المعقدة التي تعكسها البيانات

> إن ما يتم تمريره على أنه نقاش ذكي على مستوى صنع القرار في الشركة لا يستند في الغالب إلى أي شيء ملموس. لا ينبغي أن يعتمد نجاح الشركة على سلطة وراتب الخبراء، بل على القدرة على العمل بفعالية مع البيانات وتحديد الأنماط واتخاذ قرارات مستنيرة.

من المهم التخلي عن فكرة أن السلطة أو الخبرة تعني تلقائيًا أن القرار صائب. فالنهج القائم على البيانات يغير

قواعد اللعبة: فالبيانات والتحليلات ، وليس المنصب والراتب، هي الآن أساس اتخاذ القرار. تمكّننا البيانات الضخمة والتعلم الآلي والتحليلات المرئية من تحديد الأنماط والاعتماد على الحقائق بدلاً من التخمين (الشكل 1.1-4).

> **بدون بيانات، فأنت مجرد شخص آخر لديه رأي [34].**
>
> - و. إدواردز ديمنغ، عالم ومستشار إداري

كما تضمن أساليب إدارة البيانات الحديثة استمرارية المعرفة داخل الشركة. تتيح العمليات الموصوفة بوضوح والأتمتة والنهج المنهجي إمكانية نقل حتى الأدوار الرئيسية دون فقدان الكفاءة.

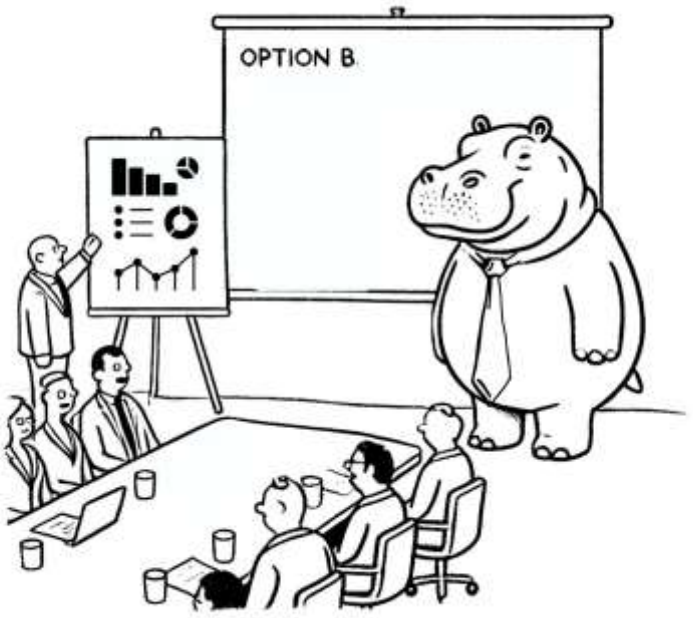
ومع ذلك، فإن الثقة العمياء في البيانات يمكن أن تؤدي أيضًا إلى أخطاء جسيمة. فالبيانات في حد ذاتها مجرد مجموعة من الأرقام. فبدون التحليل المناسب والسياق المناسب والقدرة على تحديد الأنماط، لا قيمة لها ولا يمكن أن تقود العمليات. ويكمن مفتاح النجاح ليس في الاختيار بين الحدس والتحليلات في HiPPO، ولكن في بناء أدوات ذكية تحوّل المعلومات المتباينة إلى قرارات مستنيرة يمكن إدارتها.

> في بيئة البناء الرقمي، لا تصبح الأقدمية والمكانة في التسلسل الهرمي عاملين حاسمين للنجاح، بل سرعة الاستجابة ودقة القرار وكفاءة الموارد

البيانات أدوات وليست حقائق مطلقة. يجب أن تكون مكملة للتفكير البشري لا أن تحل محله. على الرغم من فوائد التحليلات ، لا يمكن للبيانات أن تحل محل الحدس والخبرة البشرية تمامًا. فدورها هو المساعدة في اتخاذ قرارات أكثر دقة واستنارة.

لن تتحقق الميزة التنافسية من خلال استيفاء المعايير فحسب، بل من خلال القدرة على التفوق على المنافسين في

الاستخدام الفعال للموارد التي هي نفسها للجميع. في المستقبل، ستصبح مهارات البيانات في المستقبل بنفس أهمية مهارات القراءة والكتابة أو الرياضيات التي كانت في السابق. سيتمكن المحترفون الذين يستطيعون تحليل البيانات وتفسيرها من اتخاذ قرارات أكثر دقة، ليحلوا محل أولئك الذين يعتمدون فقط على الخبرة الشخصية (الشكل 9-1 -2).



الشكل9-1 -2 ينبغي أن تستند القرارات إلى تحليل موضوعي وليس إلى رأي الموظف الأعلى أجرا.

سيعمل المديرون والأخصائيون والمهندسون كمحللين للبيانات ، حيث سيقومون بدراسة هيكل المشاريع وديناميكياتها ومؤشراتها الرئيسية. ستصبح الموارد البشرية عناصر في النظام، مما يتطلب تخصيصًا مرنًا قائمًا على البيانات لزيادة الكفاءة إلى أقصى حد.

> **تكون الأخطاء عند استخدام بيانات غير كافية أقل بكثير من الأخطاء عند عدم استخدام أي بيانات [35].**
>
> **- تشارلز باباج، مخترع أول آلة حسابية تحليلية**

لقد أدى ظهور البيانات الضخمة وإدخال نماذج اللغة الكبيرة إلى تغيير جذري ليس فقط في طريقة التحليل، بل أيضًا في طبيعة عملية صنع القرار ذاتها. فبينما كان التركيز في السابق على السببية (سبب حدوث شيء ما - التحليلات التشخيصية) (الشكل4-1.1)، أصبحت اليوم القدرة على التنبؤ بالمستقبل (التحليلات التنبؤية)، وفي المستقبل التحليلات الإرشادية، حيث يقترح التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي الخيار الأفضل في عملية اتخاذ القرار، في المقدمة.

> ووفقًا للدراسة الجديدة التي أجرتها شركة SAP™ بعنوان "دراسة جديدة تشير إلى أن نصف المديرين التنفيذيين تقريبًا يثقون في الذكاء الاصطناعي أكثر من أنفسهم" 2025 [36]، فإن 44% من كبار المديرين التنفيذيين على استعداد لتغيير قراراتهم السابقة بناءً على مشورة الذكاء الاصطناعي ، و38% منهم يثقون في الذكاء الاصطناعي لاتخاذ قرارات الأعمال نيابة عنهم. وفي الوقت نفسه، قال 74% من المديرين التنفيذيين إنهم يثقون في مشورة الذكاء الاصطناعي أكثر من أصدقائهم وعائلاتهم، ويعمل 55% منهم في شركات تحل فيها الرؤى المستمدة من الذكاء الاصطناعي محل طرق اتخاذ القرار التقليدية أو تتجاوزها في كثير من الأحيان - خاصة في المؤسسات التي تزيد إيراداتها السنوية عن 5 مليارات دولار. بالإضافة إلى ذلك، يستخدم 48% من المشاركين في الاستطلاع أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدية بشكل يومي، بما في ذلك 15% يستخدمونها عدة مرات في اليوم.

مع تطور نظم إدارة البيانات المؤتمتة وإدارة البيانات الآلية، ينشأ تحدٍ جديد: كيفية استخدام المعلومات بفعالية دون فقدان قيمتها في فوضى التنسيقات غير المتوافقة والمصادر غير المتجانسة، والتي يكملها التعقيد والديناميكية المتزايدة لعمليات الأعمال.

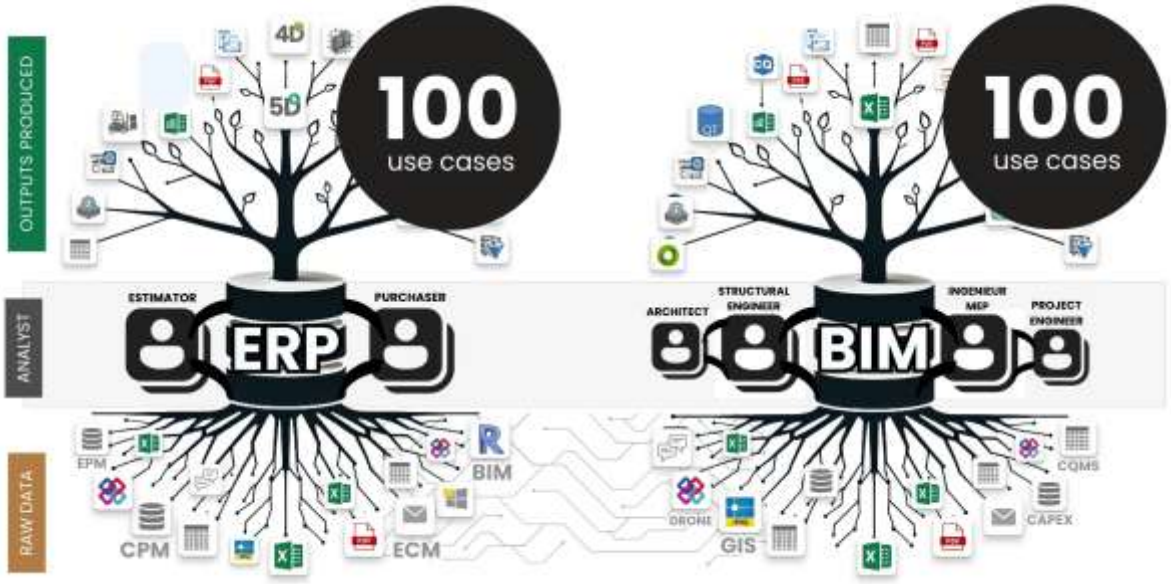
الزيادة المستمرة في تعقيد وديناميكية العمليات التجارية

تواجه صناعة الإنشاءات اليوم تحديات خطيرة في إدارة البيانات والعمليات. وتتمثل التحديات الرئيسية في نظم المعلومات المنعزلة، والبيروقراطية المفرطة، ونقص التكامل بين الأدوات الرقمية. وتزداد هذه التحديات حدة مع ازدياد تعقيد العمليات التجارية نفسها - مدفوعة بالتكنولوجيا وتغير متطلبات العملاء واللوائح التنظيمية المتطورة.

لا يرجع تفرد مشاريع التشييد إلى خصوصياتها التقنية فحسب، بل يرجع أيضًا إلى الاختلافات في المعايير الوطنية والمتطلبات التنظيمية في مختلف البلدان (الشكل10-4.2 ، الشكل7-5.1). وهذا يتطلب نهجًا مرنًا وفرديًا لكل مشروع، وهو أمر يصعب تنفيذه في أنظمة التحكم المعيارية التقليدية. ونظرًا لتعقيد العمليات والكمية الكبيرة من البيانات، تلجأ العديد من الشركات إلى البائعين الذين يقدمون حلولاً متخصصة. ولكن السوق مزدحم، حيث تقدم العديد من الشركات الناشئة منتجات متشابهة، مع التركيز على مهام ضيقة. ونتيجة لذلك، غالبًا ما يضيع النهج الشامل لإدارة البيانات.

> أصبح التكيّف مع التدفق المستمر للتقنيات الجديدة ومتطلبات السوق عاملاً حاسماً للقدرة التنافسية. ومع ذلك، فإن التطبيقات والنظم المعيارية الحالية المسجلة الملكية تتسم بقدرة منخفضة على التكيف - فأي تغييرات غالباً ما تتطلب مراجعات مطولة ومكلفة من قبل المطورين الذين لا يفهمون دائماً تفاصيل عمليات البناء.

وتجد الشركات نفسها رهينة التأخر التكنولوجي، وتنتظر التحديثات الجديدة بدلاً من تنفيذ النهج المتكاملة المبتكرة على الفور. ونتيجة لذلك، غالباً ما يكون الهيكل الداخلي لمؤسسات الإنشاءات نظاماً معقداً من النظم الهرمية المترابطة، والمغلقة في كثير من الأحيان، التي يتم تنسيقها من خلال شبكة متعددة المستويات من المديرين (الشكل10-1-2).

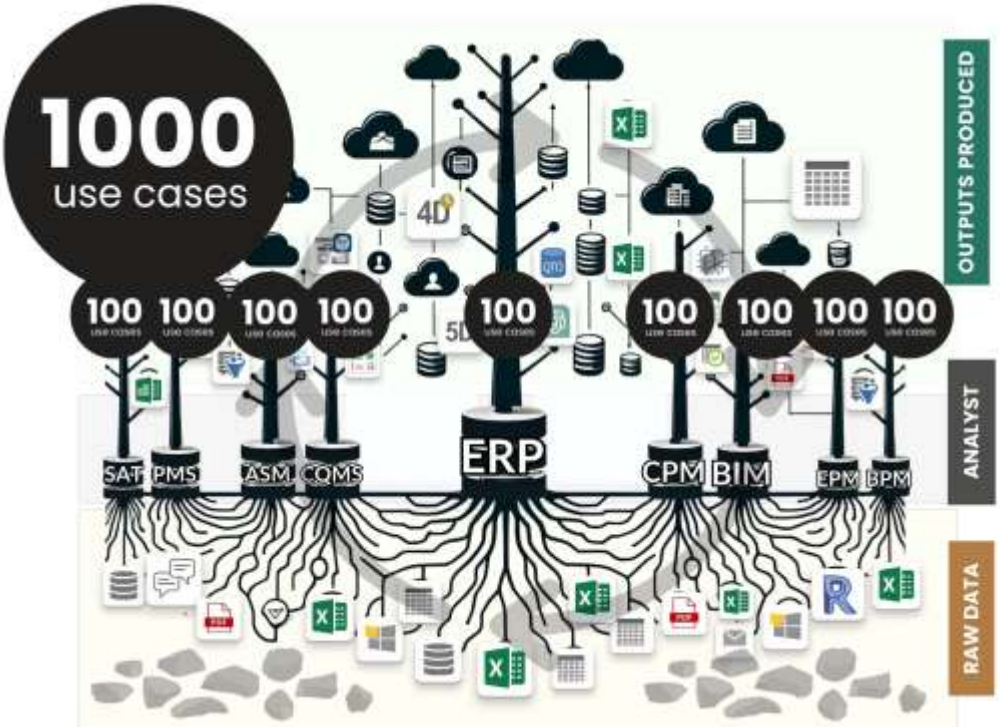


الشكل10-2.1 تتكون الشركات من أنظمة مترابطة يشكل ترابطها عمليات تتطلب التشغيل الآلي.

> وفقًا لاستطلاع أجرته جمعية الإنشاءات الكندية و KPMG Canada في عام 2021 [37]، تعتقد 25% فقط من الشركات أنها في وضع مهم أو مختلف مقارنةً بالمنافسين عندما يتعلق الأمر بتبني التكنولوجيا أو الحلول الرقمية. أفاد 23% فقط من المشاركين في الاستطلاع أن حلولهم تعتمد على البيانات بشكل كبير أو كبير. في الوقت نفسه، وصف غالبية المشاركين في الاستطلاع استخدامهم لمجموعة من التقنيات الأخرى بأنه تجريبي بحت أو اعترفوا بعدم استخدامها على الإطلاق.

ويتجلى هذا التردد في المشاركة في التجارب التكنولوجية بشكل خاص في مشاريع البنية التحتية الكبيرة، حيث يمكن أن تكلف الأخطاء ملايين الدولارات. وحتى أكثر التقنيات تقدماً - التوائم الرقمية، والتحليلات التنبؤية - غالباً ما تواجه مقاومة ليس بسبب فعاليتها، ولكن بسبب عدم ثبوت موثوقيتها في المشاريع الحقيقية.

ووفقا لتقرير المنتدى الاقتصادي العالمي المعنون "تشكيل مستقبل البناء" [5]، فإن إدخال التكنولوجيات الجديدة في مجال البناء لا يواجه صعوبات تقنية فحسب، بل يواجه أيضا حواجز نفسية من جانب العملاء [5]، لا يواجه إدخال التكنولوجيات الجديدة في البناء صعوبات تقنية فحسب، بل يواجه أيضًا حواجز نفسية من جانب العملاء. يخشى العديد من العملاء من أن يؤدي استخدام الحلول المتقدمة إلى جعل مشاريعهم موقعًا تجريبيًا ويجعلهم "فئران تجارب"، وقد تؤدي العواقب غير المتوقعة إلى تكاليف ومخاطر إضافية.



الشكل11-2.1 لكل حالة من حالات استخدام البيانات، يقدم سوق الحلول تطبيقات لتحسين العمليات وأتمتتها.

تتسم صناعة البناء بالتنوع الشديد: فالمشاريع المختلفة لها متطلبات مختلفة ، والخصائص الإقليمية، ولوائح التصنيف القانونية (الشكل10-4.2)، ومعايير الحساب (الشكل7-5.1)، إلخ. ولذلك، من المستحيل عمليًا إنشاء تطبيق أو نظام عالمي خاص يتناسب تمامًا مع جميع هذه المتطلبات وخصائص المشروع.

في محاولة للتعامل مع التعقيد المتزايد للنظم والاعتماد المتزايد على بائعي البرمجيات، يتزايد الإدراك بأن مفتاح الإدارة الفعالة للبيانات لا يكمن فقط في الانفتاح والتوحيد القياسي، بل أيضًا في تبسيط بنية العملية نفسها. يتطلب التعقيد والديناميكية المتزايدة للعمليات التجارية أساليب جديدة، حيث تتحول الأولوية من تجميع البيانات إلى تنظيمها وهيكلتها. وسيكون هذا التحول هو الخطوة التالية في تطوير صناعة الإنشاءات، وهو ما يمثل نهاية عصر هيمنة بائعي البرمجيات وبداية عصر تنظيم المعلومات الهادفة.

يؤدي إدراك محدودية الحلول ذات المقاس الواحد الذي يناسب الجميع والتعرض للتعقيد المتزايد إلى تحول في الأولويات من المنصات المغلقة وتكديس البيانات إلى الشفافية والقدرة على التكيف والتعامل المنظم مع المعلومات. ويعكس هذا التحول في التفكير التغيرات الأوسع نطاقاً في الاقتصاد العالمي والتكنولوجيا، والتي يتم وصفها من خلال عدسة ما يسمى بـ "الثورات الصناعية". لفهم إلى أين يتجه قطاع البناء والتشييد واتجاهه المستقبلي، من الضروري النظر في مكانة الصناعة في سياق الثورتين الصناعيتين الرابعة والخامسة - من الأتمتة والرقمنة إلى التخصيص والمعايير المفتوحة ونموذج البيانات القائم على الخدمات.

الثورة الصناعية الرابعة (الصناعة 4.0) والثورة الصناعية الرابعة (الصناعة 5.0) في مجال البناء

المراحل التكنولوجية والاقتصادية هي مفاهيم نظرية تستخدم لوصف وتحليل تطور المجتمع والاقتصاد في مراحل مختلفة من التطور. ويمكن تفسيرها بشكل مختلف من قبل باحثين وخبراء مختلفين.

- ترتبط **الثورة الصناعية الرابعة** (4IR أو الصناعة 4.0) بتكنولوجيا المعلومات والأتمتة والرقمنة والعولمة. أحد عناصرها الرئيسية هو إنشاء حلول برمجيات خاصة بها، أي منتجات رقمية متخصصة مصممة لمهام وشركات محددة. غالبًا ما تصبح هذه الحلول جزءًا مهمًا من البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات، ولكنها غير قابلة للتطوير بشكل جيد دون تعديلات إضافية.
- **الثورة الصناعية الخامسة (5IR)** هي الآن في مرحلة مبكرة من التصور والتطوير مقارنة بالثورة **الصناعية** الخامسة. وتشمل مبادئها الأساسية زيادة إضفاء الطابع الشخصي على المنتجات والخدمات. الثورة الصناعية الخامسة هي حركة نحو نشاط اقتصادي أكثر قابلية للتكيف والمرونة والتخصيص مع التركيز على التخصيص والاستشارات والنماذج الموجهة نحو الخدمات. يتمثل أحد الجوانب الرئيسية للنمط الاقتصادي الخامس في استخدام البيانات في اتخاذ القرارات، وهو أمر مستحيل عمليًا بدون استخدام البيانات المفتوحة والأدوات المفتوحة (الشكل12-2.1).

الشكل12-2.1 يركز النمط الرابع على الحلول، بينما يركز النمط الخامس على التخصيص والبيانات.

إن إنشاء تطبيق للشركات في قطاع البناء والتشييد لاستخدامه في عشر أو مائة مؤسسة لا يضمن نجاح توسيع نطاقه ليشمل شركات أو مناطق أو بلدان أخرى دون إجراء تعديلات وتحسينات كبيرة. وتبقى احتمالية النجاح في توسيع نطاق مثل هذه الحلول منخفضة، لأن كل مؤسسة لديها عمليات ومتطلبات وظروف فريدة من نوعها قد تتطلب تعديلات مخصصة.

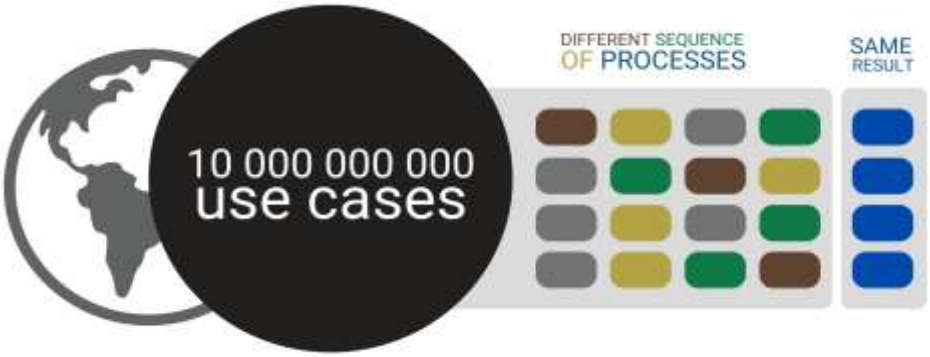
من المهم أن نفهم أن التكامل الناجح للحلول التكنولوجية ينطوي اليوم بالفعل على نهج مخصص للغاية لكل عملية ومشروع وشركة. وهذا يعني أنه حتى بعد تطوير إطار عمل أو أداة أو برنامج عالمي، فإنه سيتطلب تكييفاً وتخصيصاً مفصلاً لتلبية المتطلبات الفريدة وشروط كل شركة ومشروع محدد.

> ووفقًا لتقرير برايس ووترهاوس كوبرز "فك رموز الثورة الصناعية الخامسة" [38] [38]، فإن حوالي 50% من كبار المديرين التنفيذيين في مختلف الصناعات هذا العام يعتمدون على دمج التكنولوجيا المتقدمة والخبرة البشرية. يسمح لهم هذا النهج بالتكيف بسرعة مع التغييرات في تصميم المنتجات أو متطلبات العملاء، مما يؤدي إلى إنتاج مخصص.

وتتطلب كل عملية تطوير وظيفة أو تطبيق فريد من نوعه، وهو ما يؤدي، بالنظر إلى حجم صناعة الإنشاءات العالمية

وتنوع المشاريع، إلى وجود عدد كبير من حالات العمل التي تمثل في كل مرة منطقاً فريداً **لخط الأنابيب** (الشكل-2.1 13). كل حالة من هذه الحالات لها خصائصها الخاصة وتتطلب نهجًا مخصصًا. وسننظر بمزيد من التفصيل في مجموعة الحلول الممكنة لنفس المشكلة التحليلية في سياق مناهج مختلفة في الفصل المخصص للتعلم الآلي وتحليل مجموعة بيانات تيتانيك (الشكل9-9.2).

> خط الأنابيب في سياق العمليات الرقمية هو سلسلة من الأنشطة والعمليات والأدوات التي تتيح التدفق الآلي أو المنظم للبيانات والعمل خلال المراحل المختلفة لدورة حياة المشروع.



الشكل13-2.1 إن تفرد حالات العمل وتنوعها يجعل من المستحيل القيام بمحاولات لإنشاء منصات وأدوات مغلقة قابلة للتطوير.

لقد تغيرت حياتنا بالفعل من نواحٍ عديدة تحت تأثير التحول الرقمي، ويمكننا اليوم الحديث عن قدوم مرحلة جديدة في التطور الاقتصادي لصناعة البناء والتشييد. في هذا "الاقتصاد الجديد"، سيتم تنظيم المنافسة وفقًا لقواعد مختلفة: من يستطيع تحويل المعرفة العامة والبيانات المفتوحة بكفاءة إلى منتجات وخدمات مطلوبة يكتسب ميزة رئيسية في ظروف الثورة الصناعية الخامسة.

> وكما تشير الخبيرة الاقتصادية كيت ماسكوس في كتاب "الحقوق الخاصة والمشاكل العامة: اقتصاد الملكية الفكرية العالمي في القرن الحادي والعشرين" [39] 2012 [39]، "نحن نعيش في اقتصاد معرفي عالمي، والمستقبل ملك لأولئك الذين يعرفون كيف يحولون الاكتشافات العلمية إلى سلع".

ينطوي الانتقال إلى النمط الاقتصادي الخامس على تحول في التركيز من حلول تكنولوجيا المعلومات المغلقة إلى المعايير والمنصات المفتوحة. وستبدأ الشركات في الابتعاد عن منتجات البرمجيات التقليدية لصالح النماذج الموجهة نحو الخدمات، حيث ستصبح البيانات، بدلاً من التقنيات المسجلة الملكية، هي الأصل الرئيسي.

> تُظهر دراسة كلية هارفارد للأعمال 2024 [40] القيمة الاقتصادية الضخمة للبرمجيات مفتوحة المصدر (برمجيات المصدر المفتوح ، OSS). ووفقًا للدراسة، فإن برمجيات المصدر المفتوح موجودة في 96% من جميع أكواد البرمجيات، وتتكون بعض البرمجيات التجارية من 99.9% من مكونات برمجيات المصدر المفتوح. وبدون برمجيات المصدر المفتوح، كانت الشركات ستنفق 3.5 أضعاف ما تنفقه على البرمجيات.

سيتحول بناء النظم الإيكولوجية للشركات، وفقًا للاتجاهات العالمية، تدريجيًا إلى نموذج اقتصادي خامس، حيث ستصبح التحليلات التي تركز على البيانات والخدمات الاستشارية أولوية أعلى من الحلول المعزولة والمغلقة ذات سيناريوهات الاستخدام المحددة بشكل صارم.

سيؤدي عصر الرقمنة إلى تغيير ميزان القوى في الصناعة: فبدلاً من الاعتماد على حلول البائعين، ستعتمد الشركات على قدرتها التنافسية على قدرتها على استخدام البيانات بفعالية. نتيجة لذلك، ستنتقل صناعة الإنشاءات من الأنظمة الجامدة القديمة إلى أنظمة بيئية مرنة وقابلة للتكيف حيث ستكون المعايير المفتوحة والأدوات القابلة للتشغيل البيني أساس إدارة المشاريع. ستؤدي نهاية عصر هيمنة بائعي التطبيقات إلى خلق بيئة جديدة لا تتحدد فيها القيمة من خلال امتلاك كود المصدر المغلق والوصلات المتخصصة، بل من خلال القدرة على تحويل البيانات إلى ميزة استراتيجية.

الفصل 2.2.

تحويل الفوضى إلى نظام وتقليل التعقيد

التعليمات البرمجية الزائدة عن الحاجة والأنظمة المغلقة كحاجز أمام تحسين الإنتاجية

على مدى العقود الماضية، كانت التغييرات التكنولوجية في مجال تكنولوجيا المعلومات مدفوعة في المقام الأول من قبل بائعي البرمجيات. فقد حددوا مسار التطوير، وحددوا التقنيات التي يجب أن تتبناها الشركات وتلك التي يجب تركها. في عصر الانتقال من الحلول المنعزلة إلى قواعد البيانات المركزية والأنظمة المتكاملة، روّج البائعون للمنتجات المرخصة، مما أتاح التحكم في الوصول وقابلية التوسع. وفي وقت لاحق، مع ظهور التقنيات السحابية ونماذج البرمجيات كخدمة (SaaS)، تطور هذا التحكم إلى نموذج اشتراك، مما عزز المستخدمين كعملاء مخلصين للخدمات الرقمية.

وقد أدى هذا النهج إلى نشوء مفارقة: فعلى الرغم من الكميات غير المسبوقة من شفرات البرامج التي تم إنشاؤها، لا يُستخدم فعلياً سوى جزء صغير منها. وربما يكون هناك مئات أو آلاف الشفرات البرمجية أكثر من اللازم، لأن نفس العمليات التجارية يتم وصفها وتكرارها في عشرات أو مئات البرامج بطرق مختلفة، حتى داخل الشركة الواحدة. وفي الوقت نفسه، تم دفع تكاليف التطوير بالفعل، وهذه التكاليف غير قابلة للاسترداد. ومع ذلك، تستمر الصناعة في إعادة إنتاج هذه الدورة، وخلق منتجات جديدة ذات قيمة مضافة ضئيلة للمستخدم النهائي، تحت ضغط توقعات السوق أكثر من الاحتياجات الحقيقية.

> ووفقاً لدليل تقدير تكاليف تطوير البرمجيات الصادر عن جامعة ديفنس أكويشن [41] (DAU)، يمكن أن تختلف تكلفة تطوير البرمجيات بشكل كبير اعتماداً على عدة عوامل، بما في ذلك مدى تعقيد النظام والتكنولوجيا المختارة. ومن الناحية التاريخية، بلغت تكاليف التطوير في عام 2008 حوالي 100 دولار لكل سطر من التعليمات البرمجية المصدرية (SLOC)، في حين أن تكاليف الصيانة يمكن أن ترتفع إلى 4000 دولار لكل سطر من التعليمات البرمجية المصدرية.

يمكن أن يحتوي مكون واحد فقط من مكونات تطبيقات التصميم بمساعدة الحاسوب - النواة الهندسية - على عشرات الملايين من الأسطر البرمجية (الشكل5-6.1). ويلاحظ وضع مماثل في أنظمة تخطيط موارد المؤسسات (الشكل 5.4-4-5)، وسنعود إلى مناقشة مدى تعقيدها في الجزء الخامس من الكتاب. ومع ذلك، فإن نظرة فاحصة تكشف أن الكثير من هذه التعليمات البرمجية لا تضيف قيمة، بل تعمل فقط كـ "ساعي بريد" - تنقل البيانات آليًا بين قاعدة البيانات وواجهة برمجة التطبيقات وواجهة المستخدم والجداول الأخرى في النظام. على الرغم من الأسطورة الشائعة حول الأهمية الحاسمة لما يسمى بمنطق الأعمال، إلا أن الواقع القاسي أكثر واقعية: قواعد التعليمات البرمجية الحديثة مليئة بكتل القوالب القديمة (التعليمات البرمجية القديمة) التي لا تهدف إلا إلى ضمان نقل البيانات بين الجداول والمكونات دون التأثير على عملية اتخاذ القرار أو كفاءة الأعمال.

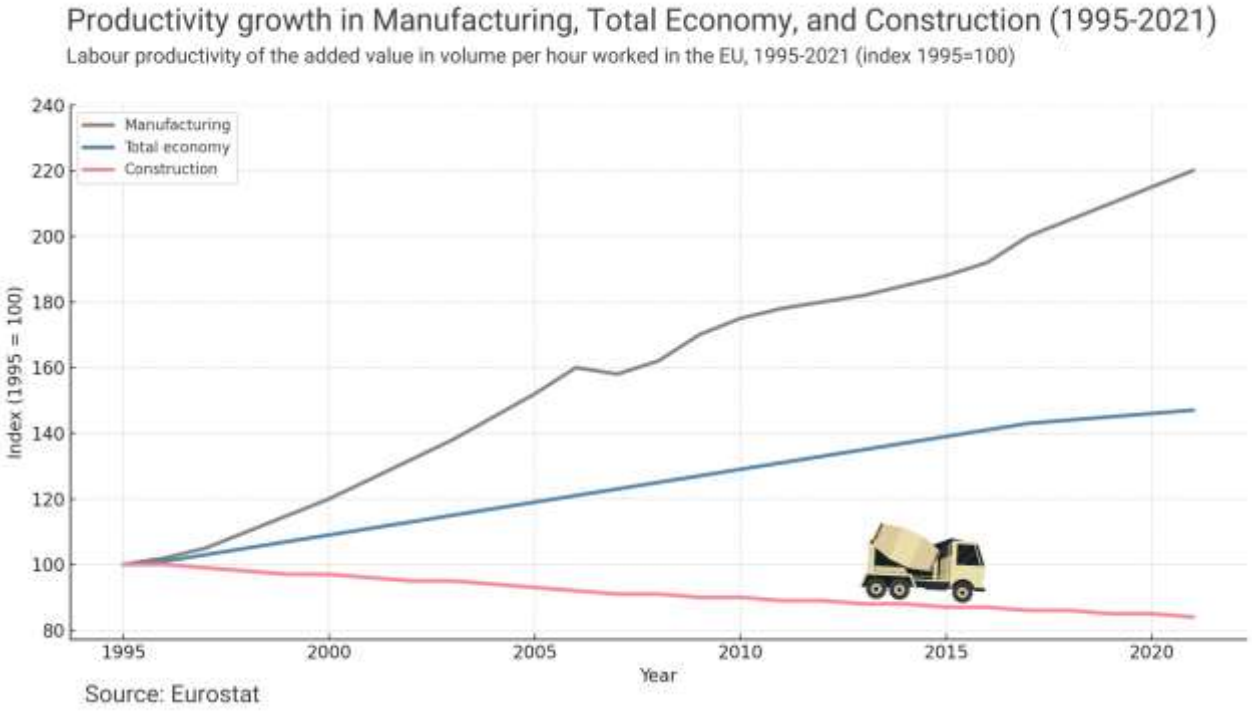
ونتيجة لذلك، فإن الحلول المغلقة التي تعالج البيانات من مصادر مختلفة تتحول حتمًا إلى "أنظمة بيئية معقدة ومربكة". لا يمكن التعامل مع هذه الأنظمة المعقدة والمتشابكة إلا من قبل جيش من المديرين الذين يعملون في وضع شبه روتيني. إن هذا التنظيم لإدارة البيانات ليس فقط غير فعال من حيث الموارد، ولكنه يخلق أيضًا نقاط ضعف حرجة في العمليات التجارية، مما يجعل الشركة تعتمد على دائرة ضيقة من المتخصصين الذين يفهمون كيفية عمل هذه المتاهة التكنولوجية.

أدت الزيادة المستمرة في كمية التعليمات البرمجية وعدد التطبيقات والتعقيد المتزايد للمفاهيم التي يقدمها البائعون إلى نتيجة طبيعية - زيادة تعقيد نظام تكنولوجيا المعلومات في مجال البناء. وقد أدى ذلك إلى عدم فعالية التنفيذ العملي للرقمنة من خلال زيادة عدد التطبيقات في الصناعة. غالبًا ما تتطلب منتجات البرمجيات التي تم إنشاؤها دون

إيلاء الاهتمام الواجب لاحتياجات المستخدم موارد كبيرة للتنفيذ والدعم، ولكنها لا تحقق العائدات المتوقعة.

> وفقًا لدراسة شركة ماكنزي "زيادة إنتاجية قطاع الإنشاءات" [42]، على مدار العقدين الماضيين، بلغ متوسط نمو إنتاجية العمالة العالمية في قطاع الإنشاءات 1% فقط سنويًا، مقارنةً بنمو قدره 2.8% للاقتصاد العالمي ككل و3.6% للتصنيع. وفي الولايات المتحدة، انخفضت إنتاجية العمالة في قطاع الإنشاءات لكل عامل إلى النصف منذ الستينيات [43].

وقد أدى التعقيد المتزايد للأنظمة والعزلة والبيانات المغلقة إلى إعاقة التواصل بين المهنيين، مما جعل صناعة البناء والتشييد واحدة من أقل الصناعات كفاءة (الشكل2-1-2). إلى 22 تريليون دولار بحلول عام 2040، الأمر الذي سيتطلب تحقيق مكاسب كبيرة في الكفاءة.



الشكل2.2-1 البيانات المغلقة والمعقدة ونتيجة لذلك أدى ضعف التواصل بين المتخصصين إلى أن تكون صناعة البناء والتشييد من أقل قطاعات الاقتصاد كفاءة (استنادًا إلى [44]، [45]).

> وكما أكدت دراسة ماكنزي (2024) بعنوان "ضمان إنتاجية البناء لم يعد أمرًا اختياريًا"، فمع تزايد ندرة الموارد وطموح الصناعة لمضاعفة معدل نموها، لم يعد بإمكان قطاع البناء والتشييد تحمل البقاء عند مستويات الإنتاجية الحالية [44]. من المتوقع أن ترتفع تكاليف الإنشاءات العالمية من 13 تريليون دولار في عام 2023 إلى مستويات أعلى بكثير بحلول نهاية العقد، مما يجعل مسألة الكفاءة ليست ذات صلة فحسب، بل حاسمة.

تتمثل إحدى الطرق الرئيسية لتحسين الكفاءة في التوحيد والتبسيط الحتمي لهياكل التطبيقات وبنى منظومة البيانات. سيؤدي هذا النهج في الترشيد إلى التخلص من طبقات التجريد الزائدة عن الحاجة والتعقيدات غير الضرورية التي تراكمت على مر السنين في أنظمة المؤسسة.

من الصوامع إلى مستودع بيانات واحد

كلما زادت البيانات المتراكمة لدى المؤسسة، أصبح من الصعب استخراج قيمة حقيقية منها. نظرًا للطبيعة المجزأة لتخزين المعلومات في صوامع معزولة، فإن العمليات التجارية للشركات الحديثة تشبه البنائين الذين يحاولون بناء ناطحة سحاب من مواد مخزنة في آلاف المستودعات المختلفة. لا يؤدي فائض المعلومات إلى صعوبة الوصول إلى المعلومات ذات الصلة من الناحية القانونية فحسب، بل يؤدي أيضًا إلى إبطاء عملية اتخاذ القرار: يجب التحقق من كل خطوة والتأكد منها مرارًا وتكرارًا.

يتم ربط كل مهمة أو عملية بجدول أو قاعدة بيانات منفصلة، ويتطلب تبادل البيانات بين الأنظمة عمليات تكامل معقدة. يمكن أن تتسبب الأخطاء والتناقضات في أحد الأنظمة في فشل سلسلة من الإخفاقات في أنظمة أخرى. كما أن القيم غير الصحيحة والتحديثات المتأخرة والمعلومات المكررة تجبر الموظفين على قضاء وقت طويل يدويًا في تسوية البيانات ومطابقتها. ونتيجة لذلك، تنفق المؤسسة وقتاً أطول في التعامل مع عواقب التجزئة بدلاً من تطوير العمليات وتحسينها

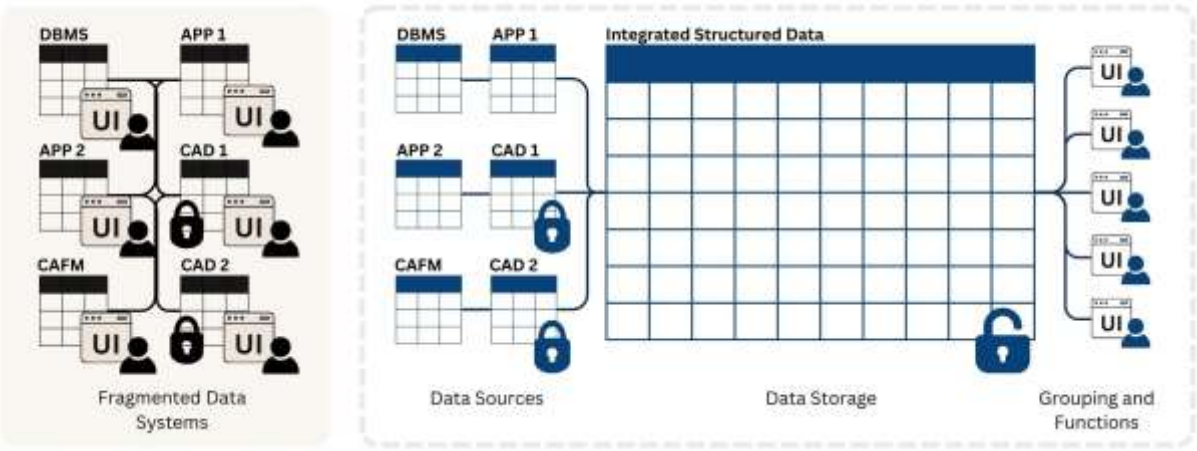
هذه المشكلة عالمية: تستمر بعض الشركات في المعاناة من الفوضى، بينما تجد شركات أخرى الحل في التكامل - نقل تدفق المعلومات إلى نظام تخزين مركزي. فكر في الأمر كجدول واحد كبير حيث يمكنك تخزين أي كيانات تتعلق بالمهام والمشاريع والأشياء. فبدلاً من عشرات الجداول والتنسيقات المتباينة، يظهر مستودع واحد متماسك (الشكل2-2-2.2) يسمح بذلك:

- تقليل فقدان البيانات إلى الحد الأدنى;
- القضاء على الحاجة إلى المواءمة المستمرة للمعلومات;
- تحسين توافر البيانات وجودتها;
- تبسيط المعالجة التحليلية والتعلم الآلي

إن وضع البيانات في معيار مشترك يعني أنه، بغض النظر عن المصدر، يتم تحويل المعلومات إلى تنسيق موحد يمكن قراءته آليًا. ويسمح هذا التنظيم للبيانات بالتحقق من سلامتها وتحليلها في الوقت الحقيقي واستخدامها على الفور لاتخاذ القرارات الإدارية.

ستتم مناقشة مفهوم أنظمة التخزين المتكاملة وتطبيقها في التحليلات والتعلم الآلي بمزيد من التفصيل في فصل "تخزين البيانات الضخمة والتعلم الآلي". ستتم تغطية موضوعات نمذجة البيانات وهيكلتها بالتفصيل في الفصلين

"تحويل البيانات إلى شكل منظم" و"كيف تغير المعايير اللعبة: من الملفات العشوائية إلى نموذج بيانات مفصل".



الشكل2-2-2.2 تكامل البيانات يزيل الصوامع ويحسن توافر المعلومات ويحسن عمليات الأعمال.

بمجرد هيكلة البيانات ودمجها، فإن الخطوة المنطقية التالية هي التحقق من صحتها. مع وجود مستودع واحد متكامل، يتم تبسيط هذه العملية إلى حد كبير: لا مزيد من المخططات المتعددة غير المتسقة والهياكل المكررة والعلاقات المعقدة بين الجداول. تتم مواءمة جميع المعلومات مع نموذج بيانات واحد، مما يزيل التناقضات الداخلية ويسرّع عملية التحقق من الصحة. التحقق من صحة وضمان جودة البيانات هي جوانب أساسية في جميع العمليات التجارية، وسوف نتناولها بمزيد من التفصيل في الفصول ذات الصلة من الكتاب.

في المرحلة النهائية، يتم تجميع البيانات وتصفيتها وتحليلها. يتم تطبيق وظائف مختلفة عليها: التجميع (الجمع، الضرب)، والعمليات الحسابية بين الجداول أو الأعمدة أو الصفوف (الشكل4-2.2). يصبح العمل مع البيانات عبارة عن سلسلة من الخطوات: التجميع، والهيكلة، والتحقق من الصحة، والتحويل، والمعالجة التحليلية، والتفريغ إلى التطبيقات النهائية حيث يتم استخدام المعلومات لحل المشاكل العملية. سوف نناقش المزيد حول بناء مثل هذه السيناريوهات وأتمتة الخطوات وبناء تدفقات المعالجة في الفصول الخاصة بـ ETL - العمليات ونهج خط أنابيب البيانات.

وبالتالي، فإن التحول الرقمي لا يتعلق فقط بتبسيط التعامل مع المعلومات. إنه يتعلق بالقضاء على التعقيد المفرط

في إدارة البيانات، والانتقال من الفوضى إلى القدرة على التنبؤ، ومن الأنظمة المتعددة إلى عملية يمكن التحكم فيها. وكلما قل تعقيد الهيكل، قلّت الكود المطلوب لدعمه. وفي المستقبل، قد تختفي الشيفرة البرمجية في حد ذاتها تمامًا، مما يفسح المجال للعوامل الذكية التي تقوم بتحليل البيانات وتنظيمها وتحويلها بشكل مستقل.

تمكّن أنظمة التخزين المتكاملة من الانتقال إلى وكلاء الذكاء الاصطناعي

كلما كانت البيانات والأنظمة أقل كلما قلّت التعليمات البرمجية التي تحتاج إلى كتابتها وصيانتها. وأسهل طريقة لتوفير التطوير هي التخلص من التعليمات البرمجية تمامًا، واستبدالها بالبيانات. عندما ينتقل تطوير التعليمات البرمجية للتطبيق من التعليمات البرمجية إلى نماذج البيانات، يكون هناك حتمًا تحول نحو نهج يركز على البيانات ()، لأن هناك طريقة تفكير مختلفة تمامًا وراء هذه المفاهيم.

> عندما يختار المرء العمل مع البيانات في المركز، يبدأ المرء في رؤية دورها بشكل مختلف. فالبيانات لم تعد مجرد "مادة خام" للتطبيقات، بل أصبحت الآن الأساس الذي تُبنى حوله البنية والمنطق والتفاعل.

عادةً ما يبدأ النهج التقليدي لإدارة البيانات على مستوى التطبيق وفي البناء يشبه النظام البيروقراطي المرهق: موافقات متعددة المستويات، وفحوصات يدوية، وإصدارات لا نهاية لها من الوثائق من خلال منتجات البرمجيات ذات الصلة. مع تطور التقنيات الرقمية، ستضطر المزيد والمزيد من الشركات إلى التحول إلى مبدأ البساطة - لتخزين واستخدام ما هو ضروري حقًا وسيتم استخدامه فقط.

وقد أخذ البائعون بمنطق التقليل إلى الحد الأدنى. وبغية تبسيط تخزين البيانات ومعالجتها، يجري نقل عمل

المستخدم من التطبيقات والأدوات غير المتصلة بالإنترنت إلى الخدمات السحابية وما يسمى بحلول SaaS.

> يعد مفهوم SaaS (البرمجيات كخدمة، أو "البرمجيات كخدمة") أحد الاتجاهات الرئيسية في البنى التحتية الحديثة لتكنولوجيا المعلومات، مما يسمح للمستخدمين بالوصول إلى التطبيقات عبر الإنترنت دون الحاجة إلى تثبيت البرامج وصيانتها على أجهزة الكمبيوتر الخاصة بهم.

فمن ناحية، سهّلت البرمجيات كخدمة التوسع والتحكم في الإصدار وخفض تكاليف الدعم والصيانة، ولكن من ناحية أخرى، بالإضافة إلى الاعتماد على منطق تطبيق معين، فقد جعلت المستخدم يعتمد بشكل كامل على البنية التحتية السحابية للمزود. إذا تعطلت الخدمة، يمكن أن يتم حظر الوصول إلى البيانات والعمليات التجارية بشكل مؤقت أو حتى دائم. وبالإضافة إلى ذلك، يتم تخزين جميع بيانات المستخدم عند العمل مع تطبيقات SaaS على خوادم مقدم الخدمة، مما يخلق مخاطر أمنية ومخاطر الامتثال التنظيمي. قد تؤدي التغييرات في التعريفات أو شروط الاستخدام أيضًا إلى زيادة التكاليف أو الحاجة إلى الترحيل العاجل.

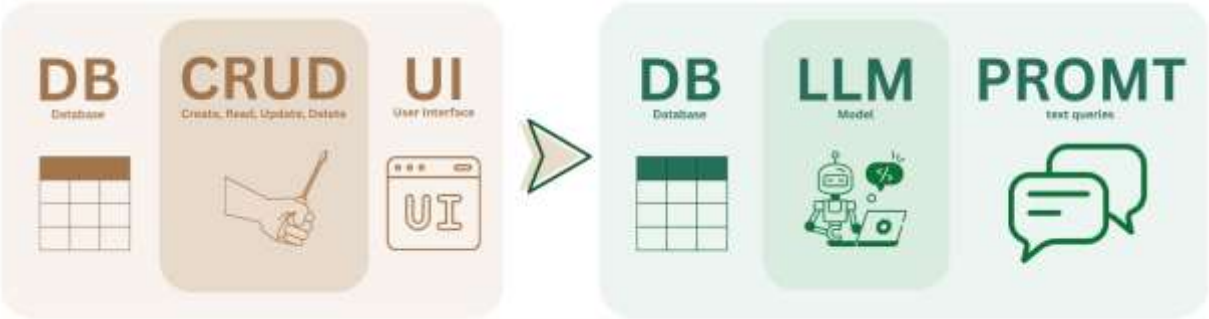
وقد شكك تطوير الذكاء الاصطناعي ، والوكلاء والنهج المرتكز على البيانات في مستقبل التطبيقات في شكلها التقليدي وتنفيذ SaaS. فبينما كانت التطبيقات والخدمات مطلوبة في السابق لإدارة منطق الأعمال ومعالجة البيانات، ومع ظهور وكلاء الذكاء الاصطناعي، قد تتحول هذه الوظائف إلى أنظمة ذكية تعمل مباشرة مع البيانات.

هذا هو السبب في تزايد مناقشة البنى الهجينة في أقسام تكنولوجيا المعلومات وعلى مستوى الإدارة، حيث يكمل الذكاء الاصطناعي - الوكلاء والحلول المحلية الخدمات السحابية، مما يقلل من الاعتماد على المنصات البرمجية كخدمة.

> **ويدرك النهج الذي نتبعه أن تطبيقات الأعمال التقليدية أو تطبيقات SaaS قد تتغير بشكل كبير في عصر الوكلاء. هذه التطبيقات هي في الأساس عبارة عن قواعد بيانات CRUD [إنشاء وقراءة وتحديث وحذف] مع منطق الأعمال. ولكن في المستقبل، سيتولى وكلاء الذكاء الاصطناعي [46] هذا المنطق في المستقبل.**
>
> **- ساتيا ناديلا، الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت، 2024.**

يمكن للنهج الذي يركز على البيانات واستخدام وكلاء الذكاء الاصطناعي/إدارة التعلم الآلي أن يقلل من العمليات الزائدة عن الحاجة، وبالتالي يقلل من عبء العمل على الموظفين. عندما يتم تنظيم البيانات بشكل صحيح، يصبح من الأسهل تحليلها وتصورها وتطبيقها على عملية صنع القرار. فبدلاً من التقارير والفحوصات التي لا نهاية لها، يمكن للمتخصصين الوصول إلى أحدث المعلومات ببضع نقرات أو بمساعدة وكلاء LLM تلقائيًا في شكل مستندات ولوحات معلومات جاهزة.

ستتم مساعدتنا في معالجة البيانات من خلال أدوات الذكاء الاصطناعي (AI) ومحادثات LLM. في السنوات الأخيرة، كان هناك اتجاه في السنوات الأخيرة بعيدًا عن عمليات CRUD التقليدية (إنشاء، قراءة، تحديث، حذف) نحو استخدام نماذج اللغة الكبيرة (LLMs) لإدارة البيانات. إن نماذج اللغات الكبيرة قادرة على تفسير اللغة الطبيعية وتوليد استعلامات قواعد البيانات المناسبة تلقائيًا، مما يبسط التفاعل مع أنظمة إدارة البيانات (الشكل3-2.2).



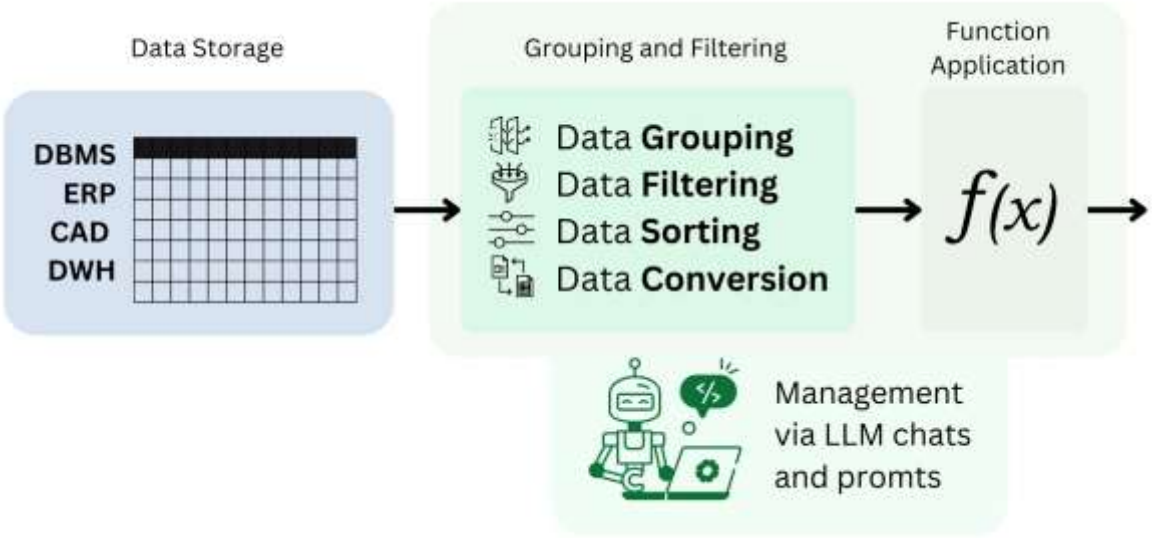
الشكل3-2.2 سيحل الذكاء الاصطناعيمحل حلول التخزين وقواعد البيانات ودمجها، مما يؤدي إلى إزاحة التطبيقات التقليدية وعمليات CRUD تدريجياً.

> **في غضون 3 إلى 6 أشهر القادمة، سيكتب الذكاء الاصطناعي 90% من التعليمات البرمجية، وفي غضون 12 شهرًا يمكن أن يتم إنشاء جميع التعليمات البرمجية تقريبًا بواسطة الذكاء الاصطناعي [47].**
>
> **- داريو أمودي، الرئيس التنفيذي لشركة LLM Anthropic، مارس 2025.**

على الرغم من التطور السريع لأدوات تطوير الذكاء الاصطناعي (على سبيل المثال، GitHub Copilot)، لا يزال المطورون في عام 2025 يلعبون دوراً رئيسياً في هذه العملية. أصبح وكلاء الذكاء الاصطناعي مساعدين مفيدين بشكل متزايد: فهم يفسرون استعلامات المستخدم تلقائياً، أو ينشئون استعلامات SQL و Pandas (المزيد عن هذا في الفصول التالية)، أو يكتبون التعليمات البرمجية لتحليل البيانات. وبهذه الطريقة، يحل الذكاء الاصطناعي تدريجياً محل واجهات المستخدم التقليدية للتطبيقات.

سيؤدي انتشار نماذج الذكاء الاصطناعي ، مثل النماذج اللغوية، إلى تطوير البنى الهجينة. بدلاً من التخلي تمامًا عن الحلول السحابية ومنتجات SaaS ، قد نشهد تكامل الخدمات السحابية مع أنظمة إدارة البيانات المحلية. على سبيل المثال، يتيح التعلم الموحد نماذج قوية للذكاء الاصطناعي دون الحاجة إلى نقل البيانات الحساسة إلى السحابة. وبهذه الطريقة،

يمكن للشركات أن تحافظ على التحكم في بياناتها مع إمكانية الوصول إلى التقنيات المتقدمة.



الشكل4-2-2.2 سيتم التعامل مع العمليات الأساسية للتجميع والتصفية والفرز متبوعة بتطبيق الدالة بواسطة دردشات LLM.

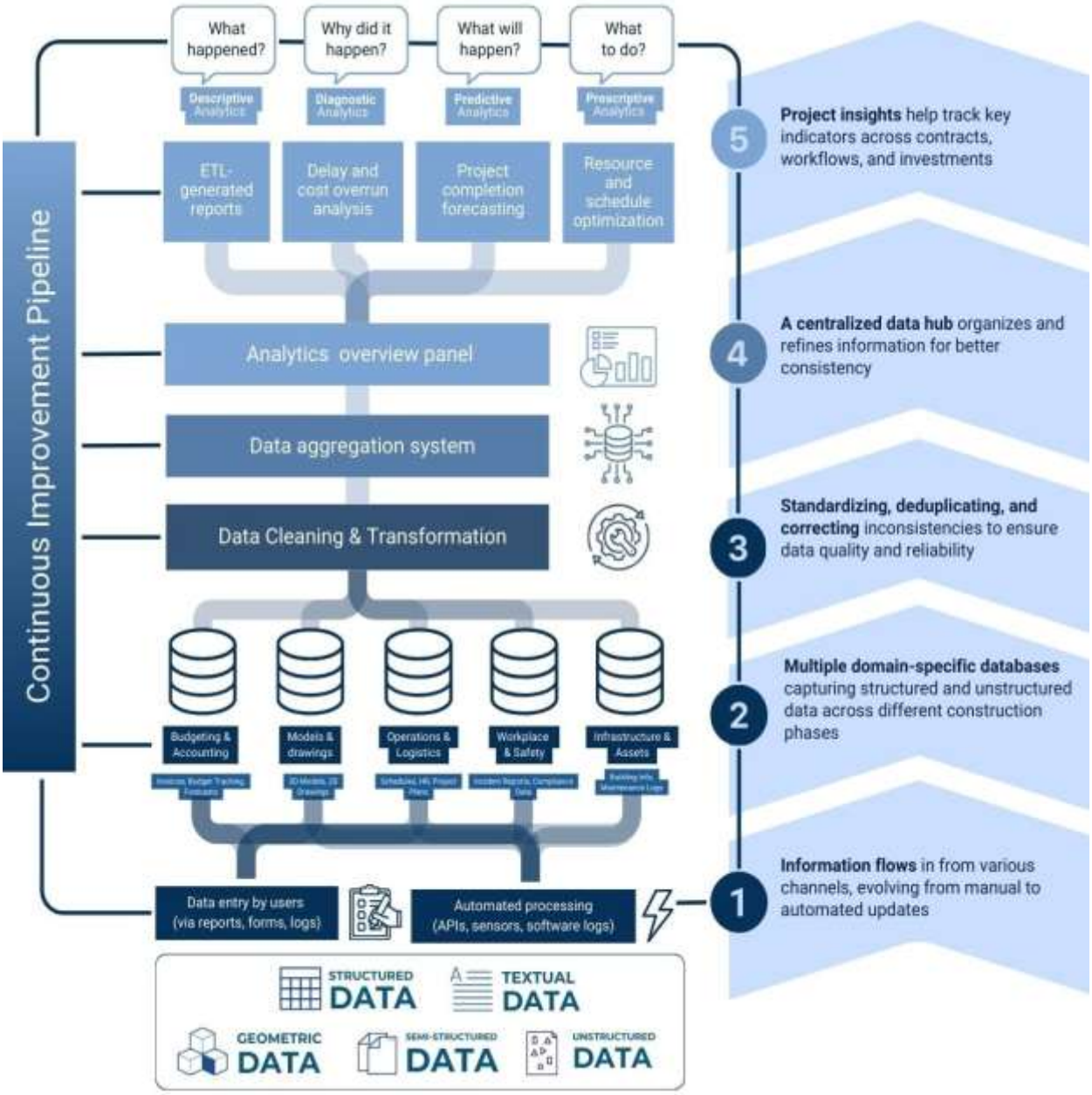
سيعتمد مستقبل صناعة البناء والتشييد على مزيج من الحلول المحلية والطاقة السحابية والنماذج الذكية التي تعمل معًا لإنشاء أنظمة إدارة بيانات فعالة وآمنة. سيمكن LLM المستخدمين الذين ليس لديهم معرفة تقنية عميقة من التفاعل مع قواعد البيانات ومستودعات البيانات من خلال صياغة استفساراتهم بلغة طبيعية. سنتحدث أكثر عن وكلاء LLM والذكاء الاصطناعي وكيفية عملهم في فصل "وكلاء LLM وتنسيقات البيانات المنظمة".

إن البيانات المنظمة بشكل صحيح وأدوات التحليلات البسيطة وسهلة الاستخدام التي تدعمها إدارة التعلم الآلي لن تسهل التعامل مع المعلومات فحسب، بل ستساعد أيضًا في تقليل الأخطاء وزيادة الكفاءة وأتمتة العمليات.

من جمع البيانات إلى اتخاذ القرار: الطريق إلى الأتمتة

في أجزاء لاحقة من الكتاب، سنبحث بالتفصيل في كيفية تفاعل المتخصصين مع بعضهم البعض وكيف تصبح

البيانات أساسًا لاتخاذ القرارات والأتمتة والكفاءة التشغيلية. يقدم الشكل2.2-5 مثالاً على رسم تخطيطي يوضح التسلسل لخطوات معالجة البيانات في نهج يركز على البيانات. ويوضح هذا الرسم البياني خط أنابيب التحسين المستمر)، والذي ستتم مناقشة أجزاء منه بالتفصيل لاحقًا في الكتاب.



الشكل5-2-2.2 مثال على خط أنابيب التحسين المستمر للبيانات: تدفق معالجة البيانات وتحليلها في مشاريع البناء.

النظام الذي يصف العمليات التجارية لشركة متوسطة الحجم مبني على مبدأ متعدد المستويات. وهو يشمل: جمع البيانات وتنقيتها وتجميعها ومعالجتها تحليلياً واتخاذ القرارات بناءً على النتائج. سنقوم بدراسة جميع هذه المراحل لاحقًا في الكتاب - سواءً في سياق نظري أو من خلال أمثلة عملية:

- في المستوى الأول، يتم **إدخال البيانات (**الشكل1-1-3.1 **)**. يتم تلقي المعلومات يدويًا (من خلال التقارير والنماذج والسجلات) وفي شكل آلي (من واجهة برمجة التطبيقات ، وأجهزة الاستشعار، ونظم البرمجيات). يمكن أن تكون البيانات ذات بنية مختلفة: هندسية، نصية، غير منظمة. في هذه المرحلة هناك حاجة إلى توحيد وهيكلة وتوحيد تدفقات المعلومات.
- المستوى التالي هو **معالجة البيانات وتحويلها**. وتشمل عمليات التنظيف وإزالة التكرارات وتصحيح الأخطاء وإعداد المعلومات لمزيد من التحليل (الشكل5-4.2). هذه المرحلة بالغة الأهمية لأن جودة التحليلات تعتمد بشكل مباشر على نظافة البيانات ودقتها.
- ثم **تتدفق البيانات** بعد ذلك **إلى جداول أو أطر بيانات أو قواعد بيانات متخصصة** مقسمة حسب المجالات الوظيفية: الميزانية والمحاسبة، والنماذج والرسومات، والخدمات اللوجستية، والأمن، والبنية التحتية. ويتيح هذا التقسيم سهولة الوصول إلى المعلومات وتحليلها بشكل متقاطع.
- ثم يتم **تجميع** البيانات **وعرضها في لوحة معلومات تحليلية** (عرض). يتم تطبيق أساليب التحليلات الوصفية والتشخيصية والتنبؤية والوصفية هنا. ويساعد ذلك في الإجابة عن الأسئلة الرئيسية (الشكل-1.1 4): ماذا حدث، ولماذا حدث، وماذا سيحدث في المستقبل وما هي الإجراءات التي يجب اتخاذها. على سبيل المثال، يمكن للنظام تحديد التأخيرات، والتنبؤ بإنجاز المشاريع أو تحسين الموارد.
- أخيرًا، يولد المستوى الأخير **استنتاجات تحليلية ومؤشرات رئيسية** تساعد على مراقبة تنفيذ العقود وإدارة الاستثمارات وتحسين العمليات التجارية (الشكل2-7.4). تصبح هذه المعلومات أساسًا لصنع القرار واستراتيجية تطوير الشركة.

وبالمثل، تنتقل البيانات من مرحلة جمعها إلى مرحلة استخدامها في الإدارة الاستراتيجية. في الأجزاء التالية من الكتاب، سنتناول كل مرحلة بالتفصيل، مع التركيز على أنواع البيانات، وتقنيات معالجة البيانات، وأدوات التحليلات وحالات واقعية لكيفية استخدام هذه الأساليب في صناعة البناء.

الخطوات التالية: تحويل الفوضى إلى نظام يمكن التحكم فيه

في هذا الجزء، استكشفنا تحديات صوامع المعلومات وبحثنا في تأثير التعقيد المفرط للأنظمة على أداء الأعمال، وحللنا الانتقال من الثورة الصناعية الرابعة إلى الثورة الصناعية الخامسة، حيث البيانات وليس التطبيقات هي الأساس. ورأينا كيف أن نظم المعلومات المنعزلة تخلق عوائق أمام مشاركة المعرفة، وأن التعقيد المستمر في مشهد تكنولوجيا المعلومات يقلل من الإنتاجية ويمنع الابتكار في صناعة البناء والتشييد.

لتلخيص هذا الجزء، يجدر بنا أن نسلط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق المناهج التي تمت مناقشتها في مهامك اليومية:

- تصور المشهد المعلوماتي الخاص بك
  - ☐ قم بإنشاء خريطة مرئية لمصادر البيانات (ميرو، فيجما، كانفا) التي تعمل بها بشكل منتظم
  - ☐ أضف الأنظمة والتطبيقات التي تستخدمها في عملك إلى هذه الخريطة
  - ☐ تحديد الوظائف التي يحتمل أن تكون مكررة والحلول الزائدة عن الحاجة
  - ☐ تحديد النقاط الحرجة التي يمكن أن يحدث فيها فقدان البيانات أو تلفها أثناء النقل بين الأنظمة
- تنفيذ ممارسات إدارة البيانات الشخصية
  - ☐ تحويل التركيز من التطبيقات إلى البيانات كأصل رئيسي في العمليات
  - ☐ توثيق مصادر البيانات ومنهجية المعالجة لضمان الشفافية
  - ☐ تطوير آليات لتقييم جودة البيانات وتحسينها

- السعي لضمان إدخال البيانات مرة واحدة واستخدامها بشكل متكرر - وهذا هو أساس التنظيم الفعال للعملية

- تعزيز النهج المرتكز على البيانات (القائم على البيانات) في فريقك
  - اقتراح استخدام تنسيقات موحدة وموحدة لتبادل البيانات بين النظراء
  - إثارة القضايا المتعلقة بجودة البيانات وتوافرها بشكل منتظم في اجتماعات الفريق
  - تعرّف على البدائل مفتوحة المصدر للأدوات التي تستخدمها لحل مشكلاتك

ابدأ على نطاق صغير - اختر عملية واحدة أو مجموعة بيانات محددة ذات أهمية بالغة في عملك وطبق نهجًا يركز على البيانات عليها، مع تحويل التركيز من الأدوات إلى البيانات. من خلال تحقيق النجاح في عملية تجريبية واحدة، لن تحصل على خبرة عملية فحسب، بل ستحصل أيضًا على عرض واضح لفوائد المنهجية الجديدة لفريقك. عند إكمال معظم هذه الخطوات، إذا كانت لديك أسئلة، يمكنك طلب التوضيح والمساعدة من أي من أحدث ما توصلت إليه في مجال إدارة التعلم الآلي.

سننتقل في الأجزاء التالية من الكتاب إلى إلقاء نظرة أكثر تفصيلاً على تقنيات هيكلة البيانات ومواءمتها واستكشاف الأساليب العملية لدمج المعلومات غير المتجانسة. سنولي اهتماماً خاصاً للانتقال من صوامع البيانات المتباينة إلى نظم البيانات الموحدة، والتي تلعب دوراً رئيسياً في التحول الرقمي لصناعة البناء والتشييد.

الجزء III

إطار عمل البيانات في عمليات أعمال الإنشاءات

في الجزء الثالث، يتم تكوين فهم شامل لتصنيف البيانات في البناء وطرق تنظيمها الفعال. يتم تحليل خصائص وتفاصيل العمل مع البيانات المنظمة وغير المنظمة وشبه المنظمة والنصية والهندسية في سياق مشاريع البناء. يتم استعراض صيغ وبروتوكولات التخزين الحديثة لتبادل المعلومات بين الأنظمة المختلفة المستخدمة في الصناعة. كما يتم وصف الأدوات والتقنيات العملية لتحويل البيانات متعددة التنسيقات إلى بيئة منظمة واحدة، بما في ذلك كيفية دمج بيانات (BIM) CAD. يتم اقتراح مناهج لضمان جودة البيانات من خلال التوحيد القياسي والتحقق من صحتها، وهو أمر بالغ الأهمية لدقة حسابات البناء. يتم تحليل الجوانب العملية لاستخدام التقنيات الحديثة (LLM ، Python Pandas - النماذج) مع أمثلة برمجية لحل المشاكل النموذجية في صناعة البناء والتشييد بالتفصيل. كما يتم إثبات قيمة إنشاء مركز الكفاءة (CoE) كهيكل تنظيمي لتنسيق وتوحيد مناهج إدارة المعلومات.

الفصل 3.1.

أنواع البيانات في البناء

أهم أنواع البيانات في صناعة الإنشاءات

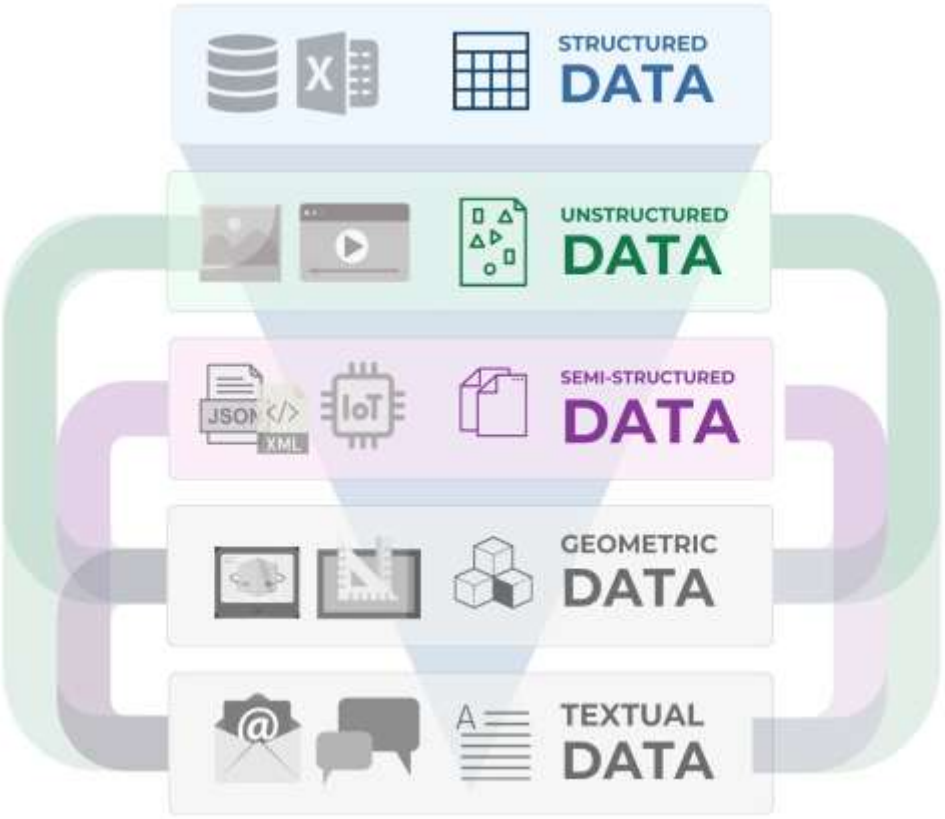
في صناعة البناء والتشييد الحديثة، تمتلئ الأنظمة والتطبيقات ومستودعات البيانات في الشركات بنشاط بالمعلومات والبيانات من مختلف الأنواع والأشكال (الشكل3.1-1). دعونا نلقي نظرة فاحصة على الأنواع الرئيسية للبيانات التي تشكل المشهد المعلوماتي لشركة حديثة تعمل في صناعة البناء والتشييد:

- البيانات المهيكلة: تحتوي هذه البيانات على هيكل تنظيمي واضح، مثل جداول بيانات Excel وقواعد البيانات العلائقية.
- البيانات غير المنظمة: هي المعلومات غير المنظمة وفقًا لقواعد صارمة. ومن أمثلة هذه البيانات النصوص والفيديو والصور والتسجيلات الصوتية.
- البيانات المنظمة بشكل فضفاض: تحتل هذه البيانات موقعًا وسيطًا بين البيانات المنظمة وغير المنظمة. تحتوي على عناصر هيكلية، ولكن هذه البنية ليست واضحة دائماً أو غالباً ما يتم وصفها من خلال مخططات مختلفة. ومن أمثلة البيانات شبه المنظمة في البناء: المواصفات الفنية أو وثائق المشروع أو التقارير المرحلية.
- البيانات النصية: تشمل كل ما هو مستمد من الاتصالات الشفوية والمكتوبة، مثل رسائل البريد الإلكتروني، ونصوص الاجتماعات والمواعيد.
- بيانات هندسية: تأتي هذه البيانات من برامج CAD حيث يقوم المتخصصون بإنشاء بيانات هندسية لعناصر

المشروع لتصورها أو تأكيد قيم الحجم أو التحقق من التصادم.

من المهم أن نلاحظ أن البيانات الهندسية والنصية (الأبجدية الرقمية) ليست فئة منفصلة، بل يمكن أن تكون موجودة في جميع أنواع البيانات الثلاثة. فالبيانات الهندسية ، على سبيل المثال، يمكن أن تكون جزءًا من البيانات المنظمة (تنسيقات CAD البارامترية) والبيانات غير المنظمة (الرسومات الممسوحة ضوئيًا). وبالمثل، يمكن أن تكون البيانات النصية منظمة في قواعد بيانات (بيانات منظمة) وموجودة كوثائق بدون هيكل واضح.

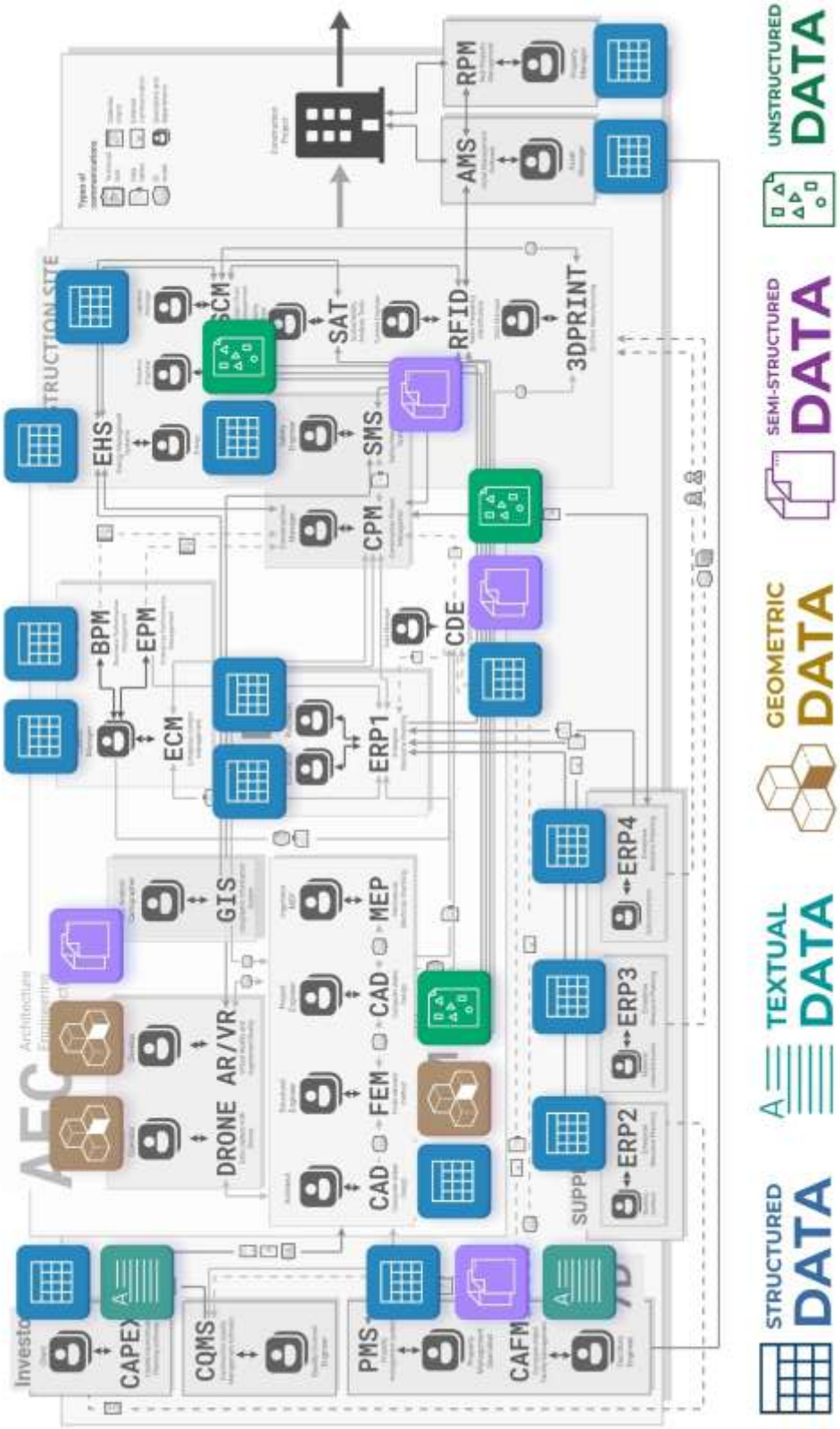
يمثل كل نوع من أنواع البيانات في شركة الإنشاءات عنصرًا فريدًا في فسيفساء أصول معلومات الشركة. من البيانات غير المنظمة، مثل الصور من مواقع البناء والتسجيلات الصوتية للاجتماعات، إلى السجلات المنظمة، بما في ذلك الجداول وقواعد البيانات، يلعب كل عنصر دورًا مهمًا في تشكيل مشهد معلومات الشركة.



الشكل1-3.1.3 يجب أن يتعلم المهندسون ومديرو البيانات كيفية التعامل مع جميع أنواع البيانات المستخدمة في صناعة البناء والتشييد.

فيما يلي قائمة عينة من بعض الأنظمة وأنواع البيانات المرتبطة بها (الشكل2-3.1) المستخدمة في البناء:

- تخطيط موارد المؤسسة (تخطيط موارد المؤسسة) - يتعامل مع البيانات المنظمة بشكل عام للمساعدة في إدارة موارد المؤسسة ودمج مختلف العمليات التجارية.
- التصميم بمساعدة الحاسوب (التصميم بمساعدة الحاسوب) مع نمذجة معلومات البناء (نمذجة معلومات البناء) - يستخدم بيانات هندسية وشبه منظمة لتصميم ونمذجة مشاريع البناء، مما يضمن دقة المعلومات واتساقها خلال مرحلة التصميم.
- نظام المعلومات الجغرافية (نظم المعلومات الجغرافية) - يعمل مع البيانات الهندسية والمنظمة لإنشاء وتحليل البيانات الخرائطية والعلاقات المكانية.
- تحديد الهوية بالترددات الراديوية (تحديد الهوية بالترددات الراديوية) - يستخدم بيانات شبه منظمة لتتبع المواد والمعدات بكفاءة في موقع البناء باستخدام تحديد الهوية بالترددات الراديوية.
- إدارة المحتوى الهندسي (إدارة المحتوى الهندسي) هو نظام لإدارة البيانات والوثائق الهندسية، بما في ذلك البيانات شبه المنظمة وغير المنظمة مثل الرسومات الفنية ووثائق التصميم.

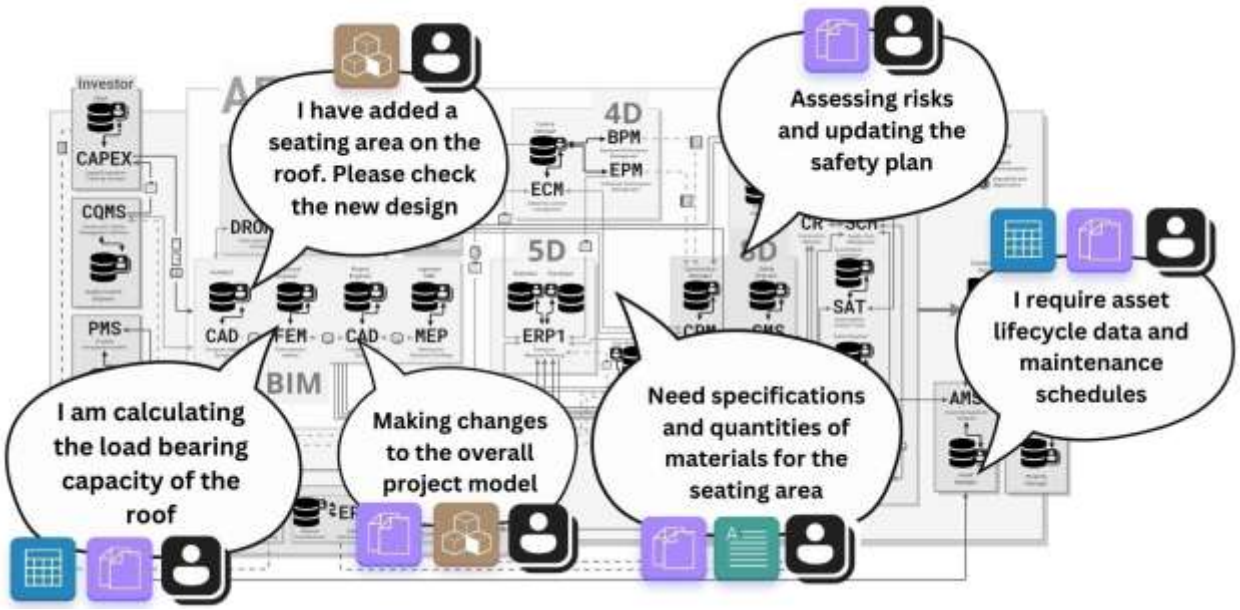

AEC
Architecture
Engineering
CONSTRUCTION SITE
Investo
CAPEX
CQMS
PMS
CAFM
DRONE
AR/VR
GIS
CAD
FEM
CAD
MEP
BPM
EPM
ECM
ERP1
CDE
EHS
SCM
SAT
SMS
CPM
RFID
3DPRINT
RPM
AMS
ERP2
ERP3
ERP4
STRUCTURED DATA
TEXTUAL DATA
GEOMETRIC DATA
SEMI-STRUCTURED DATA
UNSTRUCTURED DATA

الشكل3.1-2.3 تملأ التنسيقات والبيانات المختلفة أنظمة مختلفة، مما يتطلب ترجمتها إلى شكل مناسب للتكامل المعقد.

تدير هذه الأنظمة والعديد من أنظمة الشركة الأخرى مجموعة واسعة من البيانات، بدءاً من البيانات الجدولية المنظمة إلى النماذج الهندسية المعقدة، مما يوفر تعاوناً متكاملاً في عمليات التصميم والتخطيط وإدارة الإنشاءات.

في مثال الحوار المبسط (الشكل3-3.1)، يتم تبادل أنواع مختلفة من البيانات بين المتخصصين في مشروع البناء:

- **المهندس المعماري**: "مع مراعاة رغبات العميل، أضفت منطقة جلوس على السطح. يرجى إلقاء نظرة على التصميم الجديد" (بيانات هندسية - نموذج).
- **مهندس إنشائي**: "تم استلام المشروع. أقوم بحساب القدرة التحميلية للسقف لمنطقة الاستجمام الجديدة" (بيانات منظمة وشبه منظمة - جداول حسابية).
- **مدير المشتريات**: "الحاجة إلى مواصفات وكميات المواد لمنطقة الاستجمام لتنظيم عملية الشراء" (بيانات نصية وشبه منظمة - قوائم ومواصفات).
- **مهندس الصحة والسلامة**: "تلقيت بيانات عن المنطقة الجديدة. أقوم بتقييم المخاطر وتحديث خطة السلامة" (بيانات شبه منظمة - وثائق وخطط).
- **متخصص في نمذجة معلومات المباني** - النمذجة: "إجراء تغييرات على نموذج المشروع الكلي لضبط وثائق العمل" (البيانات الهندسية والبيانات شبه المنظمة).
- **مدير المشروع**: "أقوم بدمج منطقة الاستراحة الجديدة في جدول العمل. أقوم بتحديث الجداول الزمنية والموارد في نظام إدارة المشروع" (البيانات المنظمة وشبه المنظمة - الجداول الزمنية والخطط).
- **أخصائي صيانة المرافق (FM)**: "أقوم بإعداد البيانات الخاصة بالصيانة المستقبلية لمنطقة الاستجمام وإدخالها في نظام إدارة الممتلكات" (بيانات منظمة وشبه منظمة - التعليمات وخطط الصيانة).



الشكل3-1-1-3 يتم التواصل بين المتخصصين على مستويي النص والبيانات.

يعمل كل محترف مع أنواع مختلفة من البيانات لضمان التعاون الفعال لفريق العمل ونجاح المشروع. يتيح لك فهم الاختلافات بين البيانات المهيكلة وشبه المهيكلة وغير المهيكلة التعرف على الدور الفريد الذي يلعبه كل نوع في عمليات الأعمال الرقمية. من المهم ليس فقط معرفة أن هناك أشكالاً مختلفة من البيانات، ولكن أيضًا فهم كيفية ومكان وسبب استخدامها.

> منذ وقت ليس ببعيد، كانت فكرة الجمع بين هذه البيانات المتنوعة تبدو طموحة ولكن من الصعب تحقيقها. أما اليوم، فقد أصبحت بالفعل جزءًا من الممارسة اليومية. أصبح دمج البيانات ذات المخططات والهياكل المختلفة جزءًا لا يتجزأ من بنية نظم المعلومات الحديثة.

سنبحث في الفصول التالية بالتفصيل في المعايير والنهج الرئيسية التي تتيح دمج البيانات المنظمة وشبه المنظمة وغير المنظمة في عرض واحد متماسك. سيتم إيلاء اهتمام خاص بالبيانات المنظمة وقواعد البيانات العلائقية باعتبارها الآليات الرئيسية لتخزين ومعالجة وتحليل المعلومات في صناعة البناء والتشييد.

البيانات المهيكلة

في صناعة الإنشاءات، تأتي المعلومات من مصادر عديدة - الرسومات والمواصفات والجداول الزمنية والتقارير. ولإدارة هذا التدفق من المعلومات بفعالية، يجب تنظيمها. تتيح لك البيانات المهيكلة تنظيم المعلومات في شكل ملائم وقابل للقراءة ويمكن الوصول إليه.

> وفقًا للتقرير السنوي الخامس لتكنولوجيا البناء الصادر عن شركة JB Knowledge [17]، فإن 67% من المتخصصين في إدارة مشاريع البناء يتتبعون ويقيمون أداء العمل يدويًا أو باستخدام جداول البيانات.

بعض تنسيقات البيانات المنظمة الأكثر شيوعًا هي XLSX و CSV. وهي تُستخدم على نطاق واسع لتخزين المعلومات ومعالجتها وتحليلها في جداول البيانات. في جداول البيانات هذه، يتم تقديم البيانات في شكل صفوف وأعمدة، مما يسهل قراءتها وتحريرها وتحليلها

XLSX ، وهو **تنسيق** تم إنشاؤه بواسطة مايكروسوفت، ويستند إلى استخدام بنية XML ويتم أرشفته باستخدام خوارزمية ZIP. الميزات الرئيسية للتنسيق:

- دعم الصيغ المعقدة والمخططات ووحدات الماكرو.
- القدرة على تخزين البيانات في أوراق مختلفة بالإضافة إلى تنسيق المعلومات.
- مُحسّن لمايكروسوفت Excel ، ولكنه متوافق مع البرامج المكتبية الأخرى.

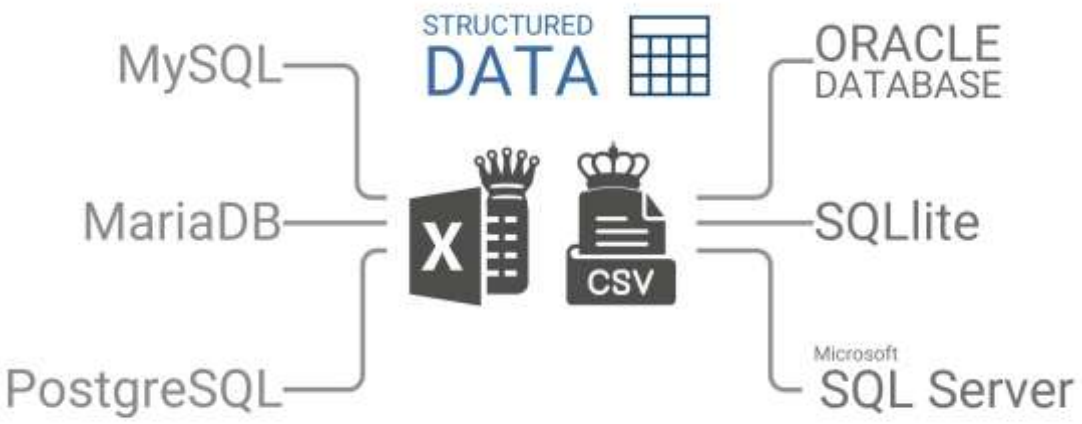
تنسيق CSV هو ملف نصي عادي يتم فيه فصل القيم بفواصل أو فواصل منقوطة أو أحرف تحديد أخرى. المزايا الرئيسية:

- توافق عالمي مع مختلف البرامج وأنظمة التشغيل.
- سهولة الاستيراد/التصدير إلى قواعد البيانات والأنظمة التحليلية.

- سهولة المعالجة حتى في برامج تحرير النصوص.

ومع ذلك، لا يدعم ملف CSV الصيغ والتنسيق، لذا فإن تطبيقه الرئيسي هو تبادل البيانات بين الأنظمة والتحديثات الجماعية للمعلومات. ونظرًا لتعدد استخداماته واستقلاليته عن النظام الأساسي، أصبح CSV أداة شائعة لنقل البيانات في بيئات تكنولوجيا المعلومات غير المتجانسة.

يعمل التنسيقان XLSX و CSV كحلقة وصل بين النظم المختلفة التي تتعامل مع البيانات المهيكلة (الشكل-3.1 4). وهي مفيدة بشكل خاص في المهام التي تكون فيها سهولة القراءة والتحرير اليدوي والتوافق الأساسي مهمة



الشكل4 - 3.1 - 3.1 إن تنسيقي XLSX و CSV هما الرابط بين الأنظمة المختلفة التي تعمل مع البيانات المهيكلة.

> استقلالية المنصة تجعل من CSV التنسيق الأكثر شيوعًا لنقل البيانات في بيئات وأنظمة تكنولوجيا المعلومات غير المتجانسة.

ومع ذلك، لم يتم تصميم XLSX و CSV للحوسبة عالية الأداء أو التخزين طويل الأجل لكميات كبيرة من البيانات.

تُستخدم تنسيقات منظمة أكثر حداثة مثل Apache ORC ، Apache Parquet ، و Feather ، و HDF5 لمثل هذه الأغراض. ستتم مناقشة هذه التنسيقات بمزيد من التفصيل في فصل "تخزين البيانات الضخمة: تحليل التنسيقات الشائعة وفعاليتها" في الجزء التاسع من هذا الكتاب

في الممارسة العملية، يستخدم برنامج Excel مع تنسيق XLSX في كثير من الأحيان للمهام الصغيرة وأتمتة العمليات الروتينية. وتتطلب السيناريوهات الأكثر تعقيدًا استخدام نظم إدارة البيانات مثل تخطيط موارد المؤسسات ، ونظام إدارة المشاريع وإدارة المرافق ، وإدارة المحتوى ، وإدارة المحتوى في المؤسسة ، وإدارة المحتوى في المؤسسة وغيرها (الشكل 3-2-1). تقوم هذه الأنظمة بتخزين البيانات المهيكلة التي يستند إليها تنظيم وإدارة تدفقات معلومات الشركة.

تعتمد أنظمة معلومات إدارة البيانات الحديثة المستخدمة في صناعة الإنشاءات على بيانات منظمة منظمة في شكل جداول. ولإدارة كميات كبيرة من المعلومات بشكل موثوق به وقابل للتطوير والشمولية ، يتجه مطورو التطبيقات والنظم إلى نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية (RDBMS).

قواعد البيانات العلائقية قواعد البيانات العلائقية ولغة استعلام SQL

لتخزين البيانات ومعالجتها وتحليلها بكفاءة، فإن **قواعد البيانات العلائقية (RDBMS)** هي أنظمة تخزين البيانات التي تنظم المعلومات في جداول ذات علاقات محددة بينها.

> فالبيانات المنظمة في قواعد البيانات (RDBMS) ليست مجرد معلومات رقمية؛ فهي أساس المعاملات والتفاعلات بين الأنظمة المختلفة.

فيما يلي بعض أنظمة إدارة قواعد البيانات العلائقية الأكثر شيوعًا (RDBMS) (الشكل3.1-5):

- **MySQL** (مفتوحة المصدر) هي واحدة من أكثر أنظمة إدارة المحتوى الرقمي (RDBMS) شيوعًا، وهي جزء من مكدس LAMP (Linux، Apache، MySQL، PHP /Perl/Python). يستخدم على نطاق واسع في تطوير الويب نظرًا لبساطته وأدائه العالي.
- **PostgreSQL** (مفتوح المصدر) هو نظام قوي يعتمد على الكائنات والعلاقة بين الكائنات ومعروف بموثوقيته وميزاته المتقدمة. وهو مناسب لحلول المؤسسات المعقدة.
- **مايكروسوفت SQL Server** هو نظام تجاري من مايكروسوفت يُستخدم على نطاق واسع في بيئات الشركات نظرًا لتكامله مع منتجات الشركة الأخرى ومستوى الأمان العالي الذي يتمتع به.
- **قاعدة بيانات أوراكل** هي واحدة من أقوى أنظمة إدارة قواعد البيانات وأكثرها موثوقية المستخدمة في المؤسسات الكبيرة وتطبيقات المهام الحرجة.
- **IBM DB2** - يستهدف الشركات الكبيرة، ويوفر أداءً عاليًا وتحملاً للأخطاء.
- **SQLite** (مفتوح المصدر) هي قاعدة بيانات مدمجة خفيفة الوزن ، وهي مثالية للتطبيقات المحمولة والأنظمة المستقلة مثل برنامج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM).

تعمل نظم إدارة قواعد البيانات الشائعة في مجال الإنشاءات - MySQL ، و PostgreSQL ، و Microsoft SQL Server، و Oracle® Database، و IBM® DB2 و SQLite - مع البيانات المنظمة. وتعد جميع أنظمة إدارة قواعد البيانات هذه حلولاً قوية ومرنة لإدارة مجموعة واسعة من العمليات والتطبيقات التجارية، بدءًا من المواقع الإلكترونية الصغيرة إلى أنظمة المؤسسات الكبيرة (الشكل3.2-1).

> وفقًا ل [48] Statista، تمثل أنظمة إدارة قواعد البيانات العلائقية (RDBMS) حوالي 72% من إجمالي أنظمة إدارة قواعد البيانات المستخدمة في عام 2022.

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

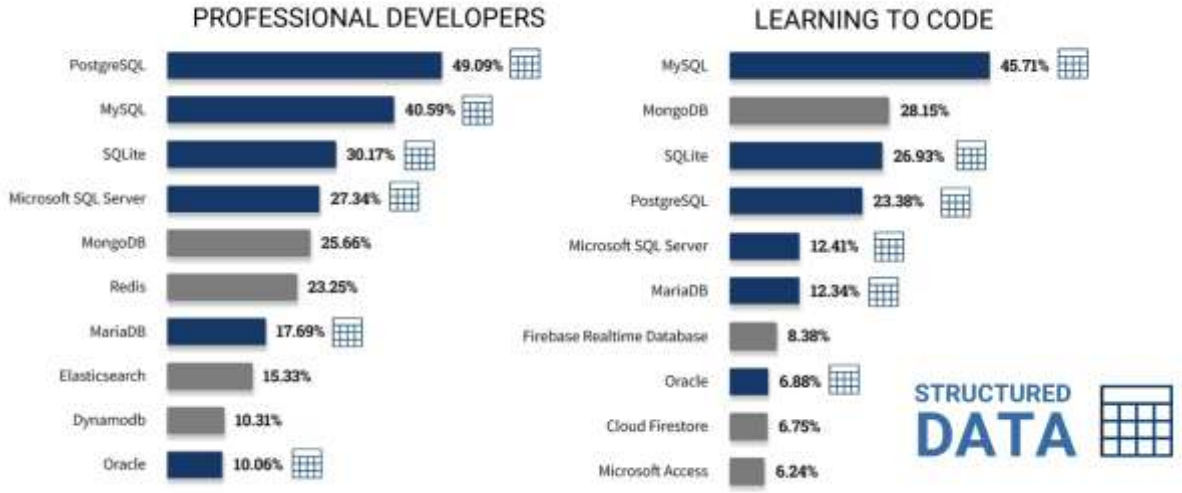
الشكل5-1-1-3 شعبية استخدام قواعد البيانات المهيكلة (المميزة باللون الأزرق) في ترتيب نظم إدارة قواعد البيانات (استنادًا إلى [49]).

من السهل جدًا تثبيت قواعد البيانات مفتوحة المصدر - حتى بدون معرفة تقنية واسعة. الأنظمة مفتوحة المصدر ، مثل PostgreSQL أو MySQL أو SQLite ، متاحة مجانًا وتعمل على معظم أنظمة التشغيل: ويندوز وماك ولينكس. كل ما تحتاجه هو الذهاب إلى الموقع الرسمي للمشروع وتنزيل المثبت واتباع التعليمات. في معظم الحالات، لا يستغرق التثبيت أكثر من 10-15 دقيقة. سنقوم بنمذجة وإنشاء قاعدة بيانات واحدة من هذا القبيل في الجزء الرابع من الكتاب (الشكل8-4.3).

إذا كانت شركتك تستخدم الخدمات السحابية (على سبيل المثال، Amazon Web Services أو Google Cloud أو Microsoft Azure)، يمكنك نشر قاعدة البيانات ببضع نقرات - ستقدم لك المنصة قوالب جاهزة للتثبيت. وبفضل

انفتاح الكود البرمجي، من السهل تخصيص قواعد البيانات هذه لمهامك، وسيساعدك مجتمع ضخم من المستخدمين دائماً في إيجاد حل لأي مشكلة.

لا يزال نظام إدارة قواعد البيانات الرقمية (RDBMS) هو الأساس لمجموعة من تطبيقات الأعمال ومنصات التحليلات (الشكل6-3.1) التي تمكّن الشركات من تخزين البيانات ومعالجتها وتحليلها بكفاءة - وبالتالي اتخاذ قرارات مستنيرة وفي الوقت المناسب.



الشكل6-3.1 استطلاع رأي المطورين في StackOverFlow (أكبر منتدى لتكنولوجيا المعلومات) حول قواعد البيانات التي استخدموها العام الماضي وأيها يريدون استخدامها العام المقبل (تم تمييز قواعد البيانات الرقمية المبنية على البيانات الرقمية باللون الأزرق) (استنادًا إلى [50]).

يوفر RDBMS الموثوقية واتساق البيانات ودعم المعاملات واستخدام لغة استعلام قوية - SQL (لغة الاستعلام المهيكلة)، والتي تستخدم غالبًا في التحليلات وتتيح لك الحصول على المعلومات المخزنة في قواعد البيانات وتعديلها وتحليلها بسهولة. SQL هي الأداة الرئيسية للعمل مع البيانات في الأنظمة العلائقية.

SQL - الاستعلامات في قواعد البيانات والاتجاهات الجديدة

تتمثل الميزة الرئيسية للغة SQL ، التي تستخدم غالبًا في قواعد البيانات العلائقية، على الأنواع الأخرى من إدارة المعلومات (على سبيل المثال، بمساعدة جداول بيانات Excel الكلاسيكية) في دعم أحجام كبيرة جدًا من قواعد البيانات بسرعة عالية في معالجة الاستعلام.

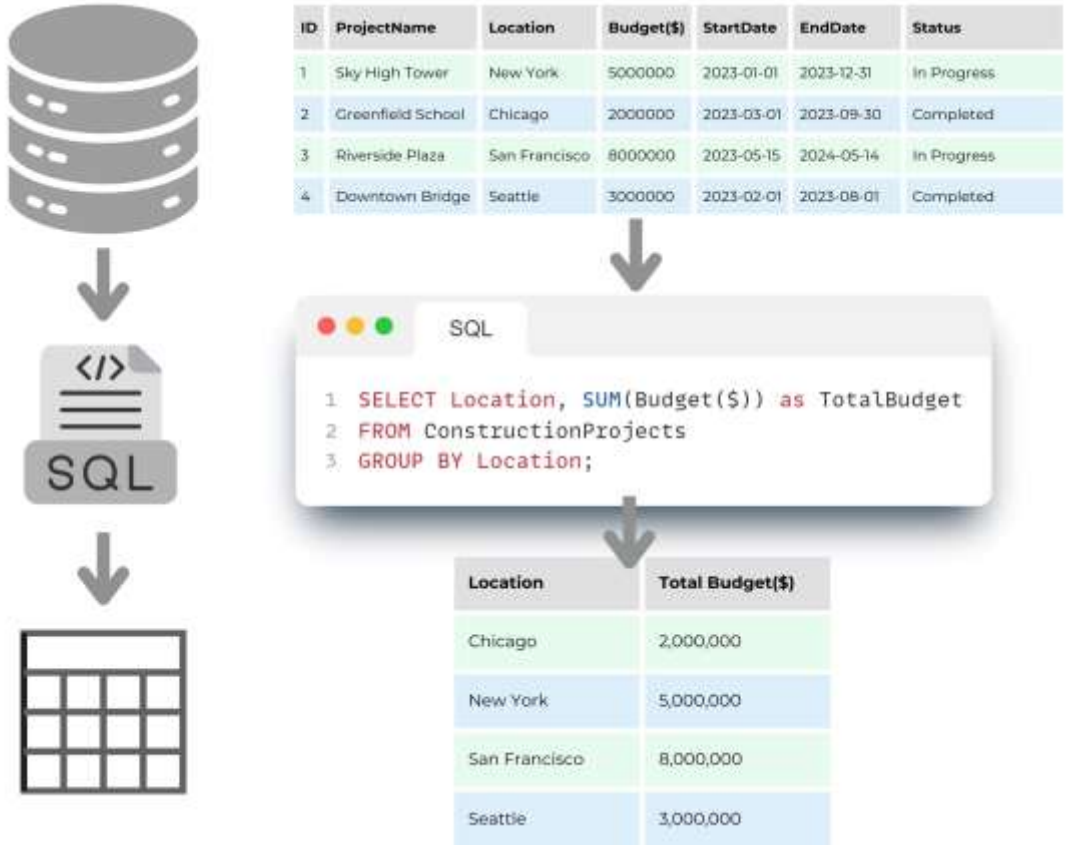
> لغة الاستعلام المهيكلة (SQL) هي لغة برمجة متخصصة مصممة لتخزين ومعالجة وتحليل المعلومات في قواعد البيانات العلائقية. تُستخدم SQL لإنشاء البيانات وإدارتها والوصول إليها، مما يسمح لك بالعثور على المعلومات وتصفيتها ودمجها وتجميعها بكفاءة. وهي بمثابة أداة رئيسية للوصول إلى البيانات، حيث توفر طريقة ملائمة ورسمية للتفاعل مع مخازن المعلومات.

ويمر تطور أنظمة SEQUEL-SQL من خلال منتجات وشركات كبيرة مثل Oracle و IBM DB2 و Microsoft SQL Server و SAP و PostgreSQL و MySQL ، وتوجت بظهور SQLite و MariaDB [51]. يوفر SQL إمكانات جداول بيانات غير موجودة في Excel ، مما يجعل معالجة البيانات أكثر قابلية للتطوير وأكثر أمانًا وسهولة في التشغيل الآلي:

- **إنشاء وإدارة هياكل البيانات (DDL):** في SQL يمكنك إنشاء وتعديل وحذف الجداول في قاعدة البيانات، وإنشاء روابط بينها وتحديد هياكل تخزين البيانات. من ناحية أخرى، يعمل Excel مع الأوراق والخلايا الثابتة، دون علاقات محددة بوضوح بين الأوراق ومجموعات البيانات.
- **معالجة البيانات (DML):** يسمح لك SQL بإضافة البيانات وتعديلها وحذفها واسترجاعها بسرعة كبيرة

من خلال إجراء استعلامات معقدة مع التصفية والفرز ووصلات الجداول (الشكل3.1-7). في Excel ، تتطلب معالجة كميات كبيرة من المعلومات إجراءات يدوية أو وحدات ماكرو خاصة، مما يبطئ العملية ويزيد من احتمال حدوث أخطاء.

- **التحكم في الوصول (DCL):** يسمح لك SQL بالتمييز بين حقوق الوصول إلى البيانات لمستخدمين مختلفين، مما يحد من القدرة على تحرير المعلومات أو عرضها. في Excel ، من ناحية أخرى، يكون الوصول إما مشتركًا (عند نقل ملف) أو يتطلب إعدادات معقدة مع مشاركة الأذونات عبر الخدمات السحابية.



الشكل3.1-7 مثال على **DML في** SQL: معالجة سريعة وتجميع وتجميع سريع مع بضعة أسطر من التعليمات البرمجية لمعالجة البيانات تلقائيًا.

يجعل Excel العمل مع البيانات أسهل بفضل هيكله المرئي والبديهي. ومع ذلك، كلما زادت كمية البيانات، انخفض أداء Excel. يواجه Excel أيضًا قيودًا على كمية البيانات التي يمكنه تخزينها - بحد أقصى مليون صف - ويتدهور الأداء قبل وقت طويل من الوصول إلى هذا الحد. لذلك بينما يبدو Excel أفضل لتصور كميات صغيرة من البيانات ومعالجتها، فإن SQL هو الأنسب للتعامل مع مجموعات البيانات الكبيرة.

تمثلت المرحلة التالية في تطوير البيانات المنظمة في ظهور قواعد البيانات العمودية (قواعد البيانات العمودية)، والتي تعد بديلاً لقواعد البيانات العلائقية التقليدية ، خاصة عندما يتعلق الأمر بأحجام البيانات الأكبر بكثير والحسابات التحليلية. على عكس قواعد البيانات الصفية، حيث يتم تخزين البيانات سطرًا بسطر، تسجل قواعد البيانات العمودية المعلومات حسب العمود. وبالمقارنة مع قواعد البيانات التقليدية، يسمح ذلك بـ

- تقليل مساحة التخزين عن طريق ضغط البيانات الموحدة في الأعمدة بكفاءة.
- تسريع الاستعلامات التحليلية حيث تتم قراءة الأعمدة المطلوبة فقط، وليس الجدول بأكمله.
- تحسين تحسين البيانات الضخمة وتخزين البيانات، على سبيل المثال بنية بحيرة البيانات.

سنتحدث أكثر عن قواعد البيانات العمودية و Pandas DataFrame و Apache Parquet و HDF5 وكذلك عن إنشاء البيانات الضخمة -المخازن القائمة عليها لأغراض تحليل البيانات ومعالجتها في الفصول التالية من هذا الكتاب - "DataFrame: تنسيق بيانات جدولي عالمي" و "تنسيقات تخزين البيانات والعمل مع Apache Parquet: DWH -مستودعات البيانات وبنية Data Lakehouse ".

البيانات غير المهيكلة

على الرغم من أن معظم البيانات المستخدمة في التطبيقات ونظم المعلومات تكون في شكل منظم، إلا أن معظم المعلومات التي يتم إنشاؤها في البناء تكون في شكل بيانات غير منظمة - صور ومقاطع فيديو ووثائق

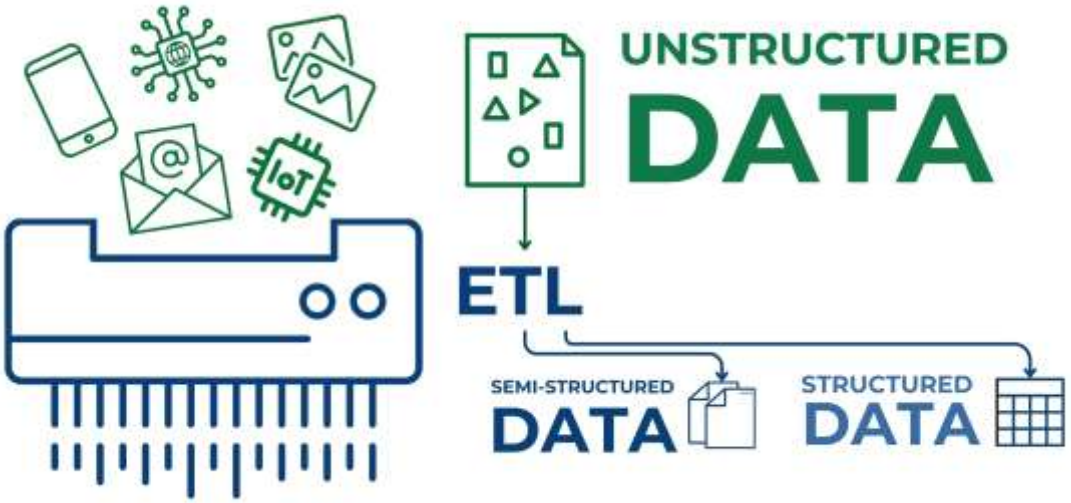
نصية وتسجيلات صوتية وأشكال أخرى من المحتوى. وهذا صحيح بشكل خاص في مراحل الإنشاء والتشغيل والإشراف الفني، حيث تسود المعلومات المرئية والنصية.

البيانات غير المهيكلة هي معلومات ليس لها نموذج أو هيكل محدد مسبقًا، وليست منظمة في صفوف وأعمدة تقليدية كما هو الحال في قواعد البيانات أو الجداول.

بشكل عام، يمكن تصنيف البيانات غير المنظمة إلى فئتين:

- البيانات غير المهيكلة التي ينشئها الإنسان، والتي تتضمن أنواعًا مختلفة من المحتوى الذي ينشئه الإنسان: المستندات النصية ورسائل البريد الإلكتروني والصور ومقاطع الفيديو وما إلى ذلك.
- يتم إنشاء البيانات غير المهيكلة التي تنشئها الأجهزة وأجهزة الاستشعار بواسطة الآلة: وتشمل هذه البيانات ملفات السجلات، وبيانات النظام العالمي لتحديد المواقع، ونتائج إنترنت الأشياء (إنترنت الأشياء) وغيرها من معلومات القياس عن بُعد من موقع البناء، على سبيل المثال.

وعلى عكس البيانات المنظمة، التي يتم تنظيمها بشكل ملائم في جداول وقواعد بيانات، تتطلب البيانات غير المنظمة خطوات معالجة إضافية قبل دمجها في نظم المعلومات (الشكل3.1-8). ويتيح استخدام تقنيات الجمع الآلي لهذه البيانات وتحليلها وتحويلها فرصًا جديدة لتحسين كفاءة البناء وتقليل الأخطاء وتقليل تأثير العامل البشري.



الشكل8-1-1-3 تبدأ معالجة البيانات غير المنظمة بتحويلها إلى بيانات شبه منظمة ومنظمة.

تمثل البيانات غير المهيكلة ما يصل إلى 80% من جميع المعلومات [52] التي يواجهها المحترفون في الشركات، لذلك سنناقش أنواعها ومعالجتها بالتفصيل مع أمثلة في الفصول التالية من الكتاب.

لتسهيل المناقشة، يتم تصنيف البيانات النصية بشكل منفصل. على الرغم من أنها نوع من البيانات غير المنظمة إلى حد ما، إلا أن أهميتها وانتشارها في صناعة البناء تتطلب اهتماماً خاصاً.

البيانات النصية: بين الفوضى غير المنظمة والفوضى المنظمة ذ

وتغطي البيانات النصية في صناعة الإنشاءات مجموعة واسعة من أشكال وأنواع المعلومات، من المستندات الورقية إلى طرق الاتصال غير الرسمية مثل الرسائل والمحادثات ومراسلات العمل والاجتماعات الشفهية في موقع البناء. تحمل جميع هذه البيانات النصية معلومات مهمة لإدارة مشاريع الإنشاءات، بدءاً من تفاصيل قرارات التصميم والتغييرات في

المخططات إلى المناقشات حول قضايا السلامة والمفاوضات مع المقاولين والعملاء (الشكل9-3.1).

الشكل9-3.1 البيانات النصية ، وهو أحد أشهر أنواع المعلومات المستخدمة في التواصل بين المشاركين في المشروع.

يمكن أن تكون المعلومات النصية رسمية وغير منظمة على حد سواء. تتضمن البيانات الرسمية مستندات Word (.doc و.docx) و PDF ، بالإضافة إلى ملفات نصية لمحاضر الاجتماعات (.txt). تتضمن البيانات غير الرسمية مراسلات المراسلة والبريد الإلكتروني، ونصوص الاجتماعات (Teams، Zoom، Google Meet)، والتسجيلات الصوتية للمناقشات (.mp3،.wav) التي تتطلب التحويل إلى نص.

ولكن في حين أن المستندات المكتوبة مثل الطلبات الرسمية وشروط وأحكام العقود ورسائل البريد الإلكتروني عادةً ما يكون لها بالفعل بعض التنظيم، فإن الاتصالات الشفهية ومراسلات العمل غالباً ما تظل غير منظمة، مما يجعل من الصعب تحليلها ودمجها في أنظمة إدارة المشاريع.

إن مفتاح الإدارة الفعالة للبيانات النصية هو تحويلها إلى تنسيق منظم. وهذا يسمح بدمج المعلومات المعالجة تلقائياً في النظم القائمة التي تعمل بالفعل مع البيانات المنظمة.

الشكل10-3.1 تحويل المحتوى النصي إلى بيانات منظمة.

للاستفادة الفعالة من المعلومات النصية، يجب تحويلها تلقائيًا إلى شكل منظم (الشكل10-3.1). وتتضمن هذه العملية عادةً عدة خطوات:

- **التعرّف على النصوص (OCR)** - تحويل صور المستندات والرسومات إلى تنسيق يمكن قراءته آلياً.
- **تحليل النص (البرمجة اللغوية العصبية** اللغوية) - التحديد التلقائي للمعلمات الرئيسية (التواريخ والمبالغ والأرقام ذات الصلة بالمشروع).
- **تصنيف البيانات** - تصنيف المعلومات (المالية واللوجستية وإدارة المخاطر).

بعد التعرف والتصنيف يمكن دمج البيانات المهيكلة بالفعل في قواعد البيانات واستخدامها في أنظمة إعداد التقارير والإدارة الآلية.

البيانات شبه المنظمة وغير المنظمة

تحتوي البيانات شبه المنظمة على مستوى معين من التنظيم، ولكن ليس لها مخطط أو هيكل صارم. على الرغم من أن هذه المعلومات تتضمن عناصر منظمة (على سبيل المثال التواريخ وأسماء الموظفين وقوائم المهام المنجزة)، إلا أن شكل العرض قد يختلف بشكل كبير من مشروع إلى آخر أو حتى من موظف إلى آخر. ومن الأمثلة

على هذه البيانات السجلات الزمنية والتقارير المرحلية والجداول الزمنية التي يمكن تقديمها في أشكال متنوعة.

البيانات شبه المهيكلة أسهل في التحليل من البيانات غير المهيكلة، ولكنها تتطلب معالجة إضافية لدمجها في أنظمة إدارة المشاريع الموحدة.

> يمثل العمل مع البيانات شبه المنظمة التي تتميز ببنية متغيرة باستمرار تحديات كبيرة. ويرجع ذلك إلى أن تباين هيكل البيانات يتطلب نهجاً فردياً منفصلاً لمعالجة وتحليل كل مصدر من مصادر البيانات شبه المنظمة.

ولكن بينما يتطلب التعامل مع البيانات غير المنظمة الكثير من الجهد، يمكن معالجة البيانات شبه المنظمة بأساليب وأدوات بسيطة نسبيًا.

> البيانات ضعيفة التنظيم هو مصطلح أكثر عمومية يصف البيانات ذات البنية الضعيفة أو غير المكتملة. وغالبًا ما تكون هذه البيانات عبارة عن مستندات نصية ومحادثات ورسائل بريد إلكتروني، حيث توجد بعض البيانات الوصفية (مثل التاريخ والمرسل)، ولكن معظم المعلومات مقدمة بطريقة فوضوية.

في البناء، توجد البيانات المنظمة بشكل فضفاض في مجموعة متنوعة من العمليات. على سبيل المثال، قد تشمل:

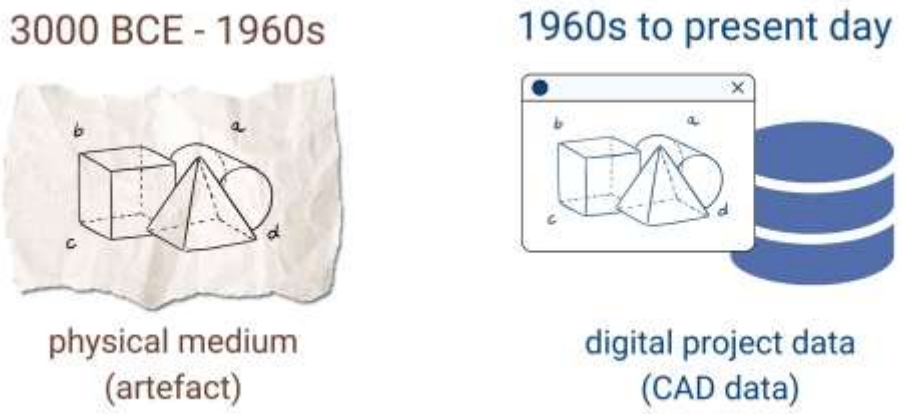
- التقديرات وعروض الأسعار - جداول تحتوي على بيانات عن المواد والكميات والتكاليف، ولكن بدون تنسيق موحد.
- رسومات ومخططات هندسية - ملفات بصيغة PDF أو DWG ، تحتوي على شروح نصية وبيانات وصفية، ولكن بدون بنية ثابتة تمامًا.

- جداول العمل - بيانات من MS Project أو Primavera P6 أو غيرها من الأنظمة، والتي قد يكون لها بنية تصدير مختلفة.
- CAD (BIM - النماذج) - تحتوي على عناصر الهيكل، ولكن تمثيل البيانات يعتمد على البرنامج ومعيار المشروع.

البيانات الهندسية ، التي تنتجها أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب ، يمكن تصنيفها بنفس طريقة تصنيف البيانات شبه المنظمة. ومع ذلك، سنقوم بتصنيف بيانات CAD الهندسية (BIM) كنوع منفصل من البيانات لأنها، مثل البيانات النصية، يمكن التعامل معها غالبًا كنوع بيانات منفصل في عمليات الشركة.

البيانات الهندسية وتطبيقها

في حين أن البيانات الوصفية لعناصر المشروع تُخزَّن دائمًا تقريبًا في شكل جداول أو تنسيقات منظمة أو غير منظمة بشكل فضفاض، فإن البيانات الهندسية لعناصر المشروع في معظم الحالات يتم إنشاؤها باستخدام أدوات CAD الخاصة (الشكل3.1-11)، مما يسمح بتصور عناصر المشروع بالتفصيل كمجموعة من الخطوط (ثنائية الأبعاد) أو أجسام هندسية (ثلاثية الأبعاد).

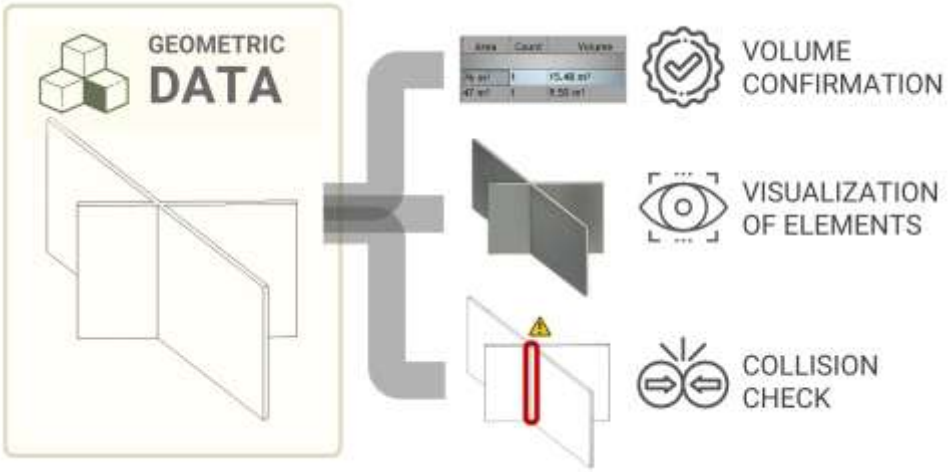


الشكل:11-3.1 ساعدت أدوات CAD في نقل المعلومات الهندسية من الوسائط المادية إلى شكل قاعدة بيانات.

عند العمل بالبيانات الهندسية في البناء والهندسة المعمارية، يمكن تحديد ثلاثة تطبيقات رئيسية للبيانات الهندسية (الشكل12-3.1):

- **تأكيد الأحجام**: البيانات الهندسية ، التي يتم إنشاؤها ضمن برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) باستخدام نواة هندسية خاصة ، مطلوبة لتحديد أحجام وأبعاد عناصر المشروع بشكل آلي ودقيق. تتضمن هذه البيانات المساحات والأحجام والأطوال المحسوبة تلقائيًا وغيرها من السمات المهمة المطلوبة للتخطيط ووضع الميزانية وطلب الموارد والمواد
- **التصور للمشروع**: في حالة حدوث أي تغييرات في المشروع، يسمح تصور العناصر بالتوليد التلقائي للرسومات المحدثة في مستويات مختلفة. يساعد تصور المشروع في المراحل الأولية على تسريع التفاهم بين جميع المشاركين لتوفير الوقت والموارد أثناء عملية البناء.
- التحقق من التصادمات: في المشاريع الإنشائية والهندسية المعقدة حيث يكون التفاعل بين فئات متعددة من العناصر (مثل الأنابيب والجدران) دون "تعارضات هندسية" أمرًا بالغ الأهمية، يلعب التحقق من التصادم دورًا رئيسيًا. يتيح لك استخدام برنامج للكشف عن التصادم تحديد التعارضات الهندسية المحتملة بين عناصر المشروع بشكل استباقي، مما يمنع حدوث أخطاء مكلفة أثناء عملية البناء.

منذ بداية مكاتب التصميم الهندسي، منذ وقت إنشاء الهياكل المعقدة الأولى، قدم المهندسون الإنشائيون معلومات هندسية في شكل رسومات وخطوط وعناصر هندسية مسطحة (على ورق البردي أو ورق "A0" أو في PDF ، DWG ، أو صيغ PLT)، والتي على أساسها قام رؤساء العمال والمقدون (الشكل 3.1-11) ، على مدى آلاف السنين الماضية، بمساعدة المساطر والمنقلات، بجمع أحجام أو كميات العناصر ومجموعات العناصر. 3.1-11) ، على مدى آلاف السنين الأخيرة، بمساعدة المساطر والمنقلات، جمع المنقبون والمقدون (الشكل 3.1-11) ، على مدى آلاف السنين الأخيرة، بمساعدة المساطر والمنقلات، أحجام أو كميات العناصر ومجموعات العناصر.

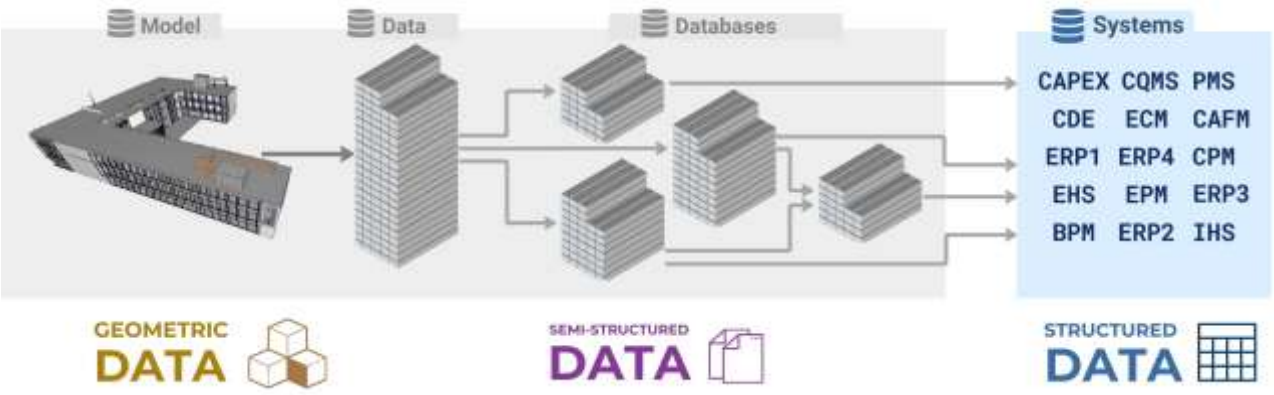


الشكل:3.1-12 الهندسة هي أساس الحصول على المعلمات الحجمية للعناصر، والتي تستخدم بعد ذلك لحساب تكلفة المشروع وزمنه.

واليوم، تم حل هذه المهمة اليدوية والمستهلكة للوقت بأتمتة كاملة بفضل ظهور النمذجة الحجمية في أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب الحديثة (BIM)، والتي تسمح تلقائيًا، بمساعدة نواة هندسية خاصة، بالحصول على السمات الحجمية لأي عنصر دون الحاجة إلى حساب المعلمات الحجمية يدويًا.

كما تتيح لك أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب الحديثة تصنيف عناصر المشروع وتصنيفها بحيث يمكنك تحميل جداول المواصفات من قاعدة بيانات المشروع لاستخدامها في أنظمة مختلفة، مثل تقدير التكاليف أو الجدولة أو حساب

الكمية (الشكل3.1-13). سنناقش الحصول على المواصفات وجداول المواصفات والكميات والأمثلة العملية في فصل "الحصول على الكميات والحساب الكمي".



الشكل3.1-13 أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) تخزن البيانات في قواعد بيانات مصممة للتكامل والتفاعل مع الأنظمة الأخرى.

نظرًا للطبيعة المغلقة لقواعد البيانات والتنسيقات المستخدمة في بيئة التصميم بمساعدة الحاسوب، أصبحت البيانات الهندسية التي تم إنشاؤها في حلول التصميم بمساعدة الحاسوب في الواقع نوعًا منفصلاً من المعلومات. فهي تجمع بين كل من هندسة العناصر والمعلومات الوصفية (المهيكلة أو شبه المهيكلة)، والمضمنة في ملفات وتنسيقات متخصصة.

بيانات CAD: من التصميم إلى تخزين البيانات

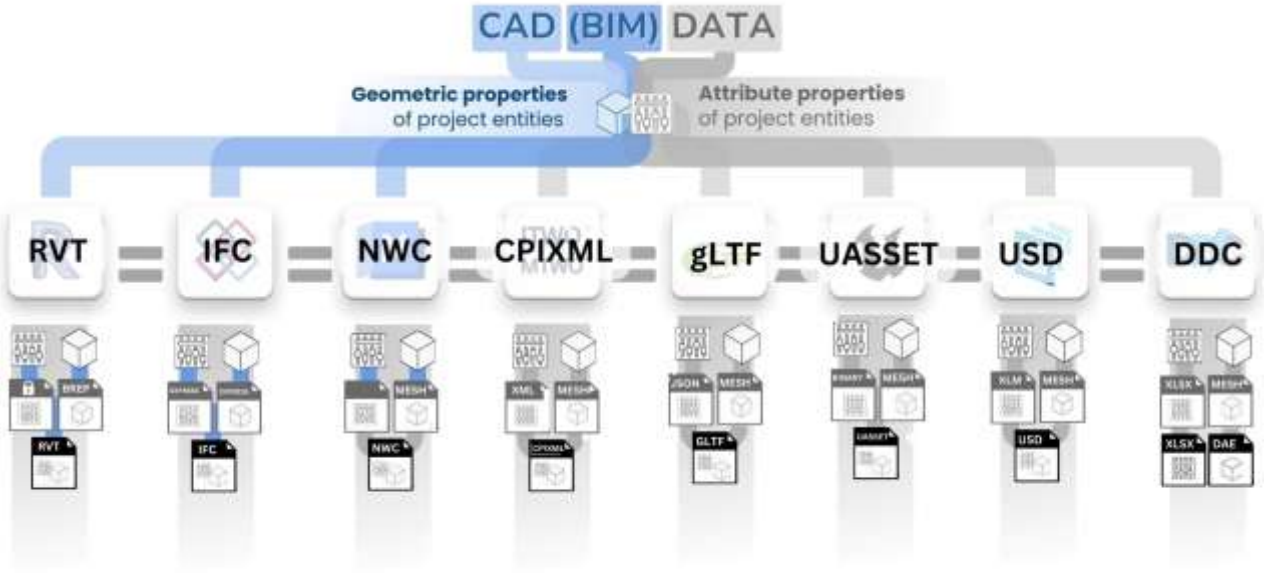
تقوم أنظمة CAD و BIM الحديثة بتخزين البيانات بتنسيقات خاصة بها، وغالباً ما تكون مملوكة لها: DWG و DXF و RVT و DGN و PLN وغيرها. تدعم هذه التنسيقات كلاً من التمثيلات ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد للكائنات، مع الحفاظ ليس فقط على الهندسة ولكن أيضًا على السمات المرتبطة بالكائنات. فيما يلي أكثرها شيوعًا:

- **DWG** هو تنسيق ملف ثنائي يُستخدم لتخزين بيانات التصميم والبيانات الوصفية ثنائية الأبعاد (وأقل

شيوعًا ثلاثية الأبعاد).

- **DXF** هو تنسيق نصي لتبادل الرسومات ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد بين أنظمة CAD. وهو يحتوي على بيانات الهندسة والطبقات والسمات، ويدعم كلاً من التمثيل ASCII والتمثيل الثنائي.
- **RVT** هو تنسيق ثنائي لتخزين نماذج CAD بما في ذلك النماذج ثلاثية الأبعاد - الهندسة وسمات العناصر والعلاقات ومعلمات التصميم.
- **IFC** هو تنسيق نصي مفتوح لتبادل بيانات البناء بين أنظمة CAD (BIM). وهو يتضمن هندسة وخصائص الكائنات ومعلومات حول علاقاتها.

وبالإضافة إلى هذه التنسيقات تستخدم تنسيقات أخرى: DB1 ،PLN، وSVF، وNWC، وCPIXML، وBLEND، وBX3، وUSD، وXLSX، وDAE. على الرغم من اختلافها من حيث الغرض ومستوى الانفتاح (الشكل3.1-14)، إلا أنها يمكن أن تمثل جميعًا نفس نموذج معلومات المشروع بأشكال مختلفة. في المشاريع المعقدة، غالبًا ما تستخدم هذه التنسيقات بالتوازي، من الرسم إلى تنسيق نماذج المشروع.



الشكل3.1-14 تصف تنسيقات التخزين الشائعة للتصميم بمساعدة الحاسوب الهندسة من خلال معلمات BREP أو MESH، مدعومة ببيانات السمات.

تسمح لك جميع التنسيقات المذكورة أعلاه بتخزين البيانات حول كل عنصر من عناصر مشروع البناء، وتحتوي جميع التنسيقات المذكورة أعلاه على نوعين رئيسيين من البيانات:

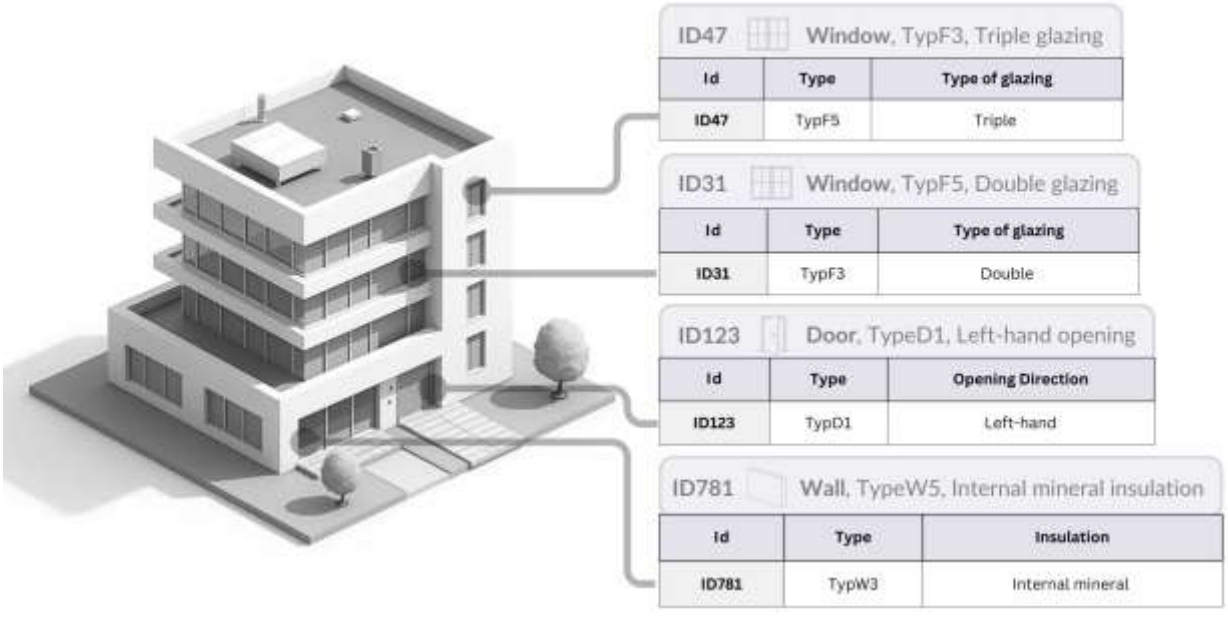
- **المعلمات الهندسية** - تصف شكل الجسم وموقعه وأبعاده. ستتم مناقشة الهندسة واستخدامها بالتفصيل في الجزء السادس من الكتاب المخصص لحلول التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM);
- **خصائص السمات** - تحتوي على معلومات متنوعة: المواد، وأنواع العناصر، والخصائص التقنية، والمعرفات الفريدة وغيرها من الخصائص التي قد تمتلكها عناصر المشروع.

وتكتسب بيانات السمات أهمية خاصة في المشاريع الحديثة، حيث إنها تحدد الخصائص التشغيلية للأشياء، وتسمح بحسابات الهندسة وحساب التكاليف وتوفر التفاعل الشامل بين المشاركين في التصميم والبناء والتشغيل. على سبيل المثال:

- بالنسبة للنوافذ والأبواب: نوع البناء، ونوع الزجاج، واتجاه الفتح (الشكل3.2-1).
- بالنسبة للجدران، يتم تسجيل معلومات عن المواد والعزل الحراري والأداء الصوتي.
- بالنسبة للأنظمة الهندسية، يتم تخزين معلمات خطوط الأنابيب والقنوات ومسارات الكابلات ووصلاتها.

يمكن تخزين هذه المعلمات داخل ملفات (- CAD-(BIM نفسها وفي قواعد البيانات الخارجية - نتيجة للتصدير أو التحويل أو الوصول المباشر إلى هياكل CAD الداخلية عبر أدوات الهندسة العكسية. يسهل هذا النهج تكامل معلومات التصميم مع أنظمة ومنصات الشركات الأخرى

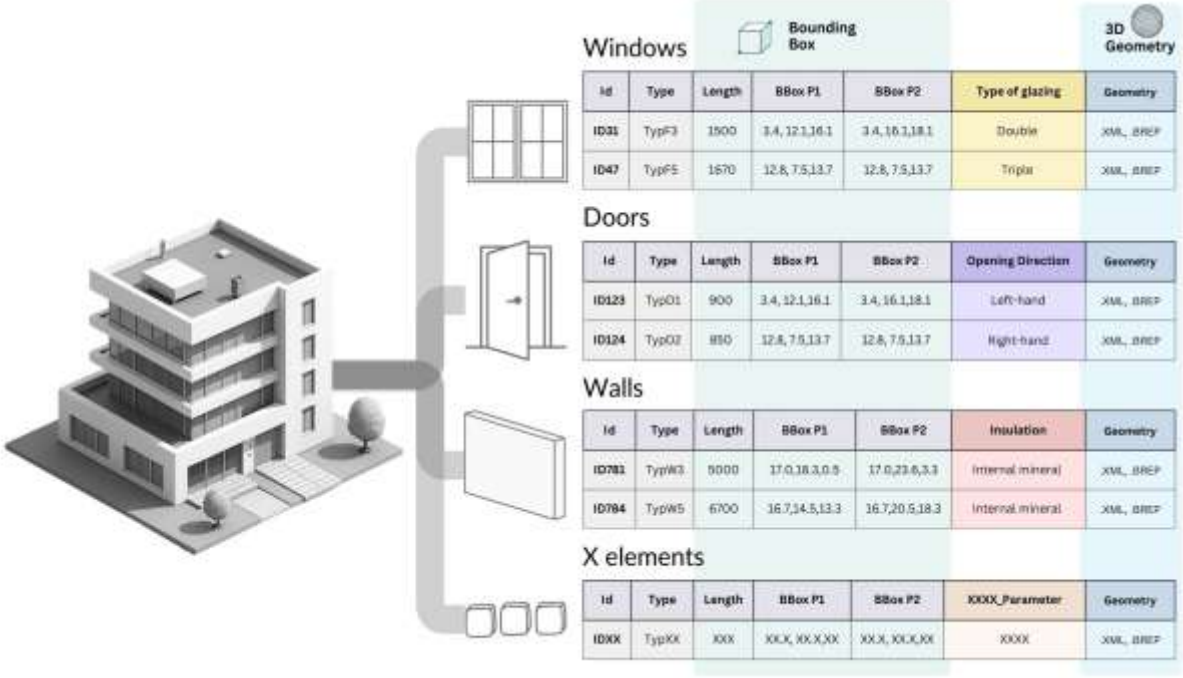
> الهندسة العكسية في سياق التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) هي عملية استخراج وتحليل البنية الداخلية للنموذج الرقمي من أجل إعادة إنشاء منطقه وهيكل بياناته وتبعياته دون الوصول إلى الخوارزميات أو الوثائق الأصلية.



الشكل:15-3.1 يحتوي عنصر المشروع، بالإضافة إلى وصف الهندسة البارامترية أو المضلعة على معلومات حول معلمات وخصائص العناصر.

ونتيجة لذلك، يتم تشكيل مجموعة فريدة من المعلمات والخصائص حول كل عنصر، بما في ذلك الخصائص الفريدة لكل عنصر (مثل المعرف والأبعاد) والسمات المشتركة لمجموعات العناصر. وهذا لا يسمح فقط بتحليل العناصر-الكيانات الفردية للمشروع، بل يسمح أيضًا بدمجها في مجموعات منطقية، والتي يمكن استخدامها بعد ذلك من قبل المتخصصين الآخرين في مهامهم وحساباتهم في الأنظمة وقواعد البيانات.

> الكيان هو كائن ملموس أو مجرّد في العالم الحقيقي يمكن تحديده ووصفه وتمثيله بشكل فريد في شكل بيانات.



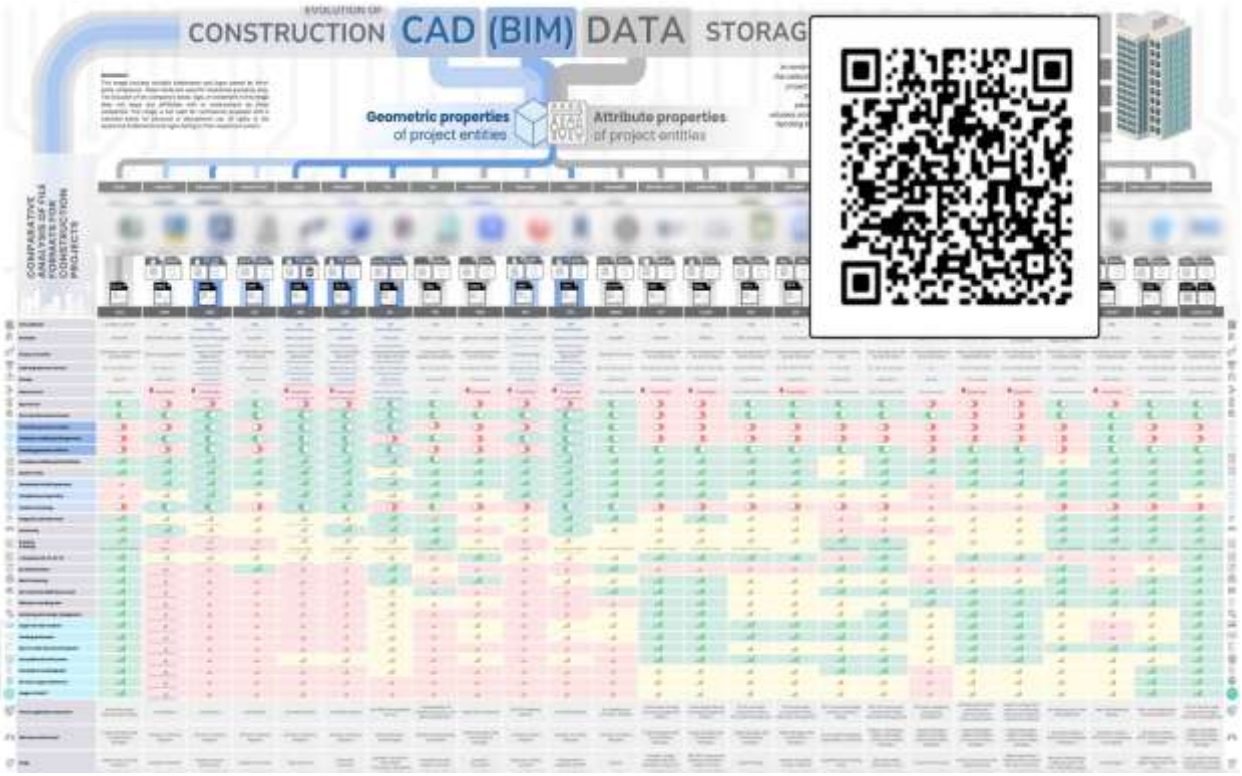
الشكل3.1-16 يحتوي كل عنصر من عناصر المشروع على سمات يتم إدخالها إما من قبل المصمم أو يتم حسابها داخل برنامج CAD.

على مدى العقود الماضية، طورت صناعة البناء والتشييد العديد من تنسيقات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) الجديدة التي تبسط إنشاء البيانات وتخزينها ونقلها. يمكن أن تكون هذه التنسيقات مغلقة أو مفتوحة، جدولية أو حدودية أو بيانية. ومع ذلك، فإن تنوعها وتجزئتها يعقدان بشكل كبير إدارة البيانات في جميع مراحل دورة حياة المشروع. ويرد جدول مقارنة للتنسيقات الرئيسية المستخدمة لتبادل المعلومات في البناء في الشكل3.1-17 (النسخة الكاملة متاحة برمز الاستجابة السريعة).

ولحل مشاكل قابلية التشغيل البيني والوصول إلى بيانات التصميم بمساعدة الحاسوبيشارك مديرو () ومنسقو نظم معلومات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، الذين تتمثل مهمتهم في مراقبة الصادرات، والتحقق من جودة البيانات ودمج أجزاء من بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) في الأنظمة الأخرى.

ومع ذلك، نظرًا لطبيعة التنسيقات المغلقة وتعقيدها، من الصعب أتمتة هذه العملية، مما يجبر المتخصصين على

إجراء العديد من العمليات يدويًا، دون القدرة على بناء عمليات معالجة بيانات كاملة في الخط (خط أنابيب).



الشكل17-3.1 جدول يقارن بين صيغ البيانات الرئيسية التي تخزن فيها معلومات عنصر المشروع [53].

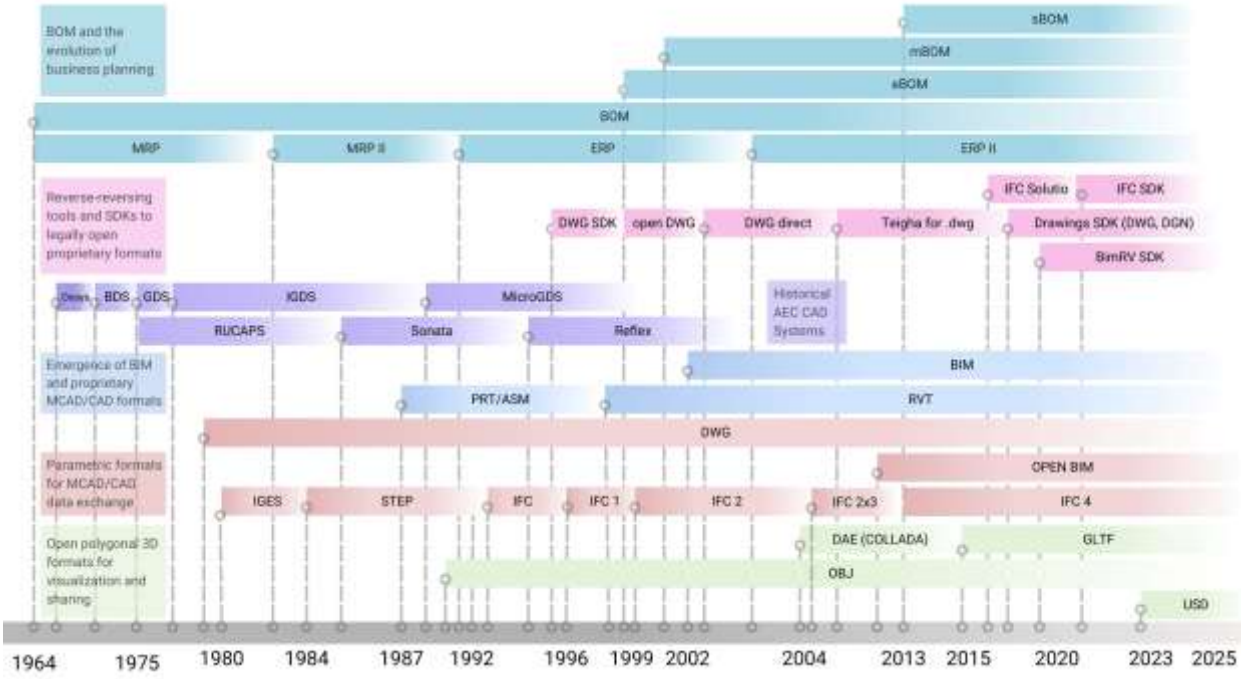
ولفهم سبب وجود العديد من تنسيقات البيانات المختلفة، وسبب إغلاق معظمها، من المهم الخوض في العمليات التي تجري داخل برامج CAD (BIM)والتي سيتم استكشافها بالتفصيل في الجزء السادس من الكتاب.

تم تقديم طبقة معلومات إضافية مضافة إلى الهندسة من قبل مطوري نظام CAD في شكل مفهوم نمذجة معلومات البناء (نمذجة معلومات البناء)، وهو مصطلح تسويقي يتم الترويج له بنشاط في صناعة البناء والتشييد منذ عام 2002 [54].

ظهور مفهوم BIM (BOM) واستخدام التصميم بمساعدة الحاسوب في العمليات

وقد نشأ مفهوم نمذجة معلومات البناء (BIM)، الذي تم تحديده لأول مرة في الورقة البيضاء معلومات البناء لعام 2002 [54]، من مبادرات التسويق لمصنعي برمجيات التصميم بمساعدة الحاسوب. وقد انبثقت من المبادرات التسويقية لمطوري برمجيات التصميم بمساعدة الحاسوب وكانت محاولة لتكييف المبادئ الراسخة بالفعل في الهندسة الميكانيكية مع احتياجات صناعة البناء والتشييد.

جاء الإلهام لمفهوم BIM من مفهوم BOM (فاتورة المواد) - فاتورة المواد - الذي تم استخدامه على نطاق واسع في الصناعة منذ أواخر الثمانينيات. في الهندسة الميكانيكية، سمحت BOM بربط البيانات من أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) مع PDM (إدارة بيانات المنتج) و PLM (إدارة دورة حياة المنتج) وأنظمة تخطيط موارد المؤسسات، مما يوفر إدارة شاملة للمعلومات الهندسية طوال دورة حياة المنتج بأكملها (الشكل8-3.1).



الشكل18-3.1 تطور المواصفات (BOM)، ونمذجة المعلومات (BIM)، والتنسيقات الرقمية في صناعة الإنشاءات الهندسية.

وقد أدى التطور الحديث لمفهوم نموذج نمذجة معلومات البناء إلى ظهور إطار عمل موسع - XBOM (نموذج نمذجة معلومات البناء الموسعة)، والذي لا يشمل فقط تكوين المنتج، بل يشمل أيضًا سيناريوهات السلوك والمتطلبات التشغيلية ومعايير الاستدامة والبيانات للتحليلات التنبؤية. يؤدي XBOM بشكل أساسي نفس الدور الذي يؤديه نموذج نمذجة معلومات البناء في مجال الإنشاءات: يسعى كلا النهجين إلى تحويل النموذج الرقمي إلى مصدر واحد للحقيقة لجميع المشاركين في المشروع طوال دورة حياة المشروع.

كان أحد المعالم الرئيسية في ظهور نظام إدارة المباني في مجال الإنشاءات هو إدخال أول نظام بارامترية CAD (MCAD) تم تكييفه خصيصًا لصناعة البناء في عام 2002. وقد تم تطويره من قبل الفريق الذي أنشأ سابقًا نظام Pro-E®، وهو نظام MCAD الثوري للهندسة الميكانيكية الذي ظهر في أواخر الثمانينيات وأصبح معيارًا في الصناعة [55].

وكان الهدف بالفعل في أواخر الثمانينات من القرن الماضي هو التخلص من القيود [56] التي كانت موجودة آنذاك في برامج التصميم بمساعدة الحاسوب. وكان الهدف الرئيسي هو تقليل العمالة المطلوبة لإجراء تغييرات على

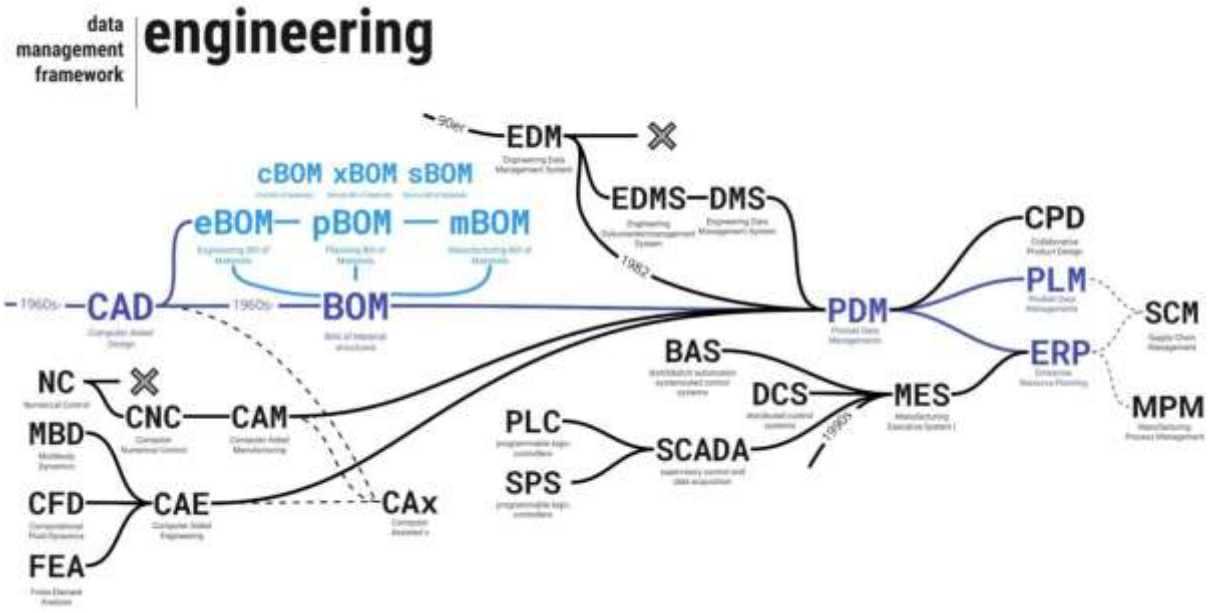
بارامترات عناصر التصميم وإتاحة تحديث النموذج على أساس البيانات الموجودة خارج برامج التصميم بمساعدة الحاسوب عن طريق قاعدة بيانات [57]. وكان الدور الأهم في ذلك هو الدور الذي كان من المقرر أن تلعبه البارامترات: الاسترجاع التلقائي للخصائص من قاعدة البيانات واستخدامها لتحديث النموذج داخل أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب.

> وقد كان لنموذج Pro-E ومفهوم النمذجة البارامترية الأولية ج البارامترية التي يقوم عليها تأثير كبير على تطوير سوق CAD - و [58] - MCAD. وقد ظل هذا النموذج لمدة 25 عامًا في الصناعة وأصبح العديد من الأنظمة الحديثة خلفًا مفاهيميًا له.

> **الهدف هو إنشاء نظام مرن بما فيه الكفاية لتشجيع المهندس على التفكير بسهولة في تصميمات مختلفة. ويجب أن تكون تكلفة إجراء تغييرات على التصميم قريبة من الصفر قدر الإمكان. تقيد برمجيات CAD / CAM التقليدية بشكل غير واقعي إجراء تغييرات غير مكلفة فقط في بداية عملية التصميم [59].**
>
> **- صامويل هايزنبرغ، مؤسس شركة باراميتريك تكنولوجي® ، مطور منتج برو-إي (Pro-E) الخاص بـ MCAD ومعلم مبتكر منتج CAD باستخدام تنسيق RVT**

في مجال الهندسة الميكانيكية، أصبحت أنظمة PDM و PLM و MRP و ERP و ERP منصات رئيسية. وهي تلعب دورًا مركزيًا في إدارة البيانات والعمليات، حيث تجمع المعلومات من أنظمة CAx (التصميم بمساعدة الحاسوب، والتصميم بمساعدة الحاسوب، والتقييم بمساعدة الحاسوب، والتقييم بمساعدة الحاسوب) وتنظم أنشطة التصميم استنادًا إلى هيكل المنتج (قائمة المنتجات: قائمة المنتجات الإلكترونية، وقائمة المنتجات الإلكترونية، وقائمة

المنتجات الإلكترونية، وقائمة المنتجات الإلكترونية) (الشكل18-3.1). يقلل هذا التكامل من الأخطاء، ويتجنب ازدواجية البيانات ويضمن إمكانية التتبع من النهاية إلى النهاية من التصميم إلى الإنتاج.



الشكل19-3.1 تاريخيًا، ظهر نظام إدارة المباني في الستينيات كطريقة لهيكلة البيانات من أنظمة CAx وتمريرها إلى أنظمة التحكم.

وقد تميز شراء أحد البائعين الرائدين لحل التصميم بمساعدة الحاسوب الذي طوره فريق Pro-E السابق والقائم على نهج نموذج نمذجة معلومات البناء على الفور تقريبًا بنشر سلسلة الورقات البيضاء لنمذجة معلومات البناء (2002-2003)[60][61]. وقد بدأ بالفعل منذ منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين الترويج لمفهوم نمذجة معلومات البناء بنشاط في صناعة البناء والتشييد، مما زاد بشكل ملحوظ من الاهتمام بالبرمجيات البارامترية. نمت الشعبية بسرعة كبيرة لدرجة أن شوكة البناء للهندسة الميكانيكية Pro-E - وهي برمجيات CAD البارامترية التي يروج لها هذا البائع - قد أزاحت بالفعل المنافسين في قطاع التصميم المعماري والهيكلي (الشكل20-3.1). وبحلول أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، عززت فعليًا هيمنتها العالمية في سوق نمذجة معلومات البناء [62] (CAD).

الشكل20-3.1 شعبية استعلام البحث على Google (RVT مقابل IFC): التصميم الحاسوبي البارامترية التي أنشأها فريق Pro-E السابق مع دعم BIM- BOM اكتسب شعبية في معظم دول العالم تقريبًا.

على مدى السنوات العشرين الماضية، اكتسب اختصار BIM العديد من التفسيرات على مدى السنوات العشرين الماضية، وتعود جذور المعاني المتعددة للمصطلح إلى مفاهيم التسويق الأولية التي ظهرت في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وقد أدى معيار الأيزو 19650، الذي لعب دورًا مهمًا في تعميم المصطلح، في الواقع إلى تأمين مكانة نمذجة معلومات البناء كنهج "قائم على العلم" لإدارة المعلومات. ومع ذلك، في نص المعيار نفسه، المخصص لإدارة البيانات طوال دورة حياة الكائنات باستخدام نمذجة معلومات البناء، تم ذكر اختصار BIM ولكن لم يتم تعريفه بوضوح

وقد نشر الموقع الإلكتروني الأصلي للبائع، الذي نشر سلسلة من الأوراق البيضاء حول BIM في عام 2002[60] و2003[61]، مواد تسويقية حول مفاهيم BOM (فواتير المواد) وPLM (إدارة دورة حياة المنتج) التي كانت تستخدم سابقًا في برنامج Pro-E للهندسة الميكانيكية في التسعينيات[63].

> **نمذجة معلومات البناء، وهو نهج جديد ومبتكر لتصميم المباني وتشييدها وإدارتها قدمته..... [اسم الشركة البائعة لنمذجة معلومات البناء] في عام 2002، وقد غيرت الطريقة التي يفكر بها المتخصصون في هذا المجال في جميع أنحاء العالم حول كيفية تطبيق التكنولوجيا في تصميم المباني وتشييدها وإدارتها.**
>
> **- [61] 2003 ، BIM Whitepaper.**

وقد ربطت هذه المنشورات المبكرة هذه المنشورات المبكرة بين نمذجة معلومات البناء مباشرةً بمفهوم قاعدة البيانات المركزية المتكاملة. وكما ورد في الورقة البيضاء لعام 2003، فإن نمذجة معلومات البناء هي إدارة معلومات البناء حيث تتم جميع التحديثات في مستودع واحد، مما يضمن مزامنة جميع الرسومات والقطع والمواصفات (BOM - فواتير المواد).

> **يوصف BIM بأنه إدارة معلومات البناء، حيث تتم جميع التحديثات وجميع التغييرات في قاعدة بيانات. لذا سواء كنت تتعامل مع المخططات أو المقاطع أو رسومات الصفائح، فإن كل شيء يكون دائمًا منسقًا ومتسقًا ومحدثًا.**
>
> **- الموقع الإلكتروني لشركة CAD البائع مع الورقة البيضاء لنمذجة معلومات البناء، 2003 [54]**

وقد نوقشت فكرة إدارة التصميم من خلال قاعدة بيانات واحدة متكاملة على نطاق واسع منذ وقت مبكر في أبحاث الثمانينات. فعلى سبيل المثال، تضمّن مفهوم تشارلز إيستمان لمفهوم "نمذجة معلومات البناء" [57] 43 إشارة إلى مصطلح "قاعدة البيانات" (الشكل2-6.1). وبحلول عام 2004، انخفض هذا العدد إلى النصف تقريبًا إلى 23 في الورقة البيضاء لعام 2002 حول [64] BIM. وبحلول منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، كان

موضوع قواعد البيانات قد اختفى فعلياً من المواد التسويقية للبائعين ومن جدول أعمال الرقمنة بشكل عام.

على الرغم من أن قاعدة البيانات والوصول إليها هي التي تم تصورها في الأصل على أنها جوهر نظام BIM ، إلا أنه بمرور الوقت تحول التركيز إلى الهندسة والتصور والتصور ثلاثي الأبعاد. وقد أشار مسجل معيار IFC نفسه في عام 1994، الذي نشر الورقة البيضاء لنمذجة معلومات نمذجة معلومات المباني في عام 2002 - وهو نفس البائع - في الورقة البيضاء في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين صراحةً إلى محدودية التنسيقات المحايدة مثل IGES و STEP و IFC والحاجة إلى الوصول المباشر إلى قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب:

قد تكون التطبيقات المختلفة غير متوافقة وقد تكون البيانات المعاد إدخالها غير دقيقة [...]. نتيجة للتصميم التقليدي بمساعدة الحاسوب [CAD]: تكاليف أعلى، ووقت أطول للوصول إلى السوق وجودة أقل للمنتج. واليوم، تستخدم جميع التطبيقات الرئيسية واجهات قياسية صناعية لتبادل البيانات منخفضة المستوى. وباستخدام معايير IGES القديمة أو STEP الجديدة [IFC هي نسخة فعلية وقانونية من تنسيق STEP/IGES] لتبادل البيانات بين التطبيقات من بائعين مختلفين، يمكن للمستخدمين تحقيق بعض التوافق في البيانات بين أفضل المنتجات. لكن IGES و STEP لا يعملان إلا على مستويات منخفضة، ولا يمكنهما تبادل البيانات الغنية مثل المعلومات التي تولدها التطبيقات الرائدة اليوم [...]. وبينما تتحسن هذه المعايير وغيرها من المعايير بشكل شبه يومي، إلا أنها ستتأخر دائمًا عن منتجات البائعين اليوم من حيث ثراء البيانات. [...] يجب أن تكون البرامج داخل التطبيق قادرة على تبادل البيانات والحفاظ على ثراء البيانات دون اللجوء إلى مترجمين محايدين مثل IGES أو [IFC] STEP أو PATRAN. بدلاً من ذلك، يجب أن تكون تطبيقات إطار العمل قادرة على الوصول إلى قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب الأساسية مباشرةً بحيث لا تضيع تفاصيل المعلومات ودقتها.

- ورقة بيضاء لموردي التصميم بمساعدة الحاسوب (IFC، BIM) "التصميم والتصنيع المتكامل: الفوائد والأساس المنطقي"، 2000 [65]

وبالتالي، في الثمانينيات وأوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، كان العنصر الرئيسي للتصميم الرقمي في بيئة التصميم بمساعدة الحاسوب هو قاعدة البيانات وليس ملف التنسيق أو تنسيق IFC المحايد. واقتُرح التخلي عن المترجمين والتخلي عن المترجمين وأن يكون للتطبيقات إمكانية الوصول المباشر إلى البيانات. ولكن في الواقع، وبحلول منتصف عشرينيات القرن العشرين، بدأ مفهوم نمذجة معلومات البناء يشبه استراتيجية "فرق تسد"، حيث يتم إعطاء الأولوية لمصالح بائعي البرمجيات الذين يستخدمون نواة هندسية مغلقة على تطوير تبادل المعلومات المفتوحة.

واليوم، يُنظر إلى نموذج نمذجة معلومات البناء على أنه جزء لا يتجزأ من صناعة البناء والتشييد. ولكن على مدى العقدين الماضيين، لم تتحقق إلى حد كبير وعود التعاون المبسط وتكامل البيانات. ولا تزال معظم الحلول مرتبطة بتنسيقات مغلقة أو محايدة وأدوات متخصصة. سنبحث بالتفصيل في تاريخ نمذجة معلومات البناء ونمذجة معلومات البناء المفتوحة ونمذجة معلومات المفتوحة، بالإضافة إلى قضايا قابلية التشغيل البيني والنواة الهندسية في الجزء السادس من كتاب "التصميم بمساعدة الحاسوب ونمذجة معلومات البناء: التسويق والواقع ومستقبل بيانات التصميم في البناء".

> وتواجه الصناعة اليوم تحدياً رئيسياً يتمثل في الانتقال من الفهم التقليدي لنمذجة معلومات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) كأداة للنمذجة إلى استخدامها كقاعدة بيانات كاملة. وهذا يتطلب أساليب جديدة للعمل مع المعلومات، والتخلي عن الاعتماد على النظم الإيكولوجية المغلقة وتطبيق حلول مفتوحة.

مع تطور أدوات الهندسة العكسية التي تسمح بالوصول إلى قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب، بالإضافة إلى انتشار تقنيات المصدر المفتوح وتقنيات إدارة البرمجيات LLM، يتجه المستخدمون والمطورون في صناعة البناء بشكل متزايد بعيداً عن المصطلحات الغامضة لبائعي البرمجيات. وبدلاً من ذلك، يتحول التركيز إلى ما يهم حقًا: البيانات (قواعد البيانات) والعمليات.

> تكمن وراء المختصرات والتصورات العصرية ممارسات إدارة البيانات القياسية: التخزين والنقل والتحويل - أي عملية ETL الكلاسيكية (استخراج ، تحويل، تحميل). كما هو الحال في الصناعات الأخرى، لا تتطلب رقمنة الإنشاءات معايير التبادل فحسب، بل تتطلب أيضًا معالجة منظمة بوضوح للمعلومات غير المتجانسة.

من أجل الاستفادة الكاملة من إمكانات بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، تحتاج الشركات إلى إعادة التفكير

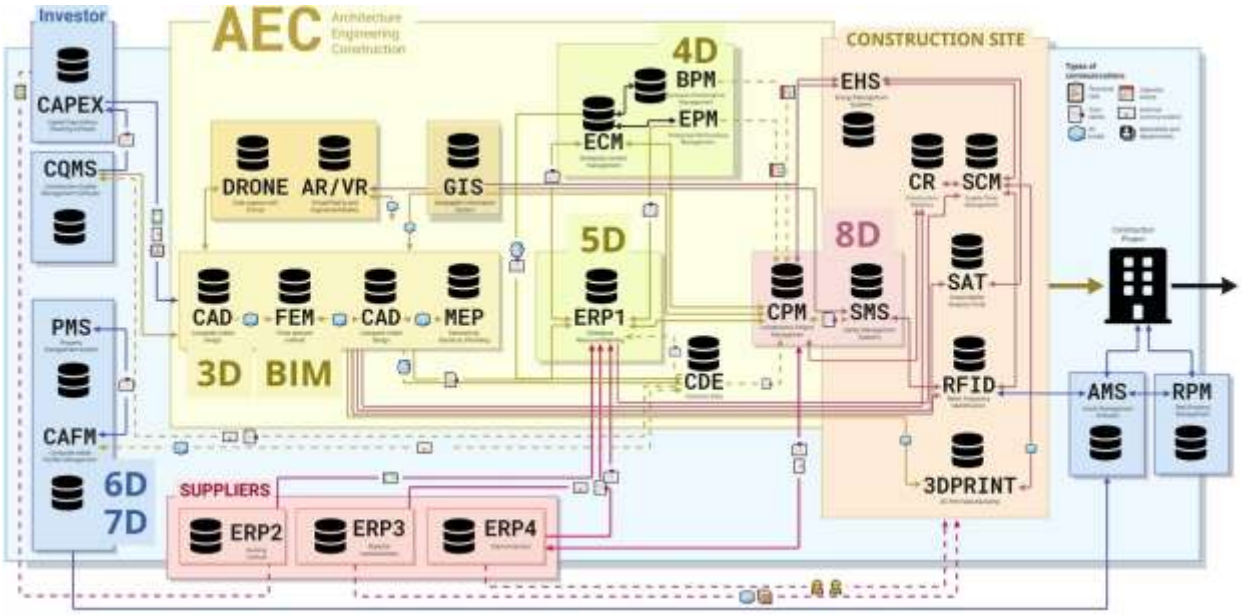
في نهجها في إدارة المعلومات. سيؤدي ذلك حتمًا إلى عنصر أساسي في التحول الرقمي - التوحيد والتوحيد والهيكلة الهادفة للبيانات التي يعمل بها متخصصو البناء بشكل يومي.

الفصل 3.2.

مواءمة البيانات وهيكلتها

تعبئة الأنظمة بالبيانات في صناعة الإنشاءات

وسواء تعلق الأمر بشركات كبيرة أو شركات متوسطة الحجم، فإن المتخصصين يعملون يومياً على ملء أنظمة البرمجيات وقواعد البيانات ذات الواجهات المختلفة بمعلومات متعددة الأشكال (الشكل3.2-1)، والتي يجب أن تتعاون مع بعضها البعض بمساعدة المديرين. وهذه المجموعة المعقدة من الأنظمة والعمليات المتفاعلة هي التي تخلق في نهاية المطاف الإيرادات والأرباح للشركة.



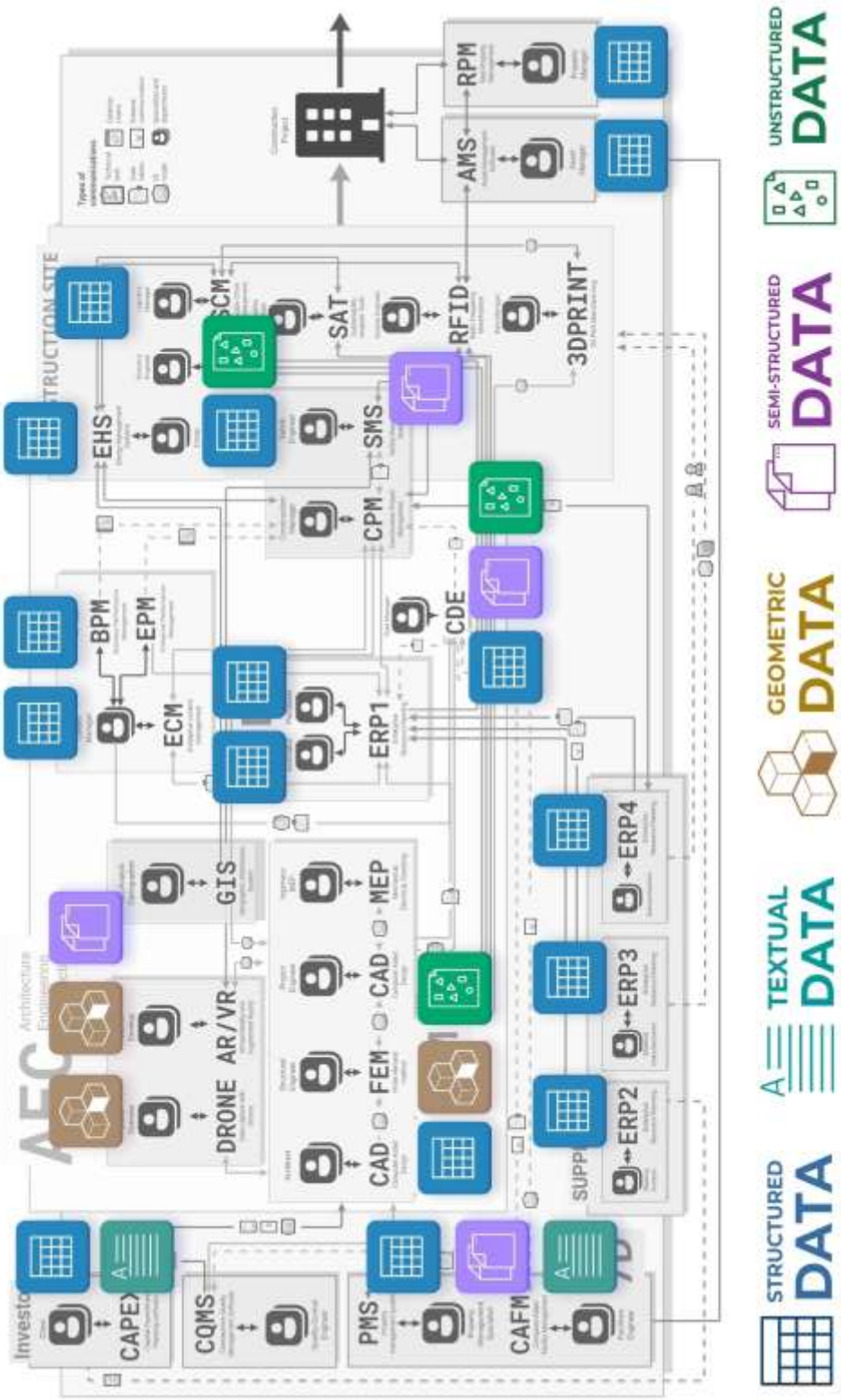
الشكل3.2-1 تقريبًا كل نظام أو تطبيق مستخدم في مجال الإنشاءات يحتوي على إحدى قواعد بيانات نظام إدارة البيانات الرقمية الشهيرة في جوهره.

تعمل كل فئة من فئات الأنظمة المذكورة سابقًا والمطبقة في صناعة الإنشاءات بأنواع البيانات الخاصة بها والتي تتوافق مع الدور الوظيفي لهذه الأنظمة. وللانتقال من المستوى التجريدي إلى المستوى الملموس، ننتقل من أنواع البيانات إلى تمثيلها في شكل تنسيقات ووثائق.

نضيف الآن إلى قائمة الأنظمة المقدمة سابقًا (الشكل4-2-1)، نضيف الآن الأنواع المحددة من التنسيقات والمستندات التي تعمل بها غالبًا:

- **المستثمر (النفقات الرأسمالية)**

  - البيانات المالية: الميزانيات وتوقعات الإنفاق (بيانات منظمة).
  - بيانات اتجاهات السوق: تحليلات السوق (بيانات منظمة وغير منظمة).
  - البيانات القانونية والتعاقدية: العقود (بيانات نصية).


AEC
Architecture
Engineering
Construction
Investo
CAPEX
CQMS
PMS
CAFM
DRONE
AR/VR
GIS
CAD
FEM
CAD
MEP
ECM
BPM
EPM
ERP1
CDE
EHS
SCM
SAT
SMS
CPM
RFID
3DPRINT
AMS
RPM
ERP2
ERP3
ERP4
STRUCTURED DATA
TEXTUAL DATA
GEOMETRIC DATA
SEMI-STRUCTURED DATA
UNSTRUCTURED DATA

الشكل2-2-3.2 تستخدم صناعة الإنشاءات العديد من الأنظمة ذات الواجهات المختلفة التي تتعامل مع أنواع مختلفة من البيانات.

- أنظمة الإدارة (PMS ، نظام إدارة الأداء المؤسسي ، نظام إدارة الجودة)
  - بيانات المشروع: الرسوم البيانية والمهام (بيانات منظمة).
  - بيانات صيانة المرافق: خطط الصيانة (بيانات نصية وشبه منظمة).
  - بيانات مراقبة الجودة: المعايير وتقارير الفحص (بيانات نصية وغير منظمة).
- التصميم بمساعدة الحاسوب ، وتصميم هندسة التصميم الإلكتروني ونمذجة معلومات المباني
  - الرسومات الفنية: المخططات المعمارية والهيكلية (بيانات هندسية، بيانات غير منظمة).
  - نماذج البناء: النماذج ثلاثية الأبعاد - النماذج، وبيانات المواد (بيانات هندسية وشبه منظمة).
  - الحسابات الهندسية: تحليل الأحمال (بيانات منظمة).
- أنظمة إدارة مواقع الإنشاءات (البيئة والصحة والسلامة المهنية وإدارة الأمن والسلامة)
  - بيانات السلامة والصحة: بروتوكولات السلامة (بيانات نصية ومنظمة).
  - بيانات سلسلة التوريد: المخزونات والطلبات (بيانات منظمة).
  - التقارير اليومية: ساعات العمل والإنتاجية (بيانات منظمة).
- الطائرات بدون طيار، الواقع المعزز/الواقع الافتراضي ، نظم المعلومات الجغرافية، الطباعة ثلاثية الأبعاد
  - البيانات الجغرافية: الخرائط الطبوغرافية (بيانات هندسية ومنظمة).
  - البيانات في الوقت الفعلي: الفيديو والصور (بيانات غير منظمة).
  - نماذج للطباعة ثلاثية الأبعاد - الطباعة: رسومات رقمية (بيانات هندسية).
- نظم الإدارة الإضافية (4D إدارة عمليات حفظ السلام، 5D ERP1 ERP1)
  - بيانات الوقت والتكلفة: الجداول الزمنية والتقديرات (بيانات منظمة).
  - إدارة التغيير: سجلات تغيير المشروع (بيانات نصية ومنظمة).
  - إعداد تقارير الأداء: مؤشرات النجاح (بيانات منظمة).

- تكامل البيانات والاتصالات (RPM ، AMS ، RFID ، CDE)
  - تبادل البيانات: تبادل المستندات ونماذج البيانات (البيانات المهيكلة والنصية).
  - بيانات التعرّف على الترددات اللاسلكية وتتبع البيانات: الخدمات اللوجستية وإدارة الأصول (بيانات منظمة).
  - المراقبة والتحكم: أجهزة الاستشعار في المواقع (بيانات منظمة وغير منظمة).

وبالتالي، فإن كل نظام في صناعة الإنشاءات - من أنظمة إدارة الموقع إلى قواعد البيانات التشغيلية - يعمل بنوع المعلومات الخاصة به: المعلومات المهيكلة والنصية والهندسية وغيرها. إن "مشهد البيانات" الذي يتعين على المتخصصين العمل معه يوميًا متنوع للغاية. ومع ذلك، لا يكشف التعداد البسيط للتنسيقات عن مدى تعقيد العمل الحقيقي مع المعلومات.

في الممارسة العملية، تواجه الشركات حقيقة أن البيانات، حتى عند استرجاعها من الأنظمة، ليست جاهزة للاستخدام "كما هي". وينطبق هذا الأمر بشكل خاص على النصوص والصور وملفات PDF وملفات CAD وغيرها من التنسيقات التي يصعب تحليلها باستخدام الأدوات القياسية. ولهذا السبب فإن الخطوة الرئيسية التالية هي تحويل البيانات - وهي عملية لا يمكن بدونها أتمتة المعالجة والتحليل والتصور واتخاذ القرار بشكل فعال.

تحويل البيانات: الأساس الحاسم لتحليل الأعمال الحديث

واليوم، تجد معظم الشركات نفسها في مواجهة مفارقة: فحوالي 80% من عملياتها اليومية لا تزال تعتمد على البيانات المنظمة الكلاسيكية - جداول بيانات Excel المألوفة وقواعد البيانات العلائقية [66] (RDBMS). ومع ذلك، في الوقت نفسه، فإن 80% من المعلومات الجديدة التي تدخل النظام البيئي الرقمي للشركات هي معلومات غير منظمة أو غير منظمة (الشكل3-3.2) [52]. ويشمل ذلك النصوص والرسوم البيانية والهندسة والصور ونماذج CAD

- النماذج والوثائق في ملف PDF والتسجيلات الصوتية وتسجيلات الفيديو والمراسلات الإلكترونية وغير ذلك الكثير.

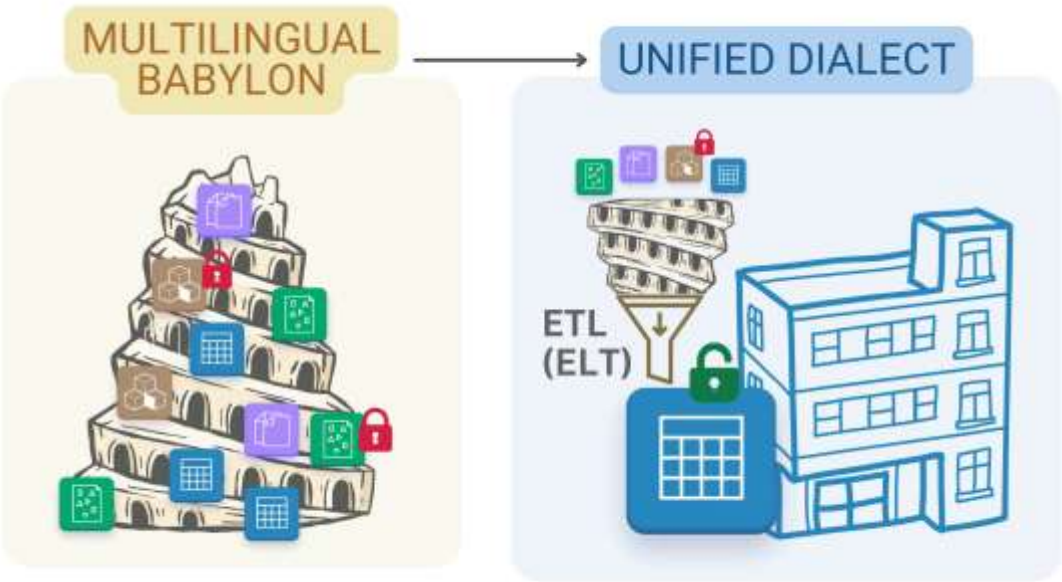
علاوة على ذلك، يستمر حجم البيانات غير المهيكلة في النمو بسرعة - حيث يُقدر معدل النمو السنوي بنسبة 55-65% [67]. تخلق هذه الديناميكيات صعوبات خطيرة في دمج المعلومات الجديدة في عمليات الأعمال الحالية. ويؤدي تجاهل هذا التدفق للبيانات متعددة الأشكال إلى تكوين فجوات في المعلومات ويقلل من قابلية إدارة البيئة الرقمية للشركة بأكملها.

الشكل3-3.2 يخلق النمو السنوي في البيانات غير المهيكلة تحديات في دمج المعلومات المتدفقة في عمليات الأعمال.

> يمكن أن يؤدي تجاهل البيانات المعقدة غير المهيكلة والمربكة غير المنظمة في عمليات الأتمتة إلى ثغرات كبيرة في مشهد المعلومات في الشركة. في عالم اليوم الذي يتسم بحركة المعلومات التي لا يمكن السيطرة عليها والتي تشبه الانهيار الجليدي، تحتاج الشركات إلى اعتماد نهج هجين لإدارة البيانات يتضمن أساليب فعالة للتعامل مع جميع أنواع البيانات.

ويكمن مفتاح الإدارة الفعالة للبيانات في تنظيم وهيكلة وتصنيف أنواع مختلفة من البيانات "بابل" (بما في ذلك الأشكال غير المهيكلة والنصية والهندسية، إلى بيانات منظمة أو غير منظمة). وتؤدي هذه العملية إلى تحويل مجموعات البيانات الفوضوية إلى هياكل منظمة لدمجها في الأنظمة، وبالتالي تمكين اتخاذ القرارات بناءً عليها

(الشكل4-3.2).



الشكل4-2-3.2 تتمثل المهمة الرئيسية لأقسام إدارة البيانات في ترجمة "بابل" البيانات المتنوعة والمتعددة الأشكال إلى نظام منظم ومصنف.

لا تزال إحدى العقبات الرئيسية أمام هذا التنسيق هي انخفاض مستوى قابلية التشغيل البيني بين المنصات الرقمية المختلفة - "الصوامع" التي ناقشناها في الفصول السابقة.

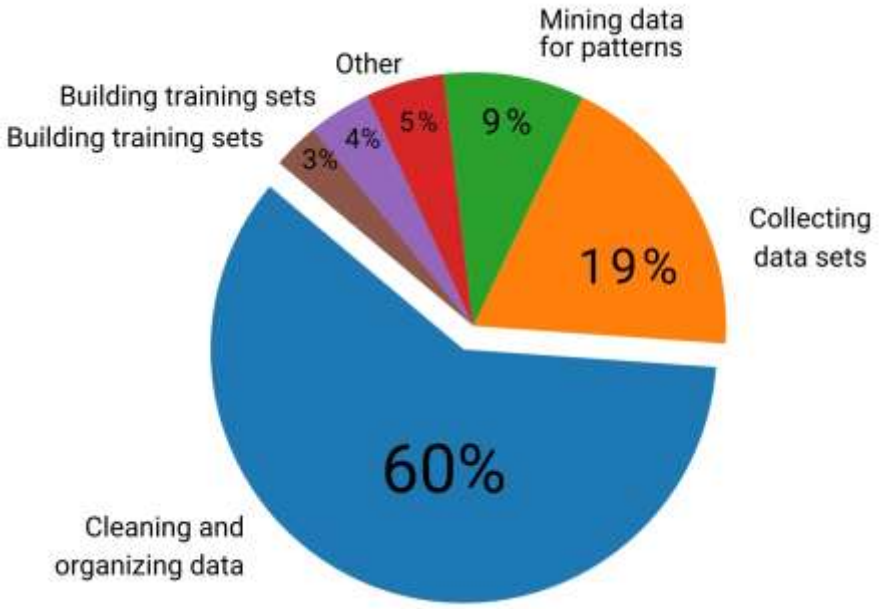
> ووفقاً للتقرير، فإن المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا (NIST، الولايات المتحدة الأمريكية) يؤكد [68] أن ضعف توافق البيانات بين مختلف منصات البناء يؤدي إلى فقدان المعلومات وتكاليف إضافية كبيرة. ففي عام 2002 وحده، تسببت مشاكل التوافق بين البرمجيات في خسائر في الإنشاءات الرأسمالية في الولايات المتحدة بلغت 15.8 مليار دولار سنوياً، حيث يتحمل ثلثا هذه الخسائر أصحاب المباني ومشغلوها، خاصة أثناء التشغيل والصيانة [68]. وتشير الدراسة أيضا إلى أن توحيد صيغ البيانات يمكن أن يقلل من هذه الخسائر ويحسن الكفاءة طوال دورة حياة المرفق.

ووفقًا لدراسة CrowdFlower لعام 2016 [69]، والتي شملت 16000 عالم بيانات حول العالم، تظل المشكلة

الرئيسية هي البيانات "القذرة" ومتعددة الأشكال. فوفقًا لهذه الدراسة، فإن المورد الأكثر قيمة ليس قواعد البيانات النهائية أو نماذج التعلم الآلي ، ولكن الوقت الذي يتم إنفاقه على إعداد المعلومات.

يستغرق التنظيف والتنسيق والتنظيم ما يصل إلى 60% من وقت المحلل ومدير البيانات. ويتم إنفاق خُمس الوقت تقريبًا في البحث عن مجموعات البيانات الصحيحة وجمعها، والتي غالبًا ما تكون مخبأة في صوامع ولا يمكن الوصول إليها للتحليل. ويتم إنفاق حوالي 9% فقط من الوقت مباشرةً على النمذجة والتحليلات والتنبؤات واختبار الفرضيات. ويتم إنفاق الباقي في التواصل والتصور وإعداد التقارير والبحث عن مصادر المعلومات الداعمة في المتوسط، يتوزع عمل بيانات المدير على النحو التالي (الشكل5-3.2):

- **تنظيف البيانات وتنظيمها (60٪):** يمكن أن يؤدي وجود بيانات نظيفة ومنظمة إلى تقليل وقت عمل المحلل بشكل كبير وتسريع عملية إنجاز المهام.
- **جمع البيانات (19%):** من التحديات الرئيسية التي تواجه المتخصصين في علم البيانات هو العثور على مجموعات البيانات ذات الصلة. غالبًا ما تكون بيانات الشركة مكدسة في "صوامع" منظمة بشكل فوضوي، مما يجعل من الصعب الوصول إلى المعلومات التي يحتاجون إليها.
- **النمذجة/التعلم الآلي (9%):** غالبًا ما يعوقها عدم وضوح أهداف العمل من جانب العملاء. ويمكن أن يؤدي عدم وجود بيان مهمة واضح إلى إبطال إمكانات حتى أفضل النماذج.
- **المهام الأخرى (5٪):** بالإضافة إلى معالجة البيانات، يتعين على المحللين التعامل مع البحث، واستكشاف البيانات من زوايا مختلفة، وتوصيل النتائج من خلال التصورات والتقارير، والتوصية بتحسين العمليات والاستراتيجيات.



الشكل5-2-3.2 ما يقضيه مديرو البيانات الذين يعملون مع البيانات معظم الوقت (استنادًا إلى [70]).

> تدعم هذه التقديرات دراسات أخرى. وفقًا لدراسة Xplenty المنشورة في مجلة BizReport في عام 2015 [71]، فإن ما بين 50% و90% من وقت المتخصصين في مجال ذكاء الأعمال (BI) ينفقونه في إعداد البيانات للتحليل.

ويمثل تنظيف البيانات والتحقق من صحتها وتنظيمها أساسًا حاسمًا لجميع عمليات البيانات والتحليلات النهائية، حيث يستغرق ما يصل إلى 90% من وقت علماء البيانات.

هذا العمل المضني، غير المرئي للمستخدم النهائي، أمر بالغ الأهمية. فالأخطاء في البيانات الأولية تشوه حتماً التحليلات وتكون مضللة ويمكن أن تؤدي إلى أخطاء إدارية مكلفة. لهذا السبب أصبحت عمليات تنقية البيانات وتوحيدها - بدءًا من إزالة التكرارات وملء السهو إلى مواءمة وحدات القياس والمواءمة مع نموذج مشترك - حجر الزاوية في الاستراتيجية الرقمية الحديثة.

وبالتالي، فإن التحويل الشامل للبيانات وتنظيفها وتوحيدها لا يشغل معظم وقت المتخصصين (ما يصل إلى 80% من العمل مع البيانات) فحسب، بل يحدد أيضًا إمكانية استخدامها الفعال في إطار العمليات التجارية الحديثة.

ومع ذلك، فإن تنظيم البيانات وتنظيفها لا يستنفدان وحدهما مهمة الإدارة المثلى لتدفق المعلومات في الشركة. فخلال مرحلة التنظيم والهيكلة، يصبح اختيار نموذج البيانات المناسب، الذي يؤثر بشكل مباشر على ملاءمة وكفاءة العمل مع المعلومات في مراحل المعالجة اللاحقة، هو الذي يحدد مدى ملاءمة وكفاءة العمل مع المعلومات في المراحل اللاحقة من المعالجة.

نظرًا لاختلاف أهداف البيانات والأعمال، من المهم فهم خصائص نماذج البيانات والقدرة على اختيار أو إنشاء الهيكل المناسب. واعتماداً على درجة الهيكلة وطريقة وصف العلاقات بين العناصر، هناك ثلاثة نماذج رئيسية: منظمة، ومنظمة بشكل غير محكم التنظيم، ورسومية. كل منها مناسب للمهام المختلفة وله نقاط القوة والضعف الخاصة به.

نماذج البيانات: العلاقات في البيانات والعلاقات بين العناصر

يتم تنظيم البيانات في نظم المعلومات بطرق مختلفة - اعتماداً على مهام ومتطلبات تخزين ومعالجة ونقل المعلومات. والفرق الرئيسي بين أنواع نماذج البيانات والشكل الذي يتم تخزين المعلومات به هو درجة الهيكلة والطريقة التي يتم بها وصف العلاقات بين العناصر.

> البيانات المهيكلة لها مخطط واضح وقابل للتكرار: فهي منظمة كجداول ذات أعمدة ثابتة. يوفر هذا التنسيق القدرة على التنبؤ وسهولة المعالجة والكفاءة عند إجراء استعلامات SQL والتصفية والتجميع. أمثلة - قواعد البيانات CSV ، Excel ،(RDBMS).

تتيح البيانات المنظمة بشكل فضفاض بنية مرنة: يمكن أن تحتوي العناصر المختلفة على مجموعة مختلفة من السمات

ويمكن تخزينها كتسلسلات هرمية. ومن الأمثلة على ذلك JSON أو XML أو تنسيقات المستندات الأخرى. تكون هذه البيانات ملائمة عندما يكون من الضروري نمذجة الكائنات المتداخلة والعلاقات بينها، ولكن من ناحية أخرى، فإنها تعقد تحليل البيانات وتوحيدها (الشكل3.2-6).

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

الشكل3.2-6.3 نموذج البيانات هو هيكل منطقي يصف كيفية تنظيم البيانات وتخزينها ومعالجتها في النظام.

يعتمد اختيار الشكل المناسب على الأهداف:

- إذا كانت سرعة التصفية والتحليلات مهمة - الجداول العلائقية (CSV ، SQL، و RDBMS، وقواعد البيانات العمودية) ستفي بالغرض.
- إذا كانت مرونة البنية مطلوبة - فمن الأفضل استخدام JSON أو XML.
- إذا كانت البيانات تحتوي على علاقات معقدة - توفر قواعد بيانات الرسم البياني الرؤية وقابلية التوسع.

في قواعد البيانات العلائقية الكلاسيكية (RDBMS)، يتم تمثيل كل كيان (مثل الباب) بصف وخصائصه بأعمدة الجدول. على سبيل المثال، قد يحتوي جدول العناصر من فئة "الأبواب" على حقول المعرف والارتفاع والعرض ومقاومة الحريق ومعرف الغرفة الذي يشير إلى الغرفة (الشكل3.2-7).

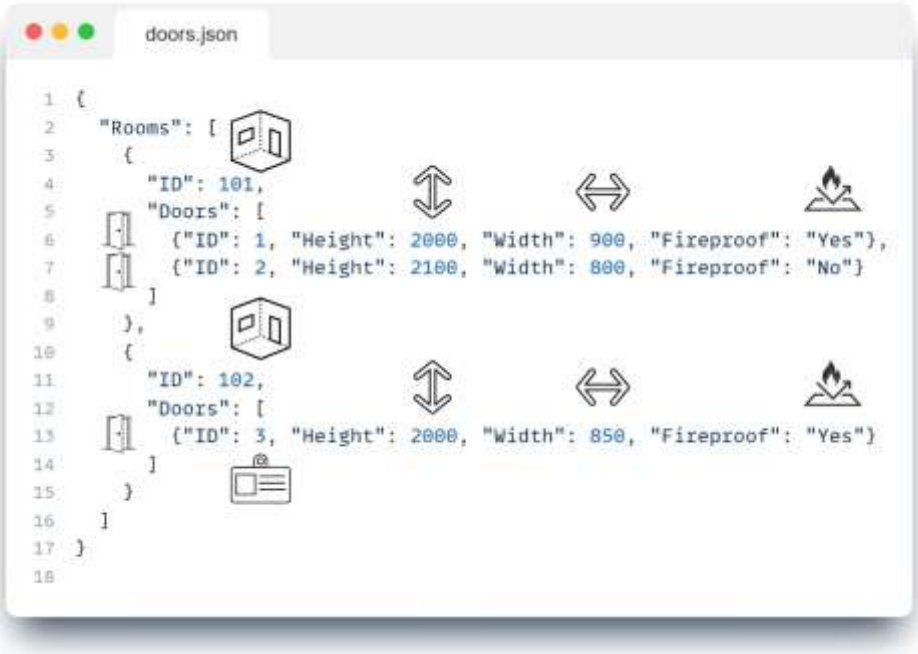
في قواعد البيانات العلائقية الكلاسيكية (RDBMS) تتشكل العلاقات في شكل جداول، حيث يمثل كل سجل كائنًا وتمثل الأعمدة معطياته. في التنسيق الجدولي تبدو البيانات المتعلقة بالأبواب في المشروع على هذا النحو، حيث يمثل كل

صف عنصرًا منفصلاً - بابًا بمعرفه الفريد وسماته، ويتم الاتصال بالغرفة من خلال المعلمة "معرف الغرفة".

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

الشكل7-3.2 معلومات عن العناصر الثلاثة لفئة "الأبواب" من المشروع في شكل جدول منظم.

في التنسيقات المنظمة بشكل فضفاض مثل JSON أو XML ، يتم تخزين البيانات في شكل هرمي أو متداخل، حيث قد تحتوي العناصر على كائنات أخرى وقد تختلف بنيتها. يسمح ذلك بنمذجة العلاقات المعقدة بين العناصر. يتم تمثيل معلومات مماثلة حول الأبواب في المشروع، والتي تم تسجيلها في شكل منظم (الشكل7-3.2)، في شكل منظم بشكل غير محكم (JSON) بطريقة (الشكل8-3.2) بحيث تصبح كائنات متداخلة داخل الغرف (الغرف - المعرف)، والتي تعكس منطقياً التسلسل الهرمي.



الشكل3.2-8 معلومات حول عناصر فئة "الأبواب" من المشروع بصيغة JSON.

في نموذج الرسم البياني، يتم تمثيل البيانات على شكل عقد (رؤوس) وروابط (حواف) بينها. يتيح لك ذلك تصور العلاقات المعقدة بين الكائنات وسماتها. في حالة بيانات الباب والغرفة في المشروع، يكون تمثيل الرسم البياني على النحو التالي:

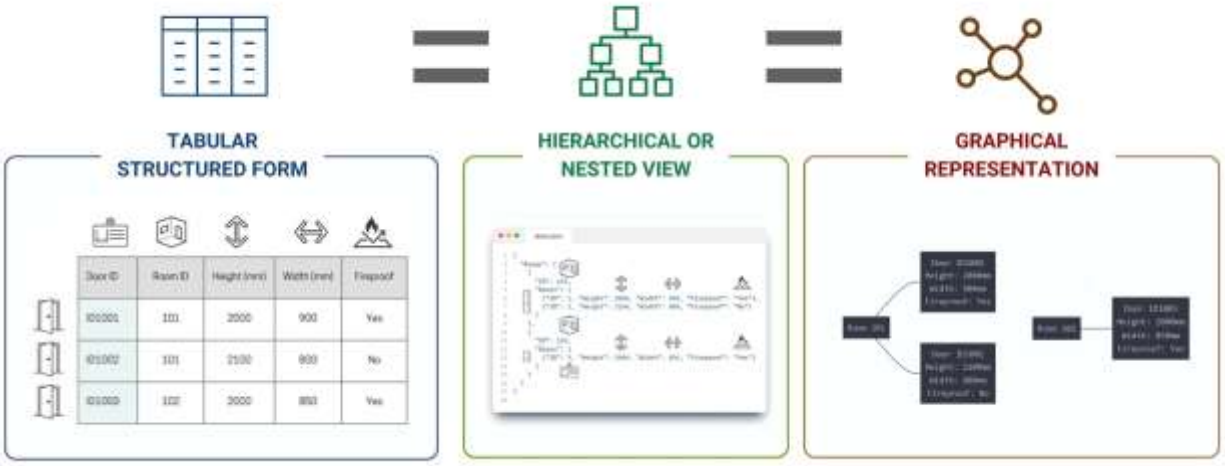
- تمثل **العقد (العقد)** الكيانات الرئيسية: الغرف (الغرفة 101، الغرفة 102) والأبواب (ID1001، ID1002، ID1003)
- تُظهر **الأضلاع (الروابط)** العلاقات بين هذه الكيانات، على سبيل المثال، انتماء باب إلى غرفة معينة
- يتم تعيين **السمات** إلى عقد وتحتوي على خصائص الكيان (الارتفاع والعرض ومقاومة الحريق للأبواب)

الشكل9-3.2 معلومات كيان باب المشروع في عرض الرسم البياني.

في نموذج بيانات الرسم البياني لوصف الباب، تكون كل غرفة وكل باب عبارة عن عقد منفصلة. ترتبط الأبواب بالغرف من خلال الحواف التي تشير إلى أن الباب ينتمي إلى غرفة معينة. يتم تخزين سمات الأبواب (الارتفاع والعرض ومقاومة الحريق) كخصائص للعقد المقابلة. ستتم مناقشة المزيد من التفاصيل حول تنسيقات الرسم البياني وكيفية ظهور دلالات الرسم البياني في صناعة الإنشاءات في فصل "ظهور دلالات وعلم الوجود في البناء".

تكون قواعد بيانات الرسوم البيانية فعالة عندما لا تكون البيانات نفسها هي المهمة، بل العلاقات بينها، كما هو الحال في أنظمة التوصية أو أنظمة التوجيه أو عند نمذجة العلاقات المعقدة في مشاريع إدارة المرافق. يبسط تنسيق الرسم البياني إنشاء علاقات جديدة من خلال السماح بإضافة أنواع بيانات جديدة إلى الرسم البياني دون تغيير بنية التخزين. ومع ذلك، بالمقارنة مع الجداول العلائقية والتنسيقات المهيكلة، لا يوجد اتصال بيانات إضافي في الرسم البياني - لا يؤدي نقل بيانات قاعدة البيانات ثنائية الأبعاد إلى رسم بياني إلى زيادة عدد العلاقات ولا يسمح بالحصول على معلومات جديدة.

> يجب أن يكون شكل البيانات ومخططها مصممين خصيصاً لحالة الاستخدام المحددة والمهام التي سيتم تنفيذها. ومن أجل العمل بفعالية في العمليات التجارية، من المهم استخدام تلك الأدوات ونماذج البيانات التي تساعد في الحصول على النتائج بأسرع وأسهل ما يمكن.



الشكل10-3.2 يمكن تخزين نفس المعلومات حول عناصر المشروع بتنسيقات مختلفة باستخدام نماذج بيانات مختلفة.

> تواجه معظم الشركات الكبيرة اليوم مشكلة التعقيد المفرط للبيانات. حيث يستخدم كل تطبيق من مئات أو آلاف التطبيقات نموذج البيانات الخاص به، مما يخلق تعقيدًا مفرطًا - فغالبًا ما يكون النموذج الفردي أكثر تعقيدًا بعشرات المرات من اللازم، ويكون مجموع جميع النماذج أكثر تعقيدًا بآلاف المرات. هذا التعقيد المفرط يعيق بشكل كبير عمل كل من المطورين والمستخدمين النهائيين.

يفرض هذا التعقيد قيودًا خطيرة على تطوير وصيانة أنظمة الشركة. فكل عنصر جديد في النموذج يتطلب رمزاً إضافياً وتنفيذ منطق جديد واختباراً شاملاً وتكييفاً مع الحلول الحالية. كل هذا يزيد من التكاليف ويبطئ عمل فريق الأتمتة في الشركة، مما يحول حتى المهام البسيطة إلى عمليات مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً.

يؤثر التعقيد على جميع مستويات بنية البيانات. في قواعد البيانات العلائقية يتم التعبير عنه في العدد المتزايد من الجداول والأعمدة، وغالباً ما تكون زائدة عن الحاجة. في الأنظمة الموجهة للكائنات، يزداد التعقيد بتعدد الفئات والخصائص المترابطة. في تنسيقات مثل XML أو JSON ، يتجلى التعقيد من خلال الهياكل المتداخلة المربكة

والمفاتيح الفريدة والمخططات غير المتسقة.

> إن التعقيد المفرط لنماذج البيانات لا يجعل الأنظمة أقل كفاءة فحسب، بل يجعل من الصعب فهمها من قبل المستخدمين النهائيين وفي المستقبل نماذج لغوية كبيرة وعوامل LLM. إن مشكلة فهم وتعقيد نماذج البيانات ومعالجة البيانات هي التي تثير السؤال التالي: كيف نجعل البيانات سهلة الاستخدام بما يكفي لتبدأ الاستفادة منها بسرعة.

حتى عندما يتم اختيار نماذج البيانات بحكمة، تقل فائدتها بشكل كبير إذا كان الوصول إلى البيانات مقيدًا. تعيق التنسيقات المملوكة والمنصات المغلقة التكامل، وتعقّد الأتمتة، وتسلب التحكم في المعلومات المملوكة، مما يخلق ليس فقط صومعة من البيانات الجديدة، بل صومعة مغلقة لا يمكن الوصول إليها إلا بإذن من البائع. لفهم حجم المشكلة، من المهم النظر في كيفية تأثير الأنظمة المغلقة على العمليات الرقمية في مجال البناء.

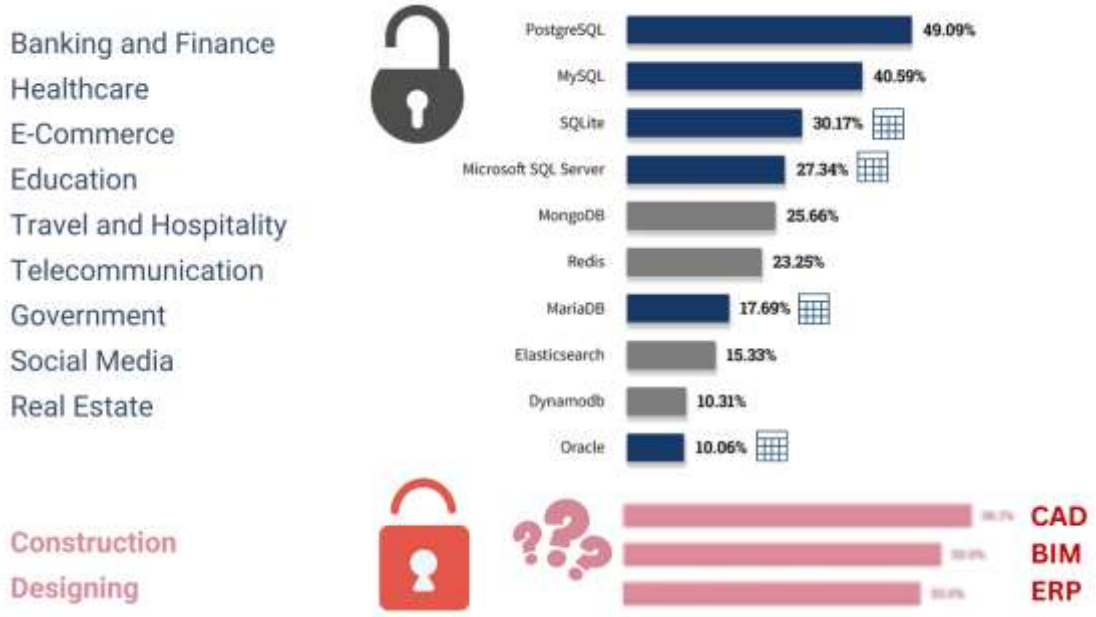
تنسيقات الملكية وتأثيرها على العمليات الرقمية

أحد التحديات الرئيسية التي تواجهها شركات الإنشاءات خلال عملية الرقمنة هو محدودية الوصول إلى البيانات. وهذا يجعل من الصعب دمج الأنظمة، ويقلل من جودة المعلومات ويجعل من الصعب تنظيم عمليات فعالة. وغالباً ما يكون استخدام التنسيقات المملوكة وحلول البرمجيات المغلقة هو السبب الرئيسي لهذه الصعوبات.

ولسوء الحظ، حتى الآن، لا تسمح العديد من البرامج المستخدمة في صناعة البناء والتشييد للمستخدم بحفظ البيانات إلا بتنسيقات خاصة أو تخزين سحابي لا يمكن الوصول إليها إلا عبر واجهات محدودة للغاية. وليس من غير المألوف أن تكون هذه الحلول مبنية بالاعتماد على أنظمة أكثر انغلاقاً من بائعين أكبر. ونتيجة لذلك، حتى أولئك المطورين الذين يرغبون في تقديم المزيد من البنى المفتوحة يضطرون إلى الامتثال للقواعد التي يمليها

البائعون الكبار.

في حين أن أنظمة إدارة بيانات البناء الحديثة تدعم بشكل متزايد التنسيقات والمعايير المفتوحة (الشكل3.1-5)، فإن قواعد البيانات القائمة على التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) ونظم تخطيط موارد المؤسسات ونظم إدارة المرافق ذات الصلة لا تزال "جزرًا" معزولة مسجلة الملكية في المشهد الرقمي للصناعة (الشكل3.2-11).

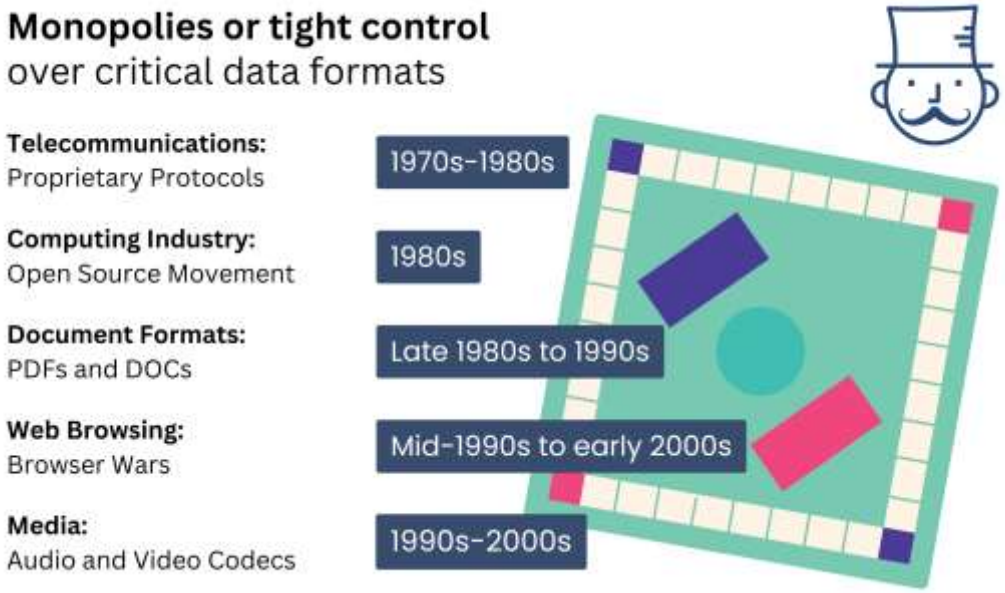


الشكل3.2-11 تخلق الطبيعة المغلقة والمملوكة للبيانات عوائق أمام تكامل البيانات والوصول إليها.

ولا تمثل الأشكال والبروتوكولات المغلقة والمحتكرة مشكلة لصناعة البناء فحسب. ففي العديد من قطاعات الاقتصاد، بدأت مكافحة المعايير المغلقة ومحدودية الوصول إلى البيانات في العديد من القطاعات الاقتصادية مع تباطؤ الابتكار (الشكل3.2-12)، ووجود حواجز مصطنعة أمام دخول لاعبين جدد، وتعميق الاعتماد على كبار الموردين. ومع النمو السريع في أهمية البيانات، لم يعد لدى السلطات المعنية بالمنافسة الوقت الكافي للاستجابة

للتحديات التي تفرضها الأسواق الرقمية الجديدة، ونتيجة لذلك، أصبحت الأشكال المغلقة والوصول المقيد إلى البيانات في الأساس "حدودًا" رقمية تقيد تدفق المعلومات والنمو [63].

> **إذا كانت الآلات تنتج كل ما نحتاجه، فإن وضعنا سيعتمد على كيفية توزيع هذه السلع. لن يتمكن الجميع من التمتع بحياة الرخاء إلا إذا تم تقاسم الثروة التي تنتجها الآلات. أو سينتهي الأمر بمعظم الناس إلى العيش في فقر مدقع إذا نجح أصحاب السيارات في الضغط ضد إعادة توزيع الثروة. وحتى الآن، يبدو أن الأمور تسير حتى الآن في الاتجاه الثاني، حيث تؤدي التكنولوجيا إلى مزيد من عدم المساواة [72].**
>
> **- ستيفن هوكينج، عالم الفيزياء الفلكية، 2015**



الشكل12-3.2 الملكية الاحتكارية لتنسيقات وبروتوكولات البيانات الرئيسية ليست مشكلة حصرية لصناعة البناء.

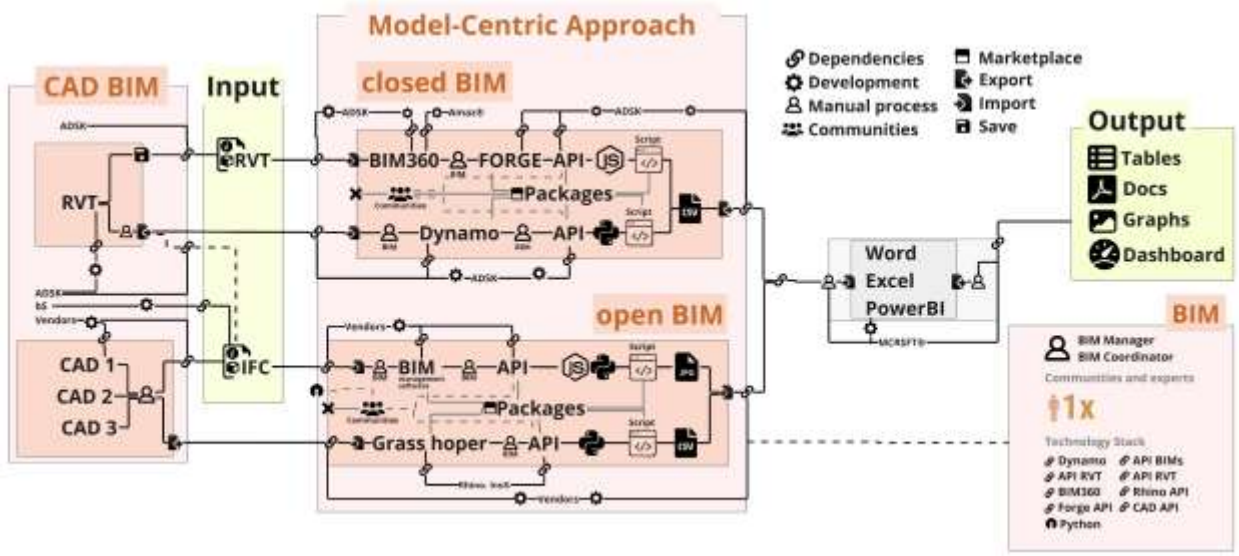
ونتيجة لذلك، وبسبب الوصول المغلق إلى قواعد البيانات البرامج، فإن مديري البيانات ومحللي البيانات وأخصائيي

تكنولوجيا المعلومات والمطورين الذين يقومون بإنشاء تطبيقات للوصول إلى البيانات ومعالجتها وأتمتتها في صناعة البناء يواجهون اليوم العديد من التبعيات على بائعي البرمجيات (الشكل13-3.2). وتتطلب هذه التبعيات في شكل طبقات وصول إضافية إنشاء حلول مع واجهة برمجة تطبيقات متخصصة -وصلات وأدوات وبرامج خاصة.

واجهة برمجة التطبيقات (API) هي واجهة رسمية يمكن من خلالها أن يتفاعل برنامج ما مع برنامج آخر، ويتبادلان البيانات والوظائف دون الحاجة إلى الوصول إلى التعليمات البرمجية المصدرية. تصف واجهة برمجة التطبيقات (API) الطلبات التي يمكن لنظام خارجي أن يقدمها، وما هي الصيغة التي يجب أن تكون عليها، وما هي الردود التي سيتلقاها. إنها "عقد" موحد بين وحدات البرمجيات.

يتسبب العدد الكبير من التبعيات على الحلول المغلقة في أن تصبح بنية التعليمات البرمجية ومنطق عمليات الأعمال في الشركة بأكملها "بنية معكرونة" من الأدوات التي تعتمد على سياسة بائع البرمجيات في توفير وصول عالي الجودة إلى البيانات.

لا يؤدي الاعتماد على الحلول والأنظمة الأساسية المغلقة إلى فقدان المرونة فحسب، بل يؤدي أيضًا إلى مخاطر حقيقية على الأعمال. فتغيير شروط الترخيص، أو إغلاق الوصول إلى البيانات، أو تغيير التنسيقات أو بنية واجهة برمجة التطبيقات - كل ذلك يمكن أن يعرقل العمليات الهامة. وفجأة يتضح أن تحديث جدول واحد يتطلب إعادة صياغة مجموعة كاملة من عمليات التكامل والوصلات (الشكل13-3.2)، ويصبح أي تحديث واسع النطاق للبرامج أو بائع واجهة برمجة التطبيقات الخاصة بها تهديدًا محتملاً لاستقرار نظام الشركة بأكمله.



الشكل13-3.2 مثال على العدد الكبير من التبعيات في معالجة التصميم بمساعدة الحاسوب - البيانات يخلق عوائق أمام تكامل البيانات في النظام البيئي لشركات الإنشاءات.

> يضطر المطورون ومهندسو الأنظمة في مثل هذه الظروف إلى العمل ليس من أجل التوقع، بل من أجل البقاء. فبدلاً من تنفيذ حلول جديدة، يقومون بالتكيف. وبدلاً من التطوير، يحاولون الحفاظ على التوافق. وبدلًا من أتمتة العمليات وتسريعها، يقضون وقتهم في دراسة الواجهات المغلقة التالية، ووثائق واجهة برمجة التطبيقات وإعادة بناء التعليمات البرمجية التي لا نهاية لها.

إن العمل مع التنسيقات والأنظمة المغلقة ليس مجرد تحدٍ تقني - بل هو قيد استراتيجي. وعلى الرغم من الفرص الواضحة التي توفرها الأتمتة الحديثة، والذكاء الاصطناعي ، وLLM والتحليلات التنبؤية ، فإن العديد من الشركات تفشل في تحقيق إمكاناتها الكاملة. كما أن الحواجز التي تقيمها التنسيقات المملوكة (الشكل13-3.2) تحرم الشركات من الوصول إلى بياناتها الخاصة. ربما تكون هذه هي المفارقة في التحول الرقمي في مجال الإنشاءات.

> شفافية البيانات والأنظمة المفتوحة ليست رفاهية، بل هي شرط أساسي للسرعة والكفاءة. فبدون الانفتاح، تمتلئ العمليات التجارية بالبيروقراطية غير الضرورية، وسلاسل الموافقة متعددة الطبقات، والاعتماد المتزايد على مبدأ "هاي بو" - أي اتخاذ القرارات بناءً على رأي الشخص الأعلى أجراً.

ومع ذلك، هناك نقلة نوعية تلوح في الأفق. فعلى الرغم من هيمنة الحلول المملوكة للشركات، إلا أن المزيد والمزيد من الشركات بدأت تدرك محدودية البنى المستوحاة من الثورة الصناعية الرابعة. واليوم، يتجه الاتجاه نحو مبادئ الثورة الخامسة، حيث تكون البيانات كأصل استراتيجي، والواجهات المفتوحة (واجهات برمجة التطبيقات) وقابلية التشغيل البيني الحقيقية بين الأنظمة في المركز.

يمثل هذا التحول تحولاً من النظم الإيكولوجية المغلقة نحو البنى الرقمية المرنة والمعيارية حيث تلعب التنسيقات المفتوحة والمعايير وتبادل البيانات بشفافية دوراً رئيسياً.

تعمل التنسيقات المفتوحة على تغيير نهج الرقمنة

كانت صناعة الإنشاءات واحدة من آخر القطاعات التي عالجت مشكلة البيانات المغلقة والمملوكة. وعلى عكس قطاعات الاقتصاد الأخرى، كان تطور الرقمنة بطيئًا هنا. وتشمل أسباب ذلك الطبيعة التقليدية المحافظة للصناعة، وانتشار الحلول المحلية المتباينة، والطبيعة المتجذرة لإدارة المستندات الورقية. فعلى مدى عقود، اعتمدت عمليات البناء الرئيسية على الرسومات المادية والمكالمات الهاتفية وقواعد البيانات غير المتزامنة. وفي هذا السياق، كان يُنظر إلى التنسيقات المغلقة منذ فترة طويلة على أنها القاعدة وليس عقبة.

تُظهر التجربة من الصناعات الأخرى أن إزالة الحواجز أمام البيانات المغلقة تؤدي إلى طفرة في الابتكار وتسريع التنمية وزيادة المنافسة [73]. في العلوم، يسمح تبادل البيانات المفتوحة بتسريع الاكتشافات وتطوير التعاون الدولي. في الطب، يمكن أن يحسن كفاءة التشخيص والعلاج. في هندسة البرمجيات - لإنشاء نظم بيئية للإبداع المشترك والتحسين السريع

للمنتجات.

> وفقًا لتقرير ماكنزي "البيانات المفتوحة: أطلق العنان للابتكار والإنتاجية مع تدفق المعلومات" لعام 2013. [74]، فإن البيانات المفتوحة لديها القدرة على تحرير ما بين 3 إلى 5 تريليون دولار سنويًا في سبع صناعات رئيسية، بما في ذلك البناء والنقل والرعاية الصحية والطاقة. ووفقًا للدراسة نفسها، فإن النظم الإيكولوجية اللامركزية للبيانات تمكّن شركات الإنشاءات الكبرى والمقاولين من تقليل تكاليف تطوير البرمجيات وصيانتها، مما يسرّع من اعتماد التكنولوجيا الرقمية.

إن الانتقال إلى البنى المفتوحة، الذي بدأ منذ فترة طويلة في قطاعات أخرى من الاقتصاد، ينتشر تدريجياً إلى صناعة البناء والتشييد. فالشركات الكبيرة والعملاء من القطاع العام، وخاصة المؤسسات المالية التي تتحكم في الاستثمارات في مشاريع البناء، تطالب بشكل متزايد باستخدام البيانات المفتوحة والوصول إلى شفرة المصدر للحسابات والحسابات والتطبيقات. لم يعد من المتوقع أن يكتفي المطورون بإنشاء حلول رقمية وإظهار الأرقام النهائية للمشروع، بل من المتوقع أن تكون شفافة وقابلة للتكرار ومستقلة عن بائعي التطبيقات من طرف ثالث.

> يوفر استخدام الحلول مفتوحة المصدر للعميل الثقة بأنه حتى لو توقف المطورون الخارجيون عن التعاون أو تركوا المشروع، فلن يؤثر ذلك على القدرة على مواصلة تطوير الأدوات والأنظمة. تتمثل إحدى الفوائد الرئيسية للبيانات المفتوحة في قدرتها على التخلص من اعتماد مطوري التطبيقات على منصات محددة للوصول إلى البيانات.

إذا لم تستطع الشركة التخلي تماماً عن الحلول المسجلة الملكية، فإن الحل الوسط الممكن هو استخدام تقنيات الهندسة العكسية. وتسمح هذه الأساليب السليمة قانونياً وتقنياً بتحويل الصيغ المغلقة إلى صيغ أكثر سهولة وهيكلة وملاءمة للتكامل. وهذا أمر مهم بشكل خاص عندما تكون هناك حاجة إلى الاتصال بالأنظمة القديمة أو ترحيل المعلومات من مشهد برمجي إلى آخر.

> من ألمع الأمثلة في تاريخ الانتقال إلى التنسيقات المفتوحة وتطبيق الهندسة العكسية (الاختراق القانوني للأنظمة المسجلة الملكية) في مجال البناء هو تاريخ النضال من أجل فتح تنسيق DWG ، المستخدم على نطاق واسع في أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD). في عام 1998، ورداً على احتكار أحد بائعي البرمجيات قام 15 بائع برمجيات أخرى بتشكيل تحالف جديد يسمى "Open DWG" لتزويد المطورين بأدوات مجانية ومستقلة للعمل مع تنسيق DWG (المعيار الفعلي لنقل الرسم) دون الحاجة إلى برامج مسجلة الملكية أو واجهات برمجة تطبيقات مغلقة. كان هذا الحدث نقطة تحول سمحت لعشرات الآلاف من الشركات بالوصول المجاني إلى التنسيق المغلق لحل CAD الشائع منذ أواخر الثمانينيات وحتى اليوم وإنشاء حلول متوافقة عززت المنافسة في سوق [75] CAD. واليوم، تُستخدم مجموعة تطوير البرمجيات "Open DWG"، التي تم إنشاؤها لأول مرة في عام 1996، في جميع الحلول تقريبًا التي يمكن فيها استيراد تنسيق DWG وتحريره وتصديره، خارج التطبيق الرسمي لمطور تنسيق DWG.

يفرض عمالقة التكنولوجيا الآخرون تحولات مماثلة. فقد فتحت مايكروسوفت، التي كانت رمزاً للنهج الاحتكاري، شفرة مصدر إطار عمل.NET Framework، وبدأت في استخدام لينكس في البنية التحتية للخدمات السحابية Azure، واستحوذت على GitHub لتعزيز مكانتها في مجتمع المصادر المفتوحة. [76]. أصدرت شركة Meta (فيسبوك سابقًا) نماذج ذكاء اصطناعي مفتوحة المصدر ، مثل سلسلة Llama، لتعزيز الابتكار والتعاون في تطوير عوامل الذكاء الاصطناعي. ويتوقع الرئيس التنفيذي مارك زوكربيرج أن تتصدر منصات مفتوحة المصدر الطريق في التقدم التكنولوجي خلال العقد القادم [77].

> المصدر المفتوح هو نموذج لتطوير البرمجيات وتوزيعها حيث تكون الشيفرة المصدرية مفتوحة للاستخدام والدراسة والتعديل والتوزيع مجاناً.

لم تصبح البيانات المفتوحة والحلول مفتوحة المصدر مجرد اتجاه، بل أصبحت أساس الاستدامة الرقمية. فهي تمنح الشركات المرونة والمرونة والتحكم في قراراتها والقدرة على توسيع نطاق العمليات الرقمية دون الاعتماد على سياسات البائعين. وعلى نفس القدر من الأهمية، فهي تعيد للشركات السيطرة على أكثر الموارد قيمة في القرن الحادي والعشرين - بياناتها.

تحول في النموذج: المصدر المفتوح كنهاية عصر هيمنة بائعي البرمجيات

تشهد صناعة الإنشاءات تحولاً لا يمكن استثماره بالطريقة المعتادة. ويؤدي مفهوم النهج القائم على البيانات والمتمحور حول البيانات واستخدام أدوات المفتوحة المصدر المفتوحة المصدر إلى إعادة النظر في قواعد اللعبة التي يستند إليها عمالقة البرمجيات في السوق.

> على عكس التحولات التكنولوجية السابقة، لن يتم الترويج لهذا التحول بنشاط من قبل البائعين. فالتحول في النموذج يهدد نماذج أعمالهم التقليدية القائمة على الترخيص والاشتراكات والاستشارات. لا يتضمن الواقع الجديد منتجاً جاهزاً أو اشتراكاً مدفوعاً، بل يتطلب إعادة تنظيم العمليات والتفكير.

لإدارة وتطوير حلول مراكز البيانات القائمة على التقنيات المفتوحة، ستحتاج الشركات إلى إعادة التفكير في العمليات الداخلية. سيتعين على المتخصصين من مختلف الأقسام ليس فقط التعاون، ولكن أيضاً إعادة التفكير في كيفية عملهم معاً.

ينطوي النموذج الجديد على استخدام البيانات المفتوحة والحلول مفتوحة المصدر، حيث ستلعب الأدوات القائمة

على الذكاء الاصطناعي والنماذج اللغوية الكبيرة (LLM) بدلاً من المبرمجين دوراً خاصاً في إنشاء كود البرمجيات. بالفعل بحلول منتصف عام 2024، سيتم إنشاء أكثر من 25% من التعليمات البرمجية الجديدة في جوجل باستخدام الذكاء الاصطناعي [78]. وفي المستقبل، ستؤدي البرمجة باستخدام نماذج اللغات الكبيرة 80% (LLM) من العمل في 20% فقط من الوقت (الشكل14-3.2).

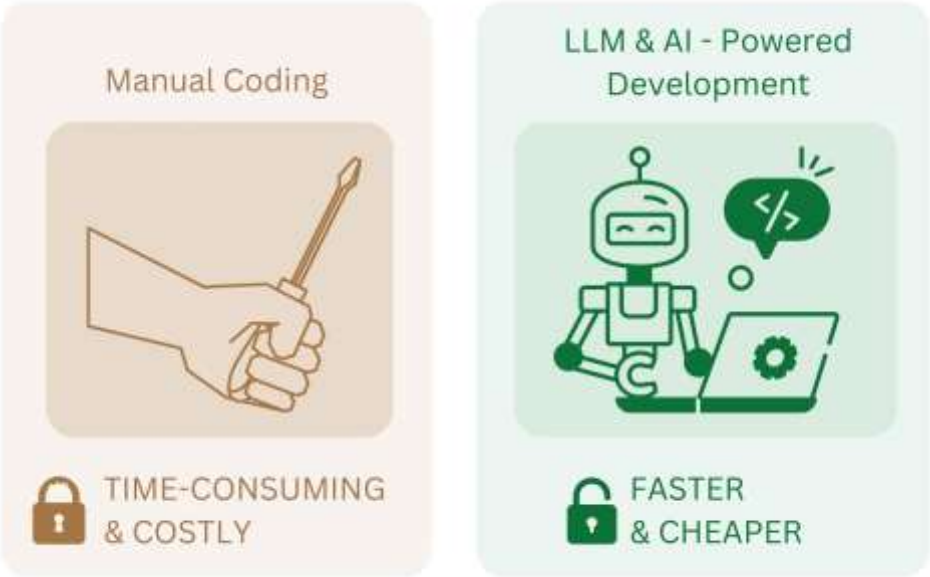
> ووفقًا لدراسة ماكنزي لعام 2020 [79]، فإن وحدات معالجة الرسومات تحل بشكل متزايد محل وحدات المعالجة المركزية في التحليلات نظرًا لأدائها العالي ودعمها من قبل الأدوات الحديثة مفتوحة المصدر. يتيح ذلك للشركات تسريع معالجة البيانات دون الحاجة إلى استثمارات كبيرة في برامج باهظة الثمن أو توظيف متخصصين نادرين.

تؤكد شركات استشارية رائدة مثل ماكينزي وPwC وديلويت على الأهمية المتزايدة للمعايير المفتوحة والتطبيقات مفتوحة المصدر في مختلف الصناعات.

> ووفقًا لتقرير [80] PwC Open Source Monitor 2019، فإن 69% من الشركات التي تضم 100 موظف أو أكثر تستخدم حلول المصادر المفتوحة عن وعي. تُستخدم برمجيات المصدر المفتوح بشكل خاص في الشركات الكبيرة: 71% من الشركات التي يعمل بها 200-499 موظف، و78% في فئة 500-1999 موظف، وما يصل إلى 86% بين الشركات التي يزيد عدد موظفيها عن 2000 موظف. ووفقًا لتقرير Synopsys OSSRA 2023، فإن 96% من قواعد الشفرات التي تم تحليلها تحتوي على مكونات مفتوحة المصدر [81].

لا يتمثل دور المطور في المستقبل في كتابة التعليمات البرمجية يدويًا، بل في تصميم نماذج البيانات وبنى التدفق وإدارة وكلاء الذكاء الاصطناعي الذين يقومون بإنشاء الحسابات الصحيحة عند الطلب. ستصبح واجهات المستخدم في أضيق الحدود وسيصبح التفاعل قائماً على الحوار. ستفسح البرمجة الكلاسيكية المجال للتصميم عالي المستوى وتنسيق الحلول الرقمية (الشكل14-3.2). ستؤدي الاتجاهات الحالية - مثل المنصات منخفضة التعليمات

البرمجية (الشكل6-7.4) والنظم الإيكولوجية التي تدعم البرمجة منخفضة المستوى (الشكل4-7.4) - إلى خفض تكلفة تطوير أنظمة تكنولوجيا المعلومات وصيانتها بشكل كبير.



الشكل14-3.2 في حين أن التطبيقات اليوم يتم إنشاؤها يدويًا بواسطة المبرمجين، سيتم في المستقبل إنشاء جزء كبير من التعليمات البرمجية بواسطة الذكاء الاصطناعي والحلول القائمة على LLM.

سيكون هذا التحول مختلفاً عن التحولات السابقة ومن غير المرجح أن يكون كبار بائعي البرمجيات هم المحفزون.

> في دراسة أجرتها كلية هارفارد للأعمال بعنوان "قيمة البرمجيات مفتوحة المصدر" 2024 [40]، تم تقدير القيمة الإجمالية للبرمجيات مفتوحة المصدر من ناحيتين. فمن ناحية، إذا حسبنا المبلغ الذي يتطلبه بناء جميع الحلول مفتوحة المصدر الحالية من الصفر، فسيكون المبلغ حوالي 4.15 مليار دولار. ومن ناحية أخرى، إذا تخيلنا أن كل شركة تقوم بتطوير نظائرها من الحلول مفتوحة المصدر من تلقاء نفسها (وهو ما يحدث في كل مكان)، دون أن يكون لديها إمكانية الوصول إلى الأدوات الموجودة، فإن التكلفة الإجمالية للأعمال ستصل إلى 8.8 تريليون دولار - هذه هي تكلفة الطلب.

ليس من الصعب تخمين أنه لا يوجد بائع برمجيات رئيسي مهتم بتقليص سوق برمجيات بقيمة محتملة تبلغ 8.8 تريليون دولار إلى 4.15 مليار دولار فقط. وهذا يعني تقليل حجم الطلب بأكثر من 2000 مرة. إن مثل هذا التحول ببساطة غير مربح للبائعين الذين بنيت نماذج أعمالهم على سنوات من الحفاظ على اعتماد العملاء على الحلول المغلقة. لذا فإن الشركات التي تتوقع أن يقدم لها شخص ما حلاً جاهزاً ومريحاً ومفتوحاً قد تصاب بخيبة أمل - فهؤلاء البائعون ببساطة لن يظهروا.

لا يعني التحول إلى بنية رقمية مفتوحة فقدان الوظائف أو الإيرادات. بل على العكس من ذلك، فإنه يهيئ الظروف لنماذج أعمال مرنة وقابلة للتكيف قد تحل في نهاية المطاف محل سوق التراخيص التقليدية والبرمجيات المعبأة في علب.

فبدلاً من بيع التراخيص - الخدمات، وبدلاً من التنسيقات المغلقة - المنصات المفتوحة، وبدلاً من الاعتماد على البائع - الاستقلالية والقدرة على بناء حلول للاحتياجات الحقيقية. أولئك الذين اعتادوا على استخدام الأدوات ببساطة سيتمكنون من أن يصبحوا مؤلفين مشاركين. وأولئك الذين يستطيعون العمل مع البيانات والنماذج والسيناريوهات والمنطق سيجدون أنفسهم في قلب الاقتصاد الرقمي الجديد للصناعة. سنتحدث أكثر عن هذه التغييرات وما هي الأدوار الجديدة ونماذج الأعمال وأشكال التعاون الناشئة حول البيانات المفتوحة في الجزء الأخير العاشر من الكتاب.

ستسمح الحلول القائمة على البيانات المفتوحة والرمز المفتوح للشركات بالتركيز على كفاءة العمليات التجارية بدلاً من التركيز على المعاناة مع واجهات برمجة التطبيقات القديمة ودمج الأنظمة المغلقة. يمكن أن يؤدي الانتقال الواعي إلى البنية المفتوحة إلى تحسين الإنتاجية بشكل كبير وتقليل الاعتماد على البائعين.

إن الانتقال إلى واقع جديد ليس مجرد تغيير في نهج تطوير البرمجيات فحسب، بل هو أيضًا إعادة التفكير في مبدأ العمل مع البيانات. وفي قلب هذا التحول لا تكمن الكودات البرمجية بل المعلومات: هيكلها وإمكانية الوصول إليها وتفسيرها. وهنا تبرز البيانات المفتوحة والمنظمة إلى الواجهة، لتصبح جزءاً لا يتجزأ من البنية الرقمية الجديدة.

البيانات المفتوحة المهيكلة: أساس التحول الرقمي

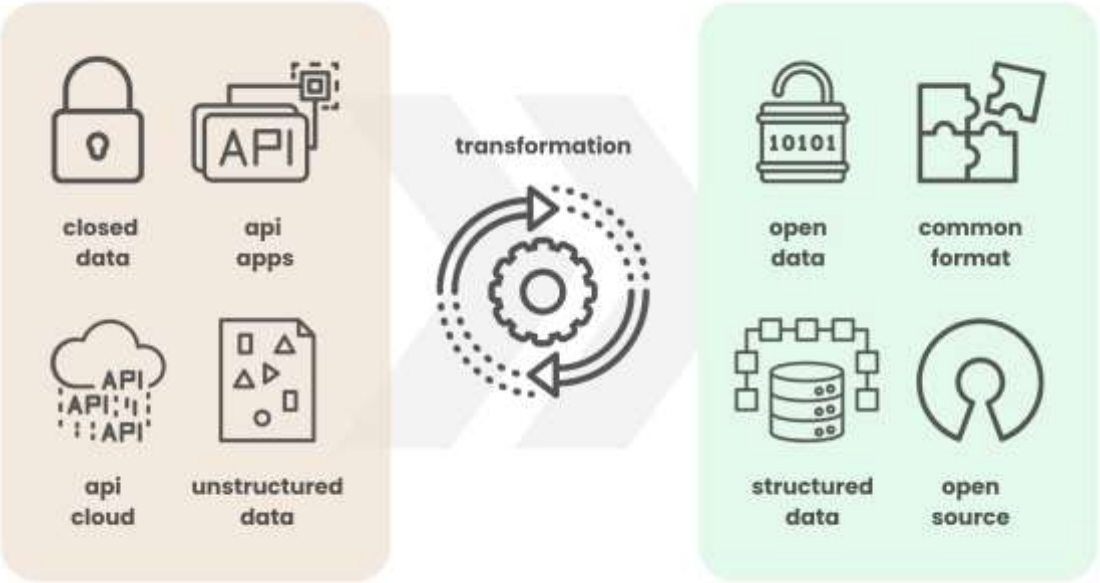
بينما كانت استدامة الأعمال في العقود الماضية تتحدد إلى حد كبير باختيار حلول البرمجيات والاعتماد على بائعين محددين، فإن العامل الرئيسي في الاقتصاد الرقمي اليوم هو جودة البيانات والقدرة على العمل معها بفعالية. تُعد البرمجيات مفتوحة المصدر جزءًا مهمًا من النموذج التكنولوجي الجديد، ولكن لا يمكن إطلاق إمكاناتها بشكل حقيقي إلا عندما تكون البيانات مفهومة ومنظمة وقابلة للقراءة الآلية. من بين جميع أنواع نماذج البيانات، أصبحت البيانات المفتوحة المنظمة حجر الزاوية في التحول الرقمي المستدام.

الميزة الرئيسية للبيانات المفتوحة المنظمة هي التفسير الواضح وإمكانية المعالجة الآلية. وهذا يتيح تحقيق مكاسب كبيرة في الكفاءة سواء على مستوى العمليات الفردية أو على مستوى المؤسسة بأكملها.

> وفقًا لتقرير ديلويت "عملية نقل البيانات في التحول المؤسسي" الصادر عن شركة ديلويت [82]، فإن العمل مع تكنولوجيا المعلومات لإدارة نقل البيانات المنظمة أمر بالغ الأهمية. ووفقًا لتقرير حكومة المملكة المتحدة "تحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي في تنفيذ المشاريع الحكومية" (2024) [83]، فإن إزالة الحواجز التي تحول دون مشاركة البيانات بين المشاريع والمنظمات المختلفة أمر أساسي لتحسين الكفاءة في إدارة المشاريع. وتؤكد الوثيقة على أن توحيد تنسيقات البيانات وإدخال مبادئ البيانات المفتوحة يمكن أن يؤدي إلى تجنب ازدواجية المعلومات وتقليل ضياع الوقت وتحسين دقة التوقعات.

وبالنسبة لصناعة البناء، حيث تسود تقليدياً درجة عالية من التجزئة وتنوع الأشكال والتنسيقات، تلعب عملية التوحيد

الهيكلي والبيانات المفتوحة المنظمة دوراً حاسماً في تشكيل عمليات متماسكة وقابلة للإدارة (الشكل14-4.1). فهي تسمح للمشاركين في المشروع بالتركيز على تحسين الإنتاجية بدلاً من التركيز على حل المشاكل التقنية المتعلقة بأوجه عدم التوافق بين المنصات المغلقة ونماذج البيانات وتنسيقاتها.



الشكل15-3.2.3 البيانات المنظمة المفتوحة تقلل من الاعتماد على الحلول والمنصات البرمجية وتسرع من الابتكار.

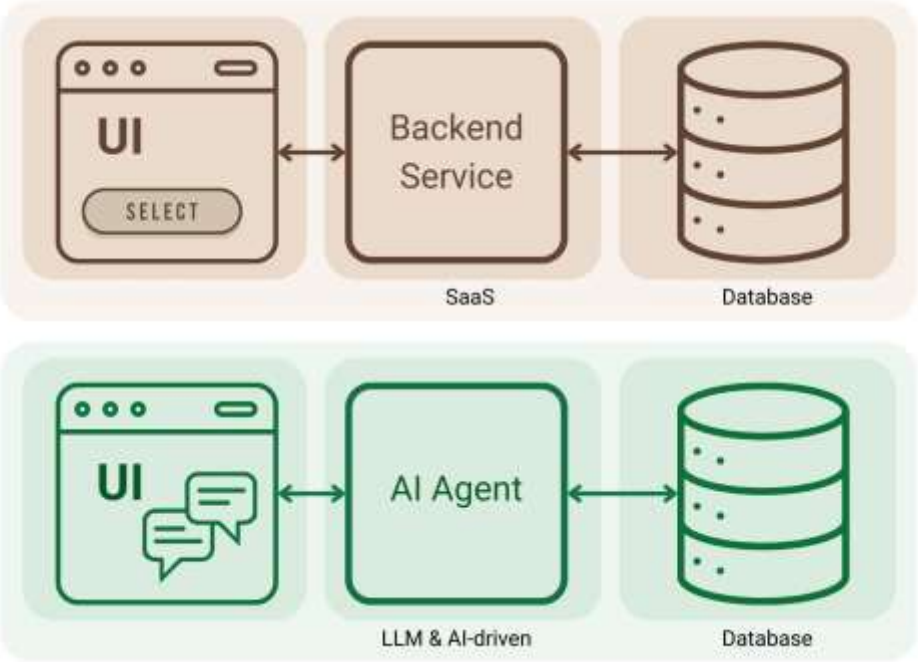
لا تسمح أدوات التكنولوجيا الحديثة، التي سنناقشها بالتفصيل لاحقًا في الكتاب، بجمع المعلومات فحسب، بل تسمح أيضًا بتنظيفها تلقائيًا: إزالة التكرارات وتصحيح الأخطاء وتطبيع القيم. وهذا يعني أن المحللين والمهندسين لا يعملون مع مستندات متباينة، بل مع قاعدة معرفية منظمة مناسبة للتحليل والأتمتة واتخاذ القرارات.

> **اجعل الأمر بسيطاً قدر الإمكان، ولكن ليس أبسط من ذلك.**
>
> **- ألبرت آينشتاين، عالم الفيزياء النظرية (الاقتباس متنازع عليه [84])**

واليوم، يمكن إنشاء معظم واجهات المستخدم للعمل مع البيانات تلقائيًا - دون الحاجة إلى كتابة التعليمات البرمجية يدويًا لكل حالة عمل. وهذا يتطلب طبقة بنية تحتية تفهم بنية البيانات ونموذجها ومنطقها دون الحاجة إلى تعليمات

إضافية (الشكل15-4.1). إن البيانات المهيكلة هي التي تجعل هذا النهج ممكنًا: يمكن إنشاء النماذج والجداول والمرشحات وطرق العرض تلقائيًا بأقل جهد برمجي ممكن.

قد تظل أهم الواجهات المهمة للمستخدم تتطلب تنقيحًا يدويًا. ولكن في معظم الحالات - وهذا ما يتراوح بين 50 و 90 في المائة من سيناريوهات العمل - يكفي التوليد التلقائي للتطبيقات والحسابات دون استخدام تطبيقات خاصة لهذا الغرض (الشكل16-2-3)، مما يقلل كثيرا من تكاليف التطوير والصيانة، ويقلل من الأخطاء ويسرع تنفيذ الحلول الرقمية.

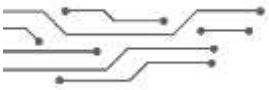


الشكل16-3.2 النماذج المعمارية للعمل مع البيانات: بنية التطبيق التقليدية ونموذج موجه للذكاء الاصطناعي مع LLM.

إن التحول من البنى المبنية على تطبيقات فردية إلى أنظمة مُدارة بذكاء تعتمد على النماذج اللغوية (LLMs) هو الخطوة التالية في التطور الرقمي. في مثل هذه البنى، لا تصبح البيانات المهيكلة في مثل هذه البنى مجرد موضوع للتخزين، بل تصبح أيضاً أساساً للتفاعل مع أدوات الذكاء الاصطناعي القادرة على تحليل وتفسير والتوصية بإجراءات بناءً على السياق.

في الفصول التالية، سنلقي نظرة على أمثلة واقعية لتطبيق بنية قائمة على البيانات المنظمة المفتوحة، وسنوضح كيف يتم تطبيق نماذج اللغة لتفسير البيانات والتحقق من صحتها ومعالجتها تلقائيًا. ستساعدك هذه الحالات

العملية على فهم أفضل لكيفية عمل المنطق الرقمي الجديد في العمل - وما هي الفوائد التي يجلبها للشركات الجاهزة للتحول.



الفصل 3.3.

علم ودورها في معالجة البيانات والعمليات التجارية

LLM غرف الدردشة: Mistral ، LlaMa ، ChatGPT ، Grok ، QWEN ، DeepSeek ، Claude لأتمتة عمليات البيانات

كان ظهور نماذج اللغات الكبيرة (LLMs) امتداداً طبيعياً للحركة نحو البيانات المفتوحة المنظمة وفلسفة المصدر المفتوح. عندما تصبح البيانات منظمة ويمكن الوصول إليها وقابلة للقراءة الآلية، فإن الخطوة التالية هي أداة يمكنها التفاعل مع هذه المعلومات دون الحاجة إلى كتابة كود معقد أو امتلاك معرفة تقنية متخصصة.

> تُعدّ رسائل الماجستير في القانون نتاجاً مباشراً للانفتاح: مجموعات البيانات والمنشورات الكبيرة المفتوحة وحركة المصادر المفتوحة. فلولا المقالات العلمية المفتوحة، والبيانات النصية المتاحة للجمهور، وثقافة التطوير التعاوني، لما كان هناك "تشات جي بي تي" أو غيرها من آلات LLMs. إن LLM، بمعنى من المعاني، هي "خلاصة" المعرفة الرقمية المتراكمة للبشرية، والتي تم جمعها وتعليمها من خلال مبادئ الانفتاح.

توفر نماذج اللغات الكبيرة الحديثة (LLM - نماذج اللغات الكبيرة) مثل ChatGPT ® (OpenAI)، و LlaMa ™ (Meta AI)، و DeepSeek Mistral™ ، و Grok ™ (xAI)، و Claude ™ (Anthropic)، و QWEN™ توفر للمستخدمين القدرة على صياغة الاستعلامات إلى البيانات بلغة طبيعية. وهذا يجعل العمل مع المعلومات متاحًا ليس فقط للمطورين، ولكن أيضًا للمحللين والمهندسين والمخططين والمديرين وغيرهم من المهنيين الذين كانوا بعيدين عن البرمجة في السابق

LLM (نموذج اللغة الكبيرة) هو نموذج ذكاء اصطناعي تم تدريبه على فهم وتوليد النصوص بناءً على كميات هائلة من البيانات التي تم جمعها من جميع أنحاء الإنترنت. وهو قادر على تحليل السياق، والإجابة عن الأسئلة، والدخول في حوار، وكتابة النصوص، وتوليد التعليمات البرمجية.

إذا كان تصور البيانات أو معالجتها أو تحليلها في وقت سابق يتطلب معرفة لغة برمجة خاصة: Python أو SQL أو R أو Scala، بالإضافة إلى القدرة على العمل مع مكتبات مثل Pandas أو Polars أو DuckDB وغيرها الكثير، فابتداءً من عام 2023 تغير الوضع جذرياً. الآن يمكن للمستخدم ببساطة وصف ما يريد الحصول عليه - وسيقوم النموذج نفسه بتوليد الكود وتنفيذه وعرض جدول أو رسم بياني وشرح النتيجة. لأول مرة منذ عقود، لم يتخذ التطور التكنولوجي مسار التعقيد بل مسار التبسيط الجذري وسهولة الوصول.

هذا المبدأ - "معالجة البيانات بالكلمات (المطالبات)". - كان بمثابة مرحلة جديدة في تطور العمل مع المعلومات، مما أدى فعليًا إلى الارتقاء بابتكار الحلول إلى مستوى أعلى من التجريد. تمامًا كما لم يعد من الضروري أن يفهم المستخدمون الأسس التقنية للإنترنت لتشغيل المتاجر الإلكترونية أو إنشاء مواقع إلكترونية باستخدام ووردبريس وجوملا وغيرها من الأنظمة المعيارية مفتوحة المصدر (أف تور الكتاب يعمل مع هذه الأنظمة منذ عام 2005، بما في ذلك المنصات التعليمية والهندسية على الإنترنت). - وقد أدى هذا بدوره إلى ازدهار المحتوى الرقمي والأعمال التجارية عبر الإنترنت - حيث يمكن اليوم للمهندسين والمحللين والمديرين أتمتة سير العمل دون معرفة لغات البرمجة. ومما يسهّل ذلك وجود برمجيات LLM القوية - المجانية والمفتوحة المصدر، مثل LLaMA وMistral وQwen وDebSeek وغيرها - التي تجعل التقنيات المتقدمة في متناول أوسع جمهور ممكن.

نماذج اللغة LLM الكبيرة: كيف تعمل: كيف تعمل

النماذج اللغوية الكبيرة (Grok ، QWEN ، DeepSeek ، Claude ، Mistral ، LlaMa ، ChatGPT) هي شبكات

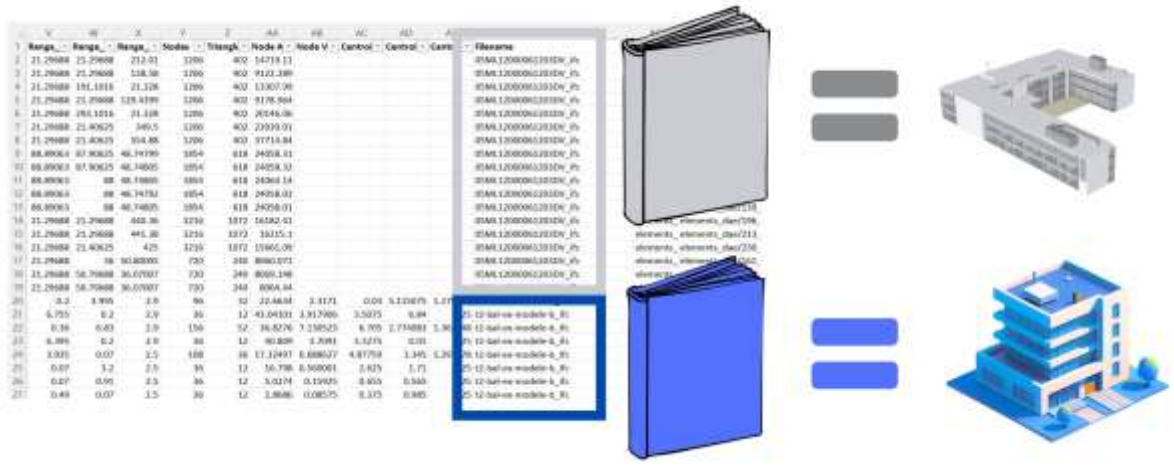
عصبية مدربة على كميات هائلة من البيانات النصية من الإنترنت والكتب والمقالات وغيرها من المصادر. وتتمثل مهمتها الرئيسية في فهم سياق الكلام البشري وتوليد استجابات ذات مغزى.

يعتمد نموذج LLM الحديث على بنية المحول التي اقترحها باحثو Google في عام 2017 [85]. المكون الرئيسي لهذه البنية هو آلية الانتباه التي تسمح للنموذج بالنظر في العلاقات بين الكلمات بغض النظر عن موضعها في النص.

> تشبه عملية التعلم في نموذج LLM عن بُعد الطريقة التي يتعلم بها البشر اللغة - ولكن بملايين المرات فقط. يحلل النموذج مليارات الأمثلة من الكلمات والتعبيرات، ويحدد الأنماط في بنية اللغة وفي منطق التحولات الدلالية. في الوقت نفسه، يتم تقسيم النص بأكمله إلى رموز - وحدات دلالية صغيرة (كلمات أو أجزائها)، والتي يتم تحويلها بعد ذلك إلى متجهات في فضاء متعدد الأبعاد (الشكل 8.2-2). تسمح هذه التمثيلات المتجهة للآلة "بفهم" العلاقات الخفية بين المفاهيم، بدلاً من مجرد تشغيل النص كسلسلة من الرموز.

نماذج اللغة الكبيرة ليست مجرد أدوات لتوليد النصوص. فهي قادرة على التعرف على المعنى، والعثور على الروابط بين المفاهيم والعمل مع البيانات، حتى لو تم تقديمها بتنسيقات مختلفة. الأمر الأساسي هو أن يتم تقسيم المعلومات إلى نماذج مفهومة وتمثيلها كرموز يمكن لنماذج اللغة الكبيرة العمل معها.

يمكن تطبيق نفس النهج على مشاريع البناء. إذا فكرنا في المشروع كنوع من النصوص، حيث يمثل كل مبنى أو عنصر أو بناء رمزًا، يمكننا البدء في معالجة هذه المعلومات بطريقة مماثلة. يمكن مقارنة مشاريع البناء بالكتب التي يتم تنظيمها في فئات وفصول ومجموعات من الفقرات التي تتكون من الحد الأدنى من الرموز - عناصر مشروع البناء (الشكل3.3-1). من خلال ترجمة نماذج البيانات إلى تنسيق منظم، يمكننا أيضًا ترجمة البيانات المنظمة إلى قواعد متجهة (الشكل2.2-2.8) ، والتي تعد مصدرًا مثاليًا للتعلم الآلي والتقنيات مثل LLM.



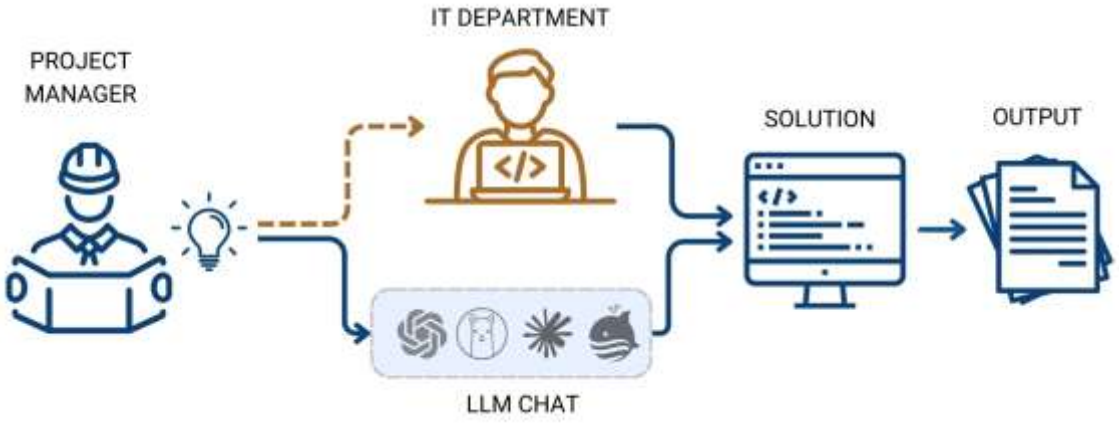
الشكل3-3-1 عنصر مشروع الإنشاءات هو بمثابة رمز في النص: وحدة دنيا تتشكل منها مجموعات (فقرات) من أقسام (فئات) المشروع بأكمله.

إذا تمت رقمنة مشروع البناء وتم تمثيل عناصره كرموز أو ناقلات، يصبح من الممكن الوصول إليها بلغة طبيعية بدلاً من الاستعلامات الشكلية الجامدة. هنا يأتي دور إحدى المزايا الرئيسية لـ LLM - القدرة على فهم معنى الاستعلام وربطه بالبيانات ذات الصلة.

لم يعد المهندس مضطرًا لكتابة SQL - استعلام أو كود Python للحصول على البيانات المطلوبة - يمكنه ببساطة، من خلال فهم نموذج LLM وهيكل البيانات، صياغة المهمة بالطريقة المعتادة: "ابحث عن جميع الهياكل الخرسانية المسلحة ذات الفئة الخرسانية الأعلى من B30 وحساب حجمها الإجمالي". سيتعرف النموذج على معنى الاستعلام، ويحوّله إلى صيغة يمكن قراءتها آليًا، ويجد البيانات (التجميع والتحويل) ويعيد النتيجة النهائية.

يتم تحويل المستندات والجداول ونماذج المشاريع إلى تمثيلات متجهة (تضمين) وتخزينها في قاعدة البيانات. عندما يطرح المستخدم سؤالاً، يتم تحويل الاستعلام أيضًا إلى متجه ويجد النظام البيانات الأكثر صلة. يسمح هذا للنظام بالاعتماد ليس فقط على معرفته المدربة الخاصة به، ولكن أيضًا على بيانات الشركة الفعلية، حتى لو كانت قد ظهرت بالفعل بعد انتهاء تدريب النموذج.

تتمثل إحدى أهم مزايا LLM في البناء في القدرة على توليد كود البرنامج. فبدلاً من تمرير المهمة التقنية إلى مبرمج، يمكن للمتخصصين وصف المهمة بلغة طبيعية، وسيقوم النموذج بإنشاء الكود اللازم، والذي يمكن استخدامه (عن طريق نسخه من الدردشة) في إنشاء كود أتمتة العمليات. LLM - تسمح النماذج للمتخصصين الذين ليس لديهم معرفة عميقة بالبرمجة بالمساهمة في أتمتة وتحسين العمليات التجارية للشركة.



الشكل2-3-3.3 توفر LLMs القدرة للمستخدمين على كتابة التعليمات البرمجية والحصول على النتائج دون الحاجة إلى مهارات البرمجة.

> وفقًا لدراسة أجرتها شركة ويكفيلد ريسيرش برعاية شركة SAP في عام 2024 [36]، والتي استطلعت آراء 300 من كبار المديرين التنفيذيين في الشركات التي لا تقل إيراداتها السنوية عن مليار دولار في الولايات المتحدة: 52% من كبار المديرين التنفيذيين يثقون في الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات وتقديم توصيات لاتخاذ القرارات. ويستخدم 48% آخرون الذكاء الاصطناعي لتحديد المخاطر التي لم تكن في الحسبان من قبل، ويستخدم 47% منهم الذكاء الاصطناعي لاقتراح خطط بديلة. بالإضافة إلى ذلك، يستخدم 40% منهم الذكاء الاصطناعي لتطوير المنتجات الجديدة وتخطيط الميزانية وأبحاث السوق. أظهرت الدراسة أيضًا التأثير الإيجابي للذكاء الاصطناعي على الحياة الشخصية، حيث أفاد 39% من المشاركين في الدراسة بتحسن التوازن بين العمل والحياة الشخصية، وأفاد 38% منهم بتحسن الصحة النفسية، و31% منهم بانخفاض مستويات التوتر.

ومع ذلك، وعلى الرغم من كل قوتها، تظل الآليات طويلة الأجل أداة من المهم استخدامها بوعي. فمثلها مثل أي تقنية، لها حدود. واحدة من أكثر المشاكل المعروفة هي ما يسمى "الهلوسة" - وهي الحالات التي ينتج فيها النموذج بثقة إجابة معقولة ولكنها غير صحيحة من الناحية الواقعية. لذلك من المهم فهم كيفية عمل النموذج: ما هي البيانات ونماذج البيانات التي يمكنه تفسيرها دون خطأ، وكيف يفسر الاستفسارات، ومن أين يحصل على معلوماته. ومن الجدير بالذكر أيضًا أن معرفة النموذج تقتصر على تاريخ تدريبه، وبدون اتصاله بالبيانات الخارجية، قد لا يأخذ النموذج في الاعتبار القواعد أو المعايير أو الأسعار أو التقنيات الحالية.

ويتمثل الحل لهذه المشاكل في تحديث قواعد البيانات المتجهة بانتظام، والاتصال بالمصادر ذات الصلة وتطوير الذكاء الاصطناعي المستقل - وكلاء لا يكتفون بالإجابة عن الأسئلة فحسب، بل يستخدمون البيانات بشكل استباقي للتدريب وإدارة المهام وتحديد المخاطر واقتراح خيارات التحسين ومراقبة أداء المشروع.

> إن الانتقال إلى واجهات LLM في البناء ليس مجرد حداثة تكنولوجية. إنها نقلة نوعية تزيل الحواجز بين الناس والبيانات. إنها القدرة على العمل مع المعلومات بنفس السهولة التي نتحدث بها مع بعضنا البعض - مع الحصول على نتائج دقيقة وموثوقة وقابلة للتنفيذ.

ستحصل الشركات التي تبدأ باستخدام هذه الأدوات قبل غيرها على ميزة تنافسية كبيرة. ويشمل ذلك تسريع العمل وتقليل التكاليف وتحسين جودة حلول التصميم من خلال الوصول السريع إلى تحليل البيانات والقدرة على إيجاد إجابات سريعة للأسئلة المعقدة. ولكن هناك أيضاً قضايا أمنية يجب أخذها في الاعتبار. يمكن أن يرتبط استخدام خدمات LLM المستندة إلى السحابة بمخاطر تسرب البيانات. ولذلك، تبحث المؤسسات بشكل متزايد عن حلول بديلة تسمح لها بنشر أدوات إدارة التعلم الآلي في بنيتها التحتية الخاصة بها - محلياً، مع الحماية الكاملة والتحكم في المعلومات.

استخدام الآليات المحلية لبيانات الشركة الحساسة

شكّل ظهور أول نماذج الدردشة السحابية الخادمة في عام 2022 مرحلة جديدة في تطوير الذكاء الاصطناعي. ومع ذلك، وفور انتشار اعتماد هذه النماذج على نطاق واسع، ظهر سؤال مشروع: ما مدى أمان نقل البيانات والاستفسارات المتعلقة بالشركة إلى السحابة؟ كانت معظم النماذج اللغوية المستندة إلى السحابة تخزن سجل الاتصالات والمستندات المحملة على خوادمها، وبالنسبة للشركات التي تتعامل مع معلومات حساسة، كان هذا عائقًا خطيرًا أمام تبني الذكاء الاصطناعي.

وكان أحد الحلول الأكثر استدامة ومنطقية لهذه المشكلة هو نشر النماذج المفتوحة المصدر LLM محلياً، ضمن البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات في الشركات. على عكس الخدمات السحابية، تعمل النماذج المحلية دون اتصال بالإنترنت، ولا تنقل البيانات إلى خوادم خارجية وتمنح الشركات تحكمًا كاملاً في المعلومات

> **إن أفضل نموذج مفتوح [Open Source LLM] يمكن مقارنته حاليًا من حيث الأداء بالنماذج المغلقة [مثل ChatGPT، كلود]، ولكن بتأخر حوالي عام واحد [77].**
>
> **- بن كوتييه، باحث رئيسي في منظمة Epoch AI، وهي منظمة بحثية غير ربحية، 2024**

وقد بدأت شركات التكنولوجيا الكبرى في إتاحة برمجيات LLM الخاصة بها للاستخدام المحلي. وكانت سلسلة LLaMA مفتوحة المصدر من Meta ومشروع DeepSeek سريع النمو من الصين مثالين على الانتقال إلى البنية المفتوحة. وإلى جانبهما، أصدر كل من Mistral و Falcon أيضًا نماذج قوية متحررة من قيود المنصات المسجلة الملكية. لم تسرّع هذه المبادرات من تطوير الذكاء الاصطناعي العالمي فحسب، بل أعطت الشركات المهتمة بالخصوصية بدائل حقيقية للاستقلالية والمرونة والامتثال الأمني.

في بيئة الشركات، وخاصةً في قطاع البناء والتشييد، لا تُعد حماية البيانات مجرد مسألة ملاءمة فحسب، بل هي مسألة امتثال تنظيمي. يتطلب العمل مع وثائق المناقصات والتقديرات والرسومات والمراسلات السرية ضوابط صارمة. وهذا هو المكان الذي توفر فيه شركة LLM المحلية الضمانة اللازمة لبقاء البيانات داخل محيط الشركة.

	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

الشكل3-3-3.3 توفر النماذج المحلية تحكمًا وأمانًا كاملين، بينما توفر الحلول القائمة على السحابة سهولة التكامل والتحديثات التلقائية.

المزايا الرئيسية للمصدر المفتوح المحلي LLM:

- تحكم كامل في البيانات. تبقى جميع المعلومات داخل الشركة، مما يقضي على الوصول غير المصرح به وتسريب البيانات.
- التشغيل دون اتصال بالإنترنت. عدم الاعتماد على الاتصال بالإنترنت، وهو أمر مهم بشكل خاص للبنى

التحتية المعزولة لتكنولوجيا المعلومات. يضمن ذلك أيضاً التشغيل دون انقطاع في مواجهة العقوبات أو الخدمات السحابية المحجوبة.

- مرونة التطبيق. يمكن استخدام النموذج لتوليد النصوص، وتحليل البيانات، وكتابة التعليمات البرمجية، ودعم التصميم وإدارة العمليات التجارية.
- التكيف مع أهداف الشركة. يمكن تدريب LLM على المستندات الداخلية، مما يسمح لك بمراعاة خصوصيات عمل الشركة وخصائصها الصناعية. يمكن ربط LLM المحلي بإدارة علاقات العملاء ، أو تخطيط موارد المؤسسات أو منصات ذكاء الأعمال ، مما يسمح لك بأتمتة تحليل استفسارات العملاء، أو إنشاء التقارير أو حتى التنبؤ بالاتجاهات.

إن نشر نموذج DeepSeek المجاني والمفتوح المصدر -R1-7B المجاني والمفتوح المصدر على خادم، للوصول إليه من قبل فريق كامل من المستخدمين، بتكلفة 1000 دولار شهريًا يمكن أن يكلف أقل من الرسوم السنوية لواجهات برمجة التطبيقات السحابية ، مثل ChatGPT أو كلود ويسمح للشركات بالتحكم الكامل في بياناتها، ويزيل نقلها إلى الإنترنت ويساعد على الامتثال للمتطلبات التنظيمية مثل اللائحة العامة لحماية البيانات

وفي صناعات أخرى، تقوم الشركات المحلية بالفعل بتغيير نهجها في مجال الأتمتة. ففي خدمات الدعم، يستجيبون لاستفسارات العملاء المتكررة، مما يقلل من عبء العمل على المشغلين. وفي أقسام الموارد البشرية، تقوم بتحليل السير الذاتية واختيار المرشحين المناسبين. وفي التجارة الإلكترونية، تقوم بإنشاء عروض مخصصة دون الكشف عن بيانات المستخدم.

ومن المتوقع حدوث تأثير مماثل في قطاع الإنشاءات. وبفضل تكامل نظام LLM مع بيانات المشروع ومعاييره، أصبح من الممكن تسريع إعداد الوثائق وأتمتة إعداد التقديرات والتحليلات التنبؤية للتكاليف.

أصبح استخدام LLM بالاقتران مع الجداول المنظمة وأطر البيانات مجالًا واعدًا بشكل خاص.

التحكم الكامل بالذكاء الاصطناعي في الشركة وكيفية نشر LLM الخاص بك

تتيح الأدوات الحديثة للشركات نشر نموذج لغوي كبير (LLM) محلياً في غضون ساعات قليلة. يمنح ذلك تحكماً كاملاً في البيانات والبنية التحتية، مما يُغني عن الاعتماد على الخدمات السحابية الخارجية ويقلل من مخاطر تسرب المعلومات. هذا الحل مناسب بشكل خاص للمؤسسات التي تعمل مع وثائق المشاريع الحساسة أو البيانات الحساسة تجارياً.

واعتماداً على المهام والموارد، تتوفر سيناريوهات نشر مختلفة، بدءاً من الحلول الجاهزة إلى البنى الأكثر مرونة وقابلية للتطوير. واحدة من أسهل الأدوات هي Ollama، والتي تسمح لك بتشغيل النماذج اللغوية بنقرة واحدة حرفيًا، دون الحاجة إلى معرفة تقنية عميقة. بداية سريعة مع أولاما:

1. قم بتنزيل التوزيع لنظام التشغيل الخاص بك (Windows / Linux / macOS) من الموقع الرسمي: ollama.com
2. قم بتثبيت النموذج عبر سطر الأوامر. على سبيل المثال، بالنسبة لطراز Mistral:

```
أولاما رن ميسترال
```

3. بعد تشغيل النموذج، يصبح النموذج جاهزًا للعمل - يمكنك إرسال استعلامات نصية عبر المنصة أو دمجه في أدوات أخرى. قم بتشغيل النموذج وتنفيذ استعلام:

ollama تشغيل ميسترال "كيف يمكن إنشاء عملية حسابية مع جميع الموارد اللازمة لأعمال تركيب جدار فاصل من اللوح الجصي بعرض 100 مم؟

بالنسبة لأولئك الذين يفضلون العمل في بيئة مرئية مألوفة، هناك تطبيق LM Studio، وهو تطبيق مجاني بواجهة تذكرنا بتطبيق ChatGPT

- قم بتثبيت LM Studio عن طريق تنزيل مجموعة أدوات التوزيع من الموقع الرسمي - lmstudio.ai
- من خلال الكتالوج المدمج، اختر طرازًا (مثل Falcon أو GPT-Neo-X) وقم بتنزيله
- العمل مع النموذج من خلال واجهة بديهية تذكرنا بـ ChatGPT ، ولكن مترجمة بالكامل

	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

الشكل3.3-3-4 مقارنة بين النماذج المحلية مفتوحة المصدر مفتوحة المصدر الشهيرة LLM - النماذج.

يعتمد اختيار النموذج على متطلبات السرعة والدقة وقدرات الأجهزة المتاحة (الشكل3.3-4). فالنماذج الصغيرة مثل Mistral 7B و Baichuan 7B مناسبة للمهام خفيفة الوزن والأجهزة المحمولة، في حين أن النماذج القوية مثل DeepSeek -V3 تتطلب موارد حاسوبية كبيرة ولكنها تقدم أداءً عاليًا ودعمًا للغات متعددة. في السنوات القادمة، سوف ينمو سوق النماذج الخفيفة الوزن والمتخصصة بسرعة - سنرى المزيد والمزيد من النماذج الخفيفة الوزن والمتخصصة. فبدلاً من النماذج ذات الأغراض العامة التي تغطي جميع المحتويات البشرية ، ستظهر نماذج مدربة على خبرات محدودة في مجال معين. على سبيل المثال، يمكننا أن نتوقع ظهور نماذج مصممة فقط للتعامل مع الحسابات الهندسية أو تقديرات البناء أو البيانات في تنسيقات التصميم بمساعدة الحاسوب. ستكون مثل هذه النماذج المتخصصة أسرع وأكثر دقة وأمانًا في الاستخدام - خاصة في البيئات المهنية حيث تكون الموثوقية العالية والعمق في الموضوع مهمين.

بمجرد إطلاق نموذج LLM المحلي ، يمكن تكييفه مع المهام المحددة للشركة. ولهذا الغرض، يتم استخدام تقنية الضبط الدقيق، حيث يتم تدريب النموذج على الوثائق الداخلية أو التعليمات الفنية أو نماذج العقود أو وثائق المشروع.

RAG: مساعدون ذكيون في إدارة التعلم الآلي - مساعدون ذكيون لديهم إمكانية الوصول إلى بيانات الشركة

تتمثل المرحلة التالية في تطور تطبيق LLM في الأعمال التجارية في دمج النماذج مع بيانات الشركة الفعلية في الوقت الفعلي. يُطلق على هذا النهج اسم RAG (الاسترجاع-التوليد المعزز) - الاسترجاع-التوليد المعزز. في هذه البنية، لا يصبح النموذج اللغوي في هذه البنية مجرد واجهة حوار، بل يصبح مساعدًا ذكيًا متكاملًا قادرًا على التنقل

بين المستندات والرسومات وقواعد البيانات وتقديم إجابات دقيقة وملائمة للسياق.

> وتتمثل الميزة الرئيسية لـ RAG في القدرة على استخدام بيانات الشركة الداخلية دون الحاجة إلى تدريب النموذج مسبقًا، مع الحفاظ على دقة ومرونة عالية في التعامل مع المعلومات.

تجمع تقنية RAG بين عنصرين رئيسيين:

- الاسترجاع: يتصل النموذج بمخازن البيانات - المستندات والجداول وملفات PDF - الملفات والرسومات - ويسترجع المعلومات ذات الصلة حسب طلب المستخدم.
- التوليد المعزز: بناءً على البيانات المستخرجة يقوم النموذج بإنشاء استجابة دقيقة ومستنيرة مع مراعاة سياق وخصوصية الاستعلام.

من أجل تشغيل LLM مع دعم RAG ، هناك بعض الخطوات التي يجب اتباعها:

- **إعداد البيانات**: جمع الوثائق والرسومات والمواصفات والجداول اللازمة. ويمكن أن تكون بصيغ وهياكل مختلفة، من PDF إلى Excel.
- **الفهرسة والتحويل إلى متجهات**: باستخدام أدوات مثل LlamaIndex أو LangChain، يتم تحويل البيانات إلى تمثيلات متجهة تسمح لك بالعثور على روابط دلالية بين أجزاء النص (المزيد عن قواعد البيانات المتجهة وترجمة المصفوفات الكبيرة إلى تمثيل متجه، بما في ذلك مشاريع CAD ، في الجزء 8).
- **الاستعلام من المساعد**: بمجرد تحميل البيانات، يمكنك طرح الأسئلة على النموذج وسيقوم بالبحث عن الإجابات في إطار الشركة بدلاً من المعرفة العامة التي تم جمعها من الإنترنت.

لنفترض أن شركة ما لديها مجلد constructionsite_docs، حيث يتم تخزين العقود والتعليمات والتقديرات والجداول. باستخدام برنامج Python النصي (الشكل3.3-5)، يمكننا مسح هذا المجلد وإنشاء فهرسة متجهات:

سيتم تحويل كل مستند إلى مجموعة من المتجهات التي تعكس المحتوى الدلالي للنص. وهذا يحول المستندات إلى نوع من "خريطة المعاني" التي يمكن للنموذج التنقل فيها بكفاءة وإيجاد الروابط بين المصطلحات والعبارات.

على سبيل المثال، "يتذكر" النموذج أن كلمتي "الإرجاع" و"الشكوى" غالبًا ما توجدان في قسم العقد المتعلق بشحن المواد إلى موقع البناء. ثم، إذا طُرح سؤال - على سبيل المثال: "ما هي فترة الإرجاع لدينا؟ (الشكل3.3-5 - السطر 11 من الكود) - سيقوم برنامج LLM بتحليل المستندات الداخلية والعثور على المعلومات الدقيقة، حيث يعمل كمساعد ذكي قادر على قراءة وفهم محتويات جميع ملفات الشركة.

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)
```

الشكلLM 3.3.3-5 يقرأ مجلدًا يحتوي على ملفات - على غرار الطريقة التي يفتح بها الشخص ويبحث عن المستند المطلوب

يمكن تشغيل الكود على أي جهاز كمبيوتر مثبت عليه Python. سنتحدث أكثر عن استخدام Python و IDEs لتشغيل الكود في الفصل التالي.

لا يعد النشر المحلي لبرنامج LLM مجرد اتجاه، بل هو حل استراتيجي للشركات التي تقدر الأمن والمرونة. ومع ذلك، فإن نشر LLM، سواء على أجهزة الكمبيوتر المحلية للشركة أو باستخدام حلول عبر الإنترنت، ليس سوى الخطوة

الأولى. من أجل تطبيق قدرات LLM على المهام في العالم الحقيقي، يجب على الشركات استخدام الأدوات التي تسمح لها ليس فقط بتلقي ردود الدردشة، ولكن أيضًا تخزين المنطق الذي تم إنشاؤه في شكل رمز يمكن تشغيله خارج سياق استخدام LLM. وهذا أمر مهم لتوسيع نطاق الحلول - حيث تسمح العمليات المنظمة بشكل صحيح بتطوير الذكاء الاصطناعي لتطبيقها على عدة مشاريع في وقت واحد أو حتى عبر الشركة بأكملها.

وفي هذا السياق، يلعب اختيار بيئة تطوير مناسبة (IDE) دورًا مهمًا. ولا تسمح أدوات البرمجة الحديثة بتطوير الحلول القائمة على LLM فحسب، بل تسمح أيضاً بدمجها في العمليات التجارية القائمة، وتحويلها إلى عمليات برمجة مؤتمتة -Pipeline

الفصل 3.4.

برنامج تطوير متكاملة مع دعم إدارة تقنية المعلومات وتغييرات البرمجة المستقبلية

اختيار IDE: من تجارب LLM إلى حلول الأعمال التجارية

عند الغوص في عالم الأتمتة وتحليل البيانات والذكاء الاصطناعي - خاصةً عند العمل مع نماذج اللغات الكبيرة (LLMs) - من المهم اختيار بيئة التطوير المتكاملة (IDE) المناسبة. سيكون IDE هذا IDE أداة العمل الرئيسية: المكان الذي سيتم فيه تشغيل الكود الذي تم إنشاؤه بواسطة LLM، سواء على جهاز كمبيوتر محلي أو داخل شبكة الشركة. إن اختيار IDE لا يحدد فقط مدى ملاءمة عملك، ولكن أيضًا مدى السرعة التي ستتمكن من الانتقال من استعلامات LLM التجريبية إلى حلول كاملة مدمجة في عمليات الأعمال الحقيقية.

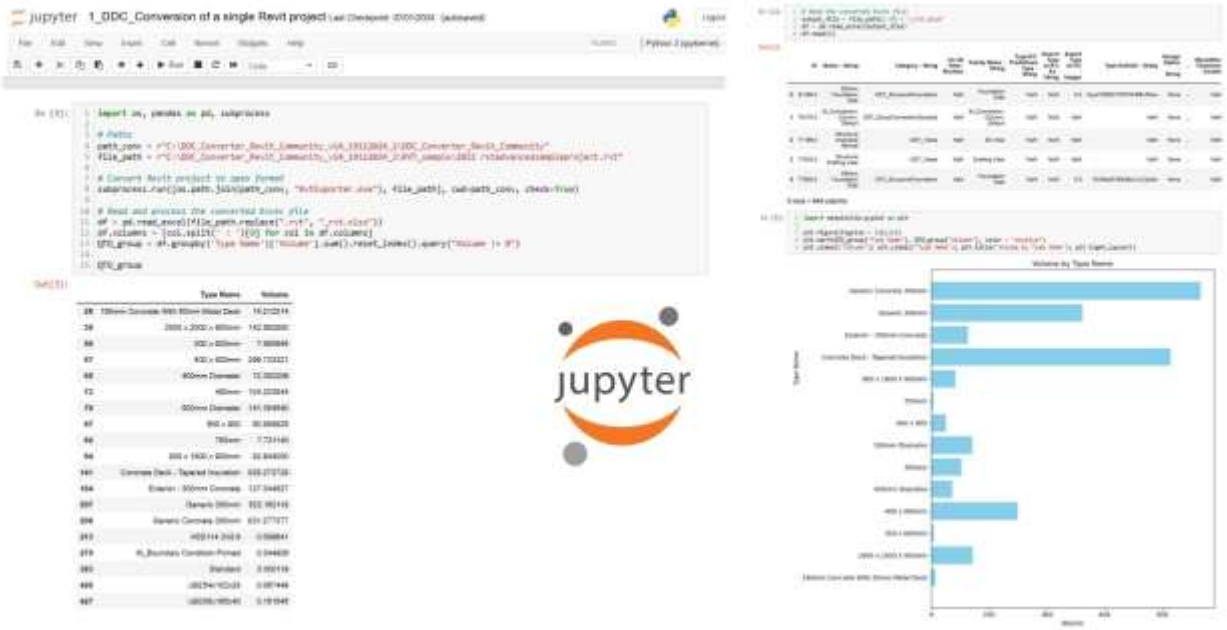
> إن IDE (بيئة التطوير المتكاملة) عبارة عن وحدة بناء متعددة الاستخدامات على جهاز الكمبيوتر الخاص بك لأتمتة العمليات ومعالجة البيانات. فبدلاً من الاحتفاظ بمنشار ومطرقة ومثقاب وأدوات أخرى بشكل منفصل، لديك جهاز واحد يمكنه القيام بكل شيء - القطع والربط والحفر وحتى التحقق من جودة المواد. IDE للمبرمجين عبارة عن مساحة واحدة حيث يمكنك كتابة التعليمات البرمجية (بالتشابه مع البناء - إنشاء الرسومات)، واختبار عملها (تجميع نموذج البناء)، والعثور على الأخطاء (مثل التحقق من قوة الهياكل في البناء) وتشغيل المشروع النهائي (تشغيل المنزل).

نظرة عامة على IDEs الشائعة:

- (JetBrains) **PyCharm®** هو IDE احترافي قوي لـ Python. وهو مناسب تمامًا للمشاريع الجادة نظرًا للعدد الكبير من الميزات المدمجة. ومع ذلك، لا يتوفر الدعم الأساسي لملفات Jupyter التفاعلية (IPYNB) إلا في الإصدار المدفوع فقط، وقد يجد المبتدئون أن الواجهة مربكة.

> الملف الذي يحمل امتداد IPYNB (دفتر ملاحظات بايثون التفاعلي) هو تنسيق لدفاتر Jupyter® Notebooks التفاعلية (الشكل1-3.4) حيث يتم دمج التعليمات البرمجية والتصورات والتفسيرات في مستند واحد. هذا التنسيق مثالي لبناء التقارير والتحليلات وسيناريوهات التدريب.

- **VS Code®** (مايكروسوفت) هي أداة سريعة ومرنة وقابلة للتخصيص مع دعم مجاني لـ IPYNB والعديد من المكونات الإضافية. مناسبة لكل من المبتدئين والمحترفين. تتيح تكامل GitHub Copilot والمكونات الإضافية لنموذج اللغة مما يجعلها خيارًا رائعًا لمشاريع الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات.
- **Jupyter Notebook** - خيار كلاسيكي وشائع للتجريب والتعلم. يتيح لك كتابة التعليمات البرمجية وإضافة التفسيرات وتصور النتائج في واجهة واحدة (الشكل1-3.4). وهو مثالي لاختبار الفرضيات بسرعة، والعمل مع LLM وإنشاء خطوات تحليل البيانات البرية القابلة للتكرار. لإدارة التبعيات والمكتبات، نوصي باستخدام Anaconda Navigator، وهي واجهة مرئية لإدارة بيئة Python.



الشكل3.4-4-1 Jupyter Notebook واحدة من أكثر الأدوات ملاءمة وشعبية لإنشاء عمليات Pipeline.

- يعد **Google Collab**™ (ومنصة Kaggle (الشكل9.2-5)) بديلاً سحابيًا لـ Jupyter يوفر وصولًا مجانيًا إلى وحدة معالجة الرسومات/وحدة معالجة الرسوميات. إنه حل رائع للبدء - لا يوجد تثبيت برامج محلية والقدرة على العمل مباشرةً من المتصفح. وهو يدعم التكامل مع Google Drive ومؤخرًا مع Gemini (Google LLM).

	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

الشكل2-3.4 مقارنة بين معرف IDE: دفتر جوبيتر واحدة من أكثر الأدوات ملاءمة وسهولة لإنشاء عمليات Pipeline.

يعتمد اختيار IDE على مهامك. إذا كنت ترغب في بدء العمل بسرعة مع الذكاء الاصطناعي ، جرّب Jupyter Notebook أو Google Collab. بالنسبة للمشاريع الجادة، من الأفضل استخدام PyCharm أو VS Code. الشيء الرئيسي هو البدء. تتيح لك الأدوات الحديثة تحويل تجاربك بسرعة إلى حلول عملية.

تسمح لك جميع IDEs الموضحة أعلاه بإنشاء خطوط أنابيب معالجة البيانات - أي سلاسل من وحدات الكتل البرمجية (التي يمكن إنشاؤها بواسطة LLM)، كل منها مسؤول عن مرحلة مختلفة، على سبيل المثال:

- سيناريوهات تحليلية,
- سلاسل استخراج المعلومات من المستندات,
- استجابات تلقائية بناءً على RAG,
- إنشاء التقارير والتصورات المرئية.

وبفضل الهيكل المعياري، يمكن تمثيل كل خطوة ككتلة منفصلة: تحميل البيانات→ التصفية→التحليل→ التصور→ تصدير النتائج. يمكن إعادة استخدام هذه الكتل - تكييفها وتجميعها في سلاسل جديدة مثل المُنشئ، للبيانات فقط.

بالنسبة للمهندسين والمديرين والمحللين، يفتح هذا الأمر إمكانية توثيق منطق اتخاذ القرار في شكل تعليمات برمجية يمكن إنشاؤها باستخدام LLM. يساعد هذا النهج في تسريع المهام الروتينية وأتمتة العمليات النموذجية وإنشاء عمليات قابلة للتكرار حيث تكون كل خطوة موثقة بوضوح وشفافة لجميع أعضاء الفريق.

ستتم مناقشة أدوات ETL المؤتمتة Pipelines (الشكل3-7.2)، و Apache Airflow (الشكل4-7.4)، و Apache NiFi (الشكل5-7.4) و n8n (الشكل6-7.4) لبناء وحدات المنطق لأتمتة العمليات بمزيد من التفصيل في الجزء السابع والجزء الثامن من الكتاب.

IDE مع دعم LLM وتغييرات البرمجة المستقبلية

يؤدي دمج الذكاء الاصطناعي في عمليات التطوير إلى تغيير مشهد البرمجة. فالبيئات الحديثة لم تعد مجرد برامج تحرير النصوص مع تسليط الضوء على بناء الجملة، بل أصبحت تتحول إلى مساعدين أذكياء قادرين على فهم منطق المشروع وإكمال التعليمات البرمجية، بل وحتى شرح كيفية عمل جزء معين من التعليمات البرمجية. تظهر منتجات في السوق تستخدم الذكاء الاصطناعي لتجاوز حدود التطوير التقليدي:

- **GitHub Copilot** (يتكامل مع VS Code، PyCharm): مساعد الذكاء الاصطناعي الذي ينشئ التعليمات البرمجية بناءً على التعليقات أو الأوصاف الجزئية، ويحول التلميحات النصية إلى حلول نهائية.
- **Cursor** (شوكة من VS Code مع AI -kernel): لا يسمح فقط بإنهاء كتابة التعليمات البرمجية، بل يسمح أيضًا بطرح الأسئلة على المشروع والبحث عن التبعيات والتعلم من قاعدة التعليمات البرمجية.
- **مساعد JetBrains AI**: مكون إضافي لـ JetBrains IDE (بما في ذلك PyCharm) مع وظيفة شرح التعليمات البرمجية المعقدة والتحسين وإنشاء الاختبارات.
- **Amazon CodeWhisperer**: نظير لـ Copilot مع التركيز على الأمان ودعم خدمات AWS من أمازون.

ستخضع البرمجة لتغيير جذري في السنوات القادمة. سيتحول التركيز الرئيسي من كتابة التعليمات البرمجية الروتينية إلى تصميم النماذج وبنية البيانات - سيشارك المطورون بشكل أكبر في تصميم النظام، بينما سيتولى الذكاء الاصطناعي مهام القوالب: توليد التعليمات البرمجية والاختبارات والتوثيق والوظائف الأساسية. إن مستقبل البرمجة هو تعاون بين البشر والذكاء الاصطناعي، حيث تتولى الآلات المهام الروتينية التقنية ويركز البشر على الإبداع.

ستصبح برمجة اللغة الطبيعية حدثاً يومياً. سيصل تخصيص IDE إلى مستوى جديد - ستتعلم بيئات التطوير التكيف مع أسلوب عمل المستخدم وشركاته من خلال توقع الأنماط وتقديم حلول سياقية والتعلم من المشاريع السابقة

> هذا لا يلغي دور المطور، ولكنه سيؤدي إلى تحويله بشكل جذري: من كتابة التعليمات البرمجية إلى إدارة المعرفة والجودة والعمليات. سيؤثر هذا التطور أيضًا على ذكاء الأعمال، حيث سيتم إنشاء التقارير والتصورات وتطبيقات دعم القرار بشكل متزايد من خلال توليد التعليمات البرمجية والمنطق بمساعدة الذكاء الاصطناعي و LLM، وواجهات الدردشة والوكلاء.

بمجرد قيام الشركة بإعداد دردشات LLM واختيار بيئة تطوير مناسبة، فإن الخطوة المهمة التالية هي تنظيم البيانات. تتضمن هذه العملية استخراج المعلومات من مصادر متباينة وتنظيفها وتحويلها إلى شكل منظم ودمجها في أنظمة الشركة.

في النهج الحديث المرتكز على البيانات في إدارة البيانات، يتمثل الهدف الرئيسي في جمع البيانات في شكل عالمي واحد متوافق مع عدد كبير من الأدوات والتطبيقات. هناك حاجة إلى مكتبات متخصصة للتعامل مع عمليات الهيكلة والبيانات المنظمة. واحدة من أقوى المكتبات وأكثرها مرونة وشعبية هي مكتبة بانداس لبايثون. فهي تسمح لك بمعالجة البيانات المجدولة بسهولة: التصفية، والتجميع، والتنظيف، والإلحاق، والتجميع، والإبلاغ.

Python Pandas: أداة لا غنى عنها للعمل مع البيانات

تحتل Pandas مكانة خاصة في عالم تحليل البيانات والأتمتة. وهي واحدة من أشهر مكتبات لغة البرمجة بايثون [86]، وهي مصممة للعمل مع البيانات المنظمة.

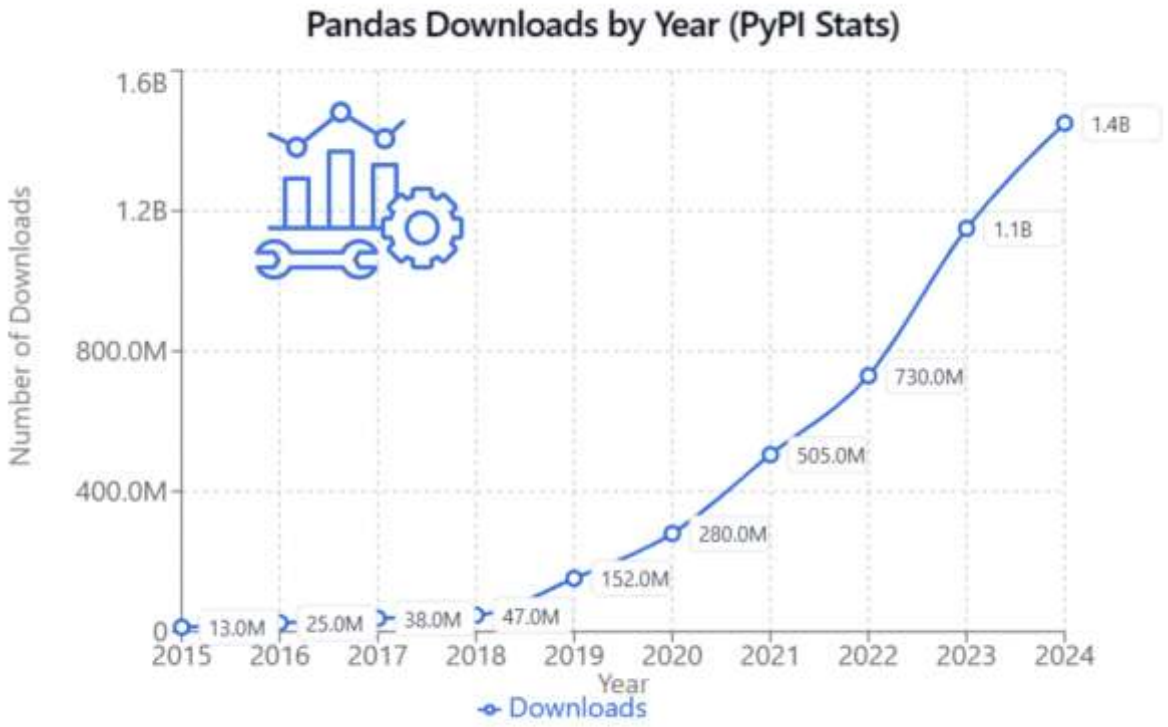
المكتبة تشبه مجموعة من الأدوات الجاهزة: الدوال والوحدات والفئات. تمامًا كما في موقع البناء لا تحتاج إلى اختراع مطرقة أو مستوى في كل مرة، كذلك في البرمجة تتيح لك المكتبات حل المشاكل بسرعة دون إعادة اختراع الدوال والحلول الأساسية.

> Pandas هي مكتبة Python مفتوحة المصدر ، توفر هياكل بيانات عالية الأداء وبديهية، ولا سيما DataFrame ، وهو تنسيق عالمي للعمل مع الجداول. Pandas هي سكين سويسري للمحللين والمهندسين والمطورين الذين يعملون مع البيانات.

Python هي لغة برمجة عالية المستوى ذات بناء جملة بسيط تُستخدم بنشاط في التحليلات والأتمتة والتعلم الآلي وتطوير الويب. وترجع شعبيتها إلى سهولة قراءة رموزها البرمجية وطبيعتها العابرة للمنصات ونظامها البيئي الغني بالمكتبات. حتى الآن، تم إنشاء أكثر من 137,000 حزمة مفتوحة المصدر لبايثون [87]، ويستمر هذا العدد في النمو بشكل شبه يومي. كل مكتبة من هذه المكتبات هي نوع من مستودع للوظائف الجاهزة: من العمليات الرياضية البسيطة إلى الأدوات المعقدة لمعالجة الصور وتحليل البيانات الضخمة والشبكات العصبية والتكامل مع الخدمات الخارجية.

بعبارة أخرى، تخيل أن لديك وصولاً مجانيًا ومفتوحًا إلى مئات الآلاف من الحلول البرمجية الجاهزة - مكتبات وأدوات يمكنك تضمينها مباشرةً في عملياتك التجارية. إنه أشبه بكتالوج ضخم من التطبيقات للتشغيل الآلي والتحليل والتصور والتكامل وغير ذلك - وكلها متاحة مباشرةً بعد تثبيت Python.

تعد Pandas واحدة من أكثر الحزم شعبية في نظام Python البيئي. في عام 2022، بلغ متوسط عدد التنزيلات لمكتبة بانداس 4 ملايين عملية تنزيل في اليوم (الشكل3-3.4)، بينما ارتفع هذا الرقم بحلول أوائل عام 2025 إلى 12 مليون عملية تنزيل في اليوم، مما يعكس تزايد شعبيتها وانتشار استخدامها في تحليلات البيانات والدردشة [86] LLM

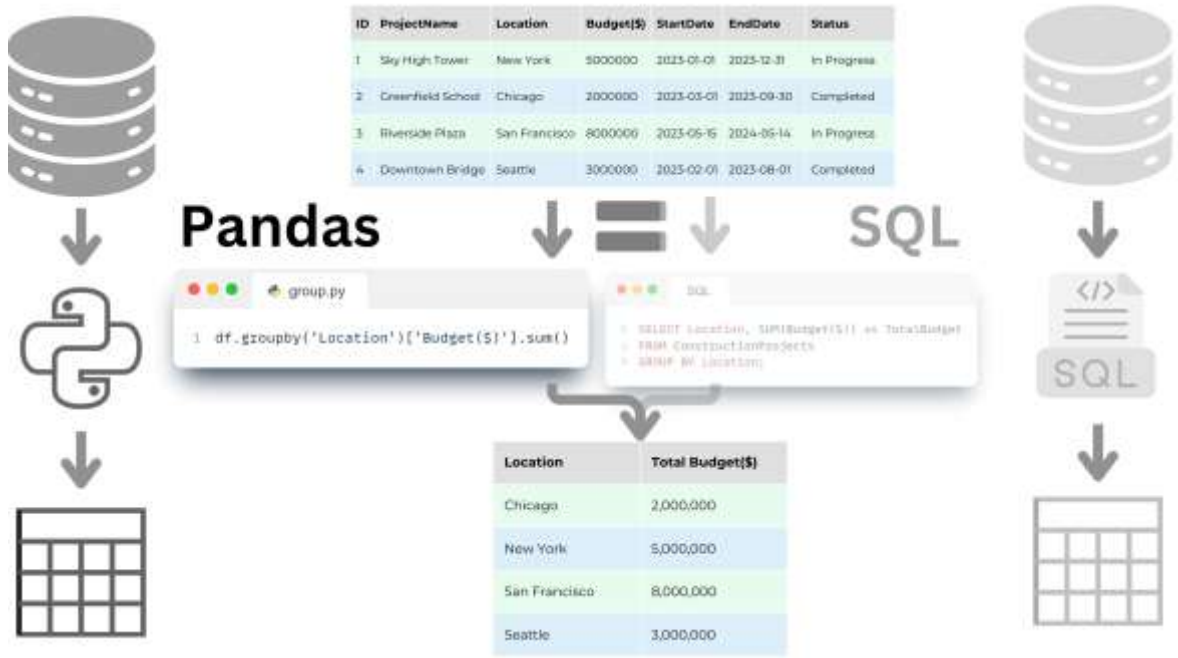


الشكلPandas 3-3.4 هي واحدة من أكثر المكتبات التي يتم تنزيلها. في عام 2024، تجاوز عدد تنزيلاتها السنوية 1.4 مليار تنزيل.

تتشابه لغة الاستعلام في مكتبة بانداس في وظائفها مع لغة استعلام SQL ، والتي ناقشناها في فصل "قواعد البيانات العلائقية ولغة استعلام SQL".

> في عالم التحليلات وإدارة البيانات المهيكلة، يتميز برنامج Pandas ببساطته وسرعته وقوته، حيث يوفر للمستخدمين مجموعة واسعة من الأدوات لتحليل المعلومات ومعالجتها بفعالية.

وتوفر كلتا الأداتين - SQL و Pandas - قدرات قوية لمعالجة البيانات، خاصة عند مقارنتها ببرنامج Excel التقليدي. وهما تدعمان عمليات مثل التحديد والتصفية (الشكل3-4-4-3)، والفرق الوحيد هو أن SQL مُحسَّن للعمل مع قواعد البيانات العلائقية، بينما تعالج Pandas البيانات في ذاكرة الوصول العشوائي، مما يسمح بتشغيلها على أي جهاز كمبيوتر، دون الحاجة إلى إنشاء قواعد بيانات ونشر بنية تحتية منفصلة.



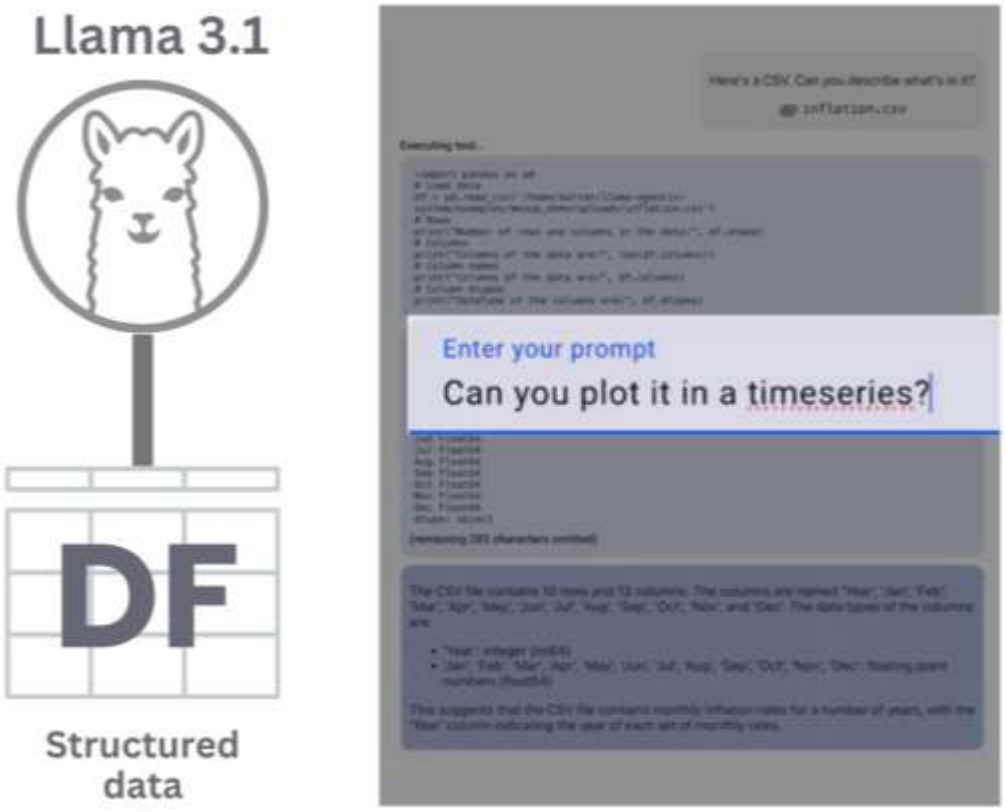
الشكل3-4-4-3 بانداس ، على عكس SQL ، يتمتع بمرونة للعمل مع مجموعة متنوعة من تنسيقات البيانات، ولا يقتصر على قواعد البيانات.

غالبًا ما يُفضل استخدام Pandas في البحث العلمي وأتمتة العمليات وإنشاء خطوط الأنابيب (بما في ذلك ETL)

ومعالجة البيانات في Python ، بينما SQL هو معيار إدارة قواعد البيانات وغالبًا ما يستخدم في بيئات المؤسسات للتعامل مع كميات كبيرة من البيانات.

> تتيح لك مكتبة بانداس التابعة للغة البرمجة بايثون ليس فقط تنفيذ العمليات الأساسية مثل قراءة الجداول وكتابتها، بل أيضًا تنفيذ مهام أكثر تعقيدًا، بما في ذلك دمج البيانات وتجميع البيانات وإجراء العمليات الحسابية التحليلية المعقدة.

اليوم، تُستخدم مكتبة بانداس ليس فقط في البحث الأكاديمي وتحليلات الأعمال، ولكن أيضًا بالاقتران مع نماذج LLM. على سبيل المثال، أولى قسم (Facebook™) Meta® ، عند نشر نموذج جديد مفتوح المصدر LlaMa 3.1 في عام 2024، اهتمامًا خاصًا للعمل مع البيانات المهيكلة، مما جعل إحدى الحالات الرئيسية والأولى في إصداره بالضبط معالجة إطارات البيانات المهيكلة (الشكل5-3.4) بتنسيق CSV والتكامل مع مكتبة Pandas مباشرة في الدردشة.



الشكل5-4-4-3 كانت إحدى الحالات الأولى والرئيسية لفريق ميتا المقدمة في LlaMa 3.1 في عام 2024 هي بناء التطبيقات باستخدام Pandas.

يعد Pandas أداة أساسية لملايين علماء البيانات الذين يعالجون البيانات ويعدونها للذكاء الاصطناعي التوليدي. سيكون تسريع Pandas بدون أي تغييرات في التعليمات البرمجية خطوة كبيرة إلى الأمام. سيكون علماء البيانات قادرين على معالجة البيانات في دقائق بدلاً من ساعات والحصول على بيانات أكثر بكثير لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي التوليدي [88].

- جنسن هوانج، المؤسس والرئيس التنفيذي لشركة NVIDIA

باستخدام Pandas ، من الممكن إدارة وتحليل مجموعات البيانات بما يتجاوز قدرات برنامج Excel. في حين أن برنامج Excel قادر عادةً على التعامل مع ما يصل إلى مليون صف من البيانات، يمكن لبرنامج Pandas التعامل بسهولة مع مجموعات البيانات (الشكل2-9.1 ، الشكل10-9.1) التي تحتوي على عشرات الملايين من الصفوف [89]. تتيح هذه الإمكانية للمستخدمين إجراء تحليل معقد للبيانات وتصورها على مجموعات البيانات الكبيرة، مما يوفر رؤى عميقة ويسهل عملية اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات. وبالإضافة إلى ذلك، تتمتع بانداس بدعم مجتمعي قوي [90]: حيث يستخدمه مئات الملايين من المطورين والمحللين في جميع أنحاء العالم (Kaggle.com، Google Collab، Microsoft® Azure™ Notebooks، Amazon SageMaker) عبر الإنترنت أو دون اتصال بالإنترنت كل يوم، مما يوفر عددًا كبيرًا من الحلول الجاهزة لأي مشكلة تجارية.

في قلب معظم عمليات تحليل بايثون التحليلية يوجد شكل منظم للبيانات يسمى DataFrame ، الذي توفره مكتبة Pandas. وهي أداة قوية ومرنة لتنظيم البيانات المجدولة وتحليلها وتصورها.

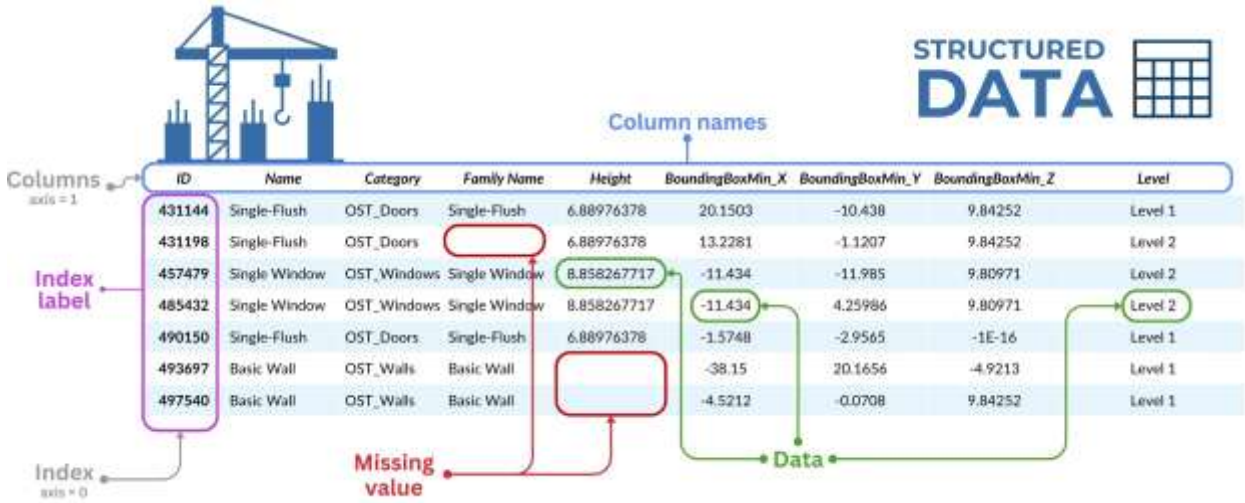
DataFrame: تنسيق بيانات جدولي عالمي

DataFrame هو الهيكل المركزي في مكتبة بانداس، وهو عبارة عن جدول ثنائي الأبعاد (الشكل6-3.4) حيث تتوافق الصفوف مع الكائنات أو السجلات الفردية والأعمدة مع خصائصها أو معلماتها أو فئاتها. يشبه هذا الهيكل بصريًا جداول بيانات Excel، لكنه أفضل بكثير من حيث المرونة وقابلية التوسع والوظائف.

> إطار البيانات هو طريقة لتمثيل ومعالجة البيانات المجدولة المخزنة في ذاكرة الوصول العشوائي للكمبيوتر.

DataFrame هو طريقة لتمثيل ومعالجة البيانات المجدولة المخزنة في ذاكرة الوصول العشوائي للكمبيوتر. في الجدول، يمكن أن تعكس الصفوف في الجدول، على سبيل المثال، عناصر مشروع إنشائي، والأعمدة - خصائصها:

الفئات والأبعاد والإحداثيات والتكلفة والمصطلحات وما إلى ذلك. علاوة على ذلك، يمكن أن يحتوي مثل هذا الجدول على معلومات عن مشروع واحد (الشكل13-4.1) وبيانات عن ملايين العناصر من آلاف المشاريع المختلفة (الشكل10-9.1). بفضل عمليات Pandas المتجهة، من السهل تصفية وتجميع وتجميع مثل هذه الأحجام من المعلومات بسرعة عالية.



الشكل6-3.4 مشروع البناء كإطار بيانات عبارة عن جدول ثنائي الأبعاد مع عناصر في صفوف وسمات في أعمدة.

تُقدِّر Nvidia أن ما يصل إلى 30% من جميع موارد الحوسبة اليوم تُستخدم لمعالجة البيانات المهيكلة - إطارات البيانات - وتستمر هذه الحصة في النمو.

> **معالجة البيانات هي ما يتم على الأرجح ثلث الحوسبة في العالم في كل شركة. تتم معالجة البيانات والبيانات في معظم الشركات في DataFrame ، في شكل جدول**
>
> **- جينسن هوانج، الرئيس التنفيذي لشركة Nvidia [91]**

دعونا نسرد بعض الميزات الرئيسية لإطار البيانات في بانداس:

- الأعمدة: في DataFrame ، يتم تنظيم البيانات في أعمدة، لكل منها اسم فريد. يمكن أن تحتوي أعمدة

السمات على بيانات من أنواع مختلفة، على غرار الأعمدة في قواعد البيانات أو الأعمدة في الجداول.

- **Pandas Series** هي بنية بيانات أحادية البُعد في Pandas، تشبه القائمة أو العمود في الجدول، حيث تتوافق كل قيمة مع فهرس مختلف

تحتوي سلسلة Pandas على أكثر من 400 سمة وطريقة، مما يجعل العمل مع البيانات مرنًا للغاية. يمكنك تطبيق إحدى الدوال الأربعمائة المتاحة مباشرةً على عمود ما، وإجراء العمليات الحسابية، وتصفية البيانات، واستبدال القيم، والعمل مع التواريخ والسلاسل وغيرها. بالإضافة إلى ذلك، تدعم Series العمليات المتجهة، والتي تُسرِّع بشكل كبير من معالجة مجموعات البيانات الكبيرة مقارنةً بالعمليات الحسابية الدورية. على سبيل المثال، يمكنك بسهولة ضرب جميع القيم في رقم أو استبدال البيانات المفقودة أو تطبيق تحويلات معقدة دون كتابة حلقات معقدة.

- **الصفوف**: في DataFrame يمكن فهرستها بقيم فريدة. يسمح لك هذا الفهرس بتغيير البيانات وتعديلها بسرعة في صفوف محددة.
- الفهرس: بشكل افتراضي، عندما تنشئ إطار بيانات بانداس يعين لكل صف فهرسًا من 0 إلى N-1 (حيث N هو عدد جميع الصفوف في إطار البيانات). ومع ذلك، يمكن تغيير الفهرس ليشمل تعيينات خاصة مثل التواريخ أو الخصائص الفريدة.
- تعني فهرسة الصفوف في إطار البيانات أنه يتم تعيين اسم أو تسمية فريدة لكل صف، وهو ما يسمى فهرس إطار البيانات.
- أنواع البيانات: يدعم DataFrame مجموعة متنوعة من أنواع البيانات بما في ذلك: "الصفر"، و"مفلطحة"، و"صورية"، و"صورية"، و"تاريخ ووقت 64"، و"نصية" للبيانات النصية. لكل عمود في إطار البيانات نوع بيانات خاص به يحدد العمليات التي يمكن إجراؤها على محتوياته.
- عمليات البيانات: يدعم DataFrame مجموعة واسعة من عمليات معالجة البيانات، بما في ذلك التجميع

('groupby')، والدمج ('دمج' و'ربط')، والتسلسل ('concat')، والتقسيم-التطبيق-التجميع، والعديد من تقنيات تحويل البيانات الأخرى.

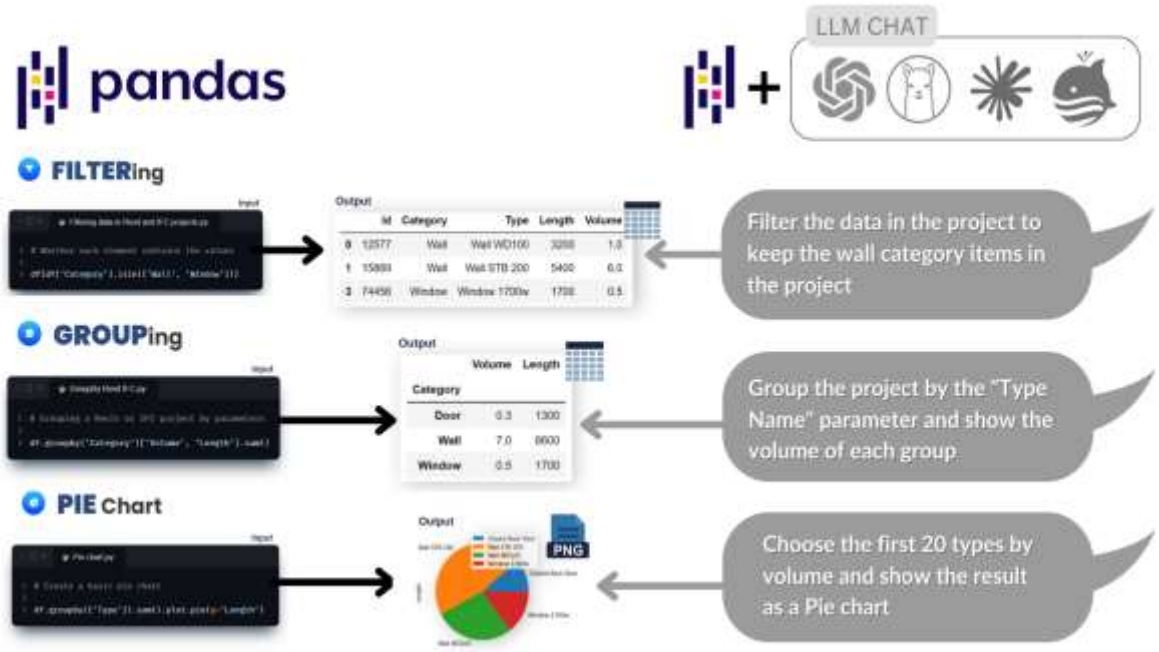
- التلاعب بالحجم: يتيح لك DataFrame إضافة أعمدة وإزالتها و الصفوف، مما يجعلها بنية ديناميكية يمكن تعديلها وفقًا لاحتياجات تحليل البيانات الخاصة بك.
- تصوُّر البيانات: باستخدام تقنيات التصور المدمجة أو التواصل مع مكتبات تصور البيانات الشائعة مثل Matplotlib أو Seaborn ، يمكن تحويل DataFrame بسهولة إلى رسوم بيانية ومخططات لعرض البيانات بيانياً.
- إدخال البيانات وإخراجها: يوفر Pandas وظائف لقراءة استيراد البيانات وتصديرها إلى تنسيقات ملفات مختلفة مثل CSV وExcel وJSON وHTML وSQL ، مما يجعل DataFrame مركزًا مركزيًا لجمع البيانات وتوزيعها.

على عكس CSV و XLSX ، يوفر Pandas DataFrame مرونة وأداءً أكبر عند العمل مع البيانات: يمكنه التعامل مع كميات كبيرة من المعلومات في ذاكرة الوصول العشوائي، ويدعم أنواع البيانات الموسعة (بما في ذلك التواريخ والقيم المنطقية والسلاسل الزمنية)، ويوفر قدرات واسعة لتصفية البيانات وتجميعها ودمجها وتصورها. وفي حين أن CSV لا يخزن معلومات حول أنواع البيانات وهيكلها، وغالبًا ما يكون XLSX مثقلًا بالتنسيقات وقابلية التوسع فيه منخفضة، يظل DataFrame الخيار الأمثل للتحليلات السريعة ، وأتمتة العمليات، والتكامل مع نماذج الذكاء الاصطناعي (الشكل-3.4 7). ستستكشف الفصول التالية كل جانب من جوانب البيانات هذه بالتفصيل، كما ستتم في الجزء الثامن من الكتاب مناقشة التنسيقات المماثلة مثل Parquet ، و Apache Orc، و JSON ، و Feather ، و HDF5 ومستودعات البيانات بالتفصيل (الشكل2-8.1).

	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)

الشكلDataFrame 3.4-7 3.4-7 هو الخيار الأمثل لمعالجة البيانات بأداء عالٍ ودعم متقدم لنوع البيانات.

وبفضل مرونتها وقوتها وسهولة استخدامها، أصبحت مكتبة Pandas وتنسيق DataFrame المعيار الفعلي في تحليل بيانات Python. وهي مثالية لكل من إنشاء تقارير بسيطة وبناء خطوط أنابيب تحليلية معقدة، خاصةً بالاقتران مع نماذج LLM.



الشكلLLMs 3.4-8 تبسط التفاعل مع Pandas: بدلاً من التعليمات البرمجية، يكفي الاستعلام النصي.

تُستخدم Pandas اليوم بنشاط في غرف الدردشة القائمة على LLM مثل ChatGPT ، و LlaMa ، و DeepSeek ، و QWEN وغيرها. في كثير من الحالات، عندما يتلقى النموذج استعلامًا يتعلق بمعالجة الجداول أو التحقق من صحة البيانات أو التحليلات، فإنه يولد كودًا باستخدام مكتبة Pandas بالضبط. وهذا يجعل DataFrame "لغة" طبيعية لتمثيل البيانات في الحوارات مع الذكاء الاصطناعي (الشكل3.4-8).

تعمل تقنيات البيانات الحديثة، مثل Pandas، على تسهيل تحليل البيانات وأتمتتها ودمجها في العمليات التجارية. فهي تقدم النتائج بسرعة، وتقلل من عبء العمل على المتخصصين وتضمن تكرار العمليات.

الخطوات التالية: بناء إطار عمل مستدام للبيانات

اطلعنا في هذا الجزء على الأنواع الرئيسية للبيانات المستخدمة في صناعة الإنشاءات، وتعرفنا على التنسيقات المختلفة

لتخزينها، وحللنا دور الأدوات الحديثة، بما في ذلك LLM وIDEs، في معالجة المعلومات. وتعلمنا أن الإدارة الفعالة للبيانات هي الأساس لاتخاذ قرارات مستنيرة وأتمتة العمليات التجارية. تكتسب المؤسسات القادرة على هيكلة بياناتها وتنظيمها ميزة تنافسية كبيرة في مراحل معالجة البيانات وتحويلها.

لتلخيص هذا الجزء، يجدر بنا أن نسلط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق المناهج التي تمت مناقشتها في مهامك اليومية:

- إجراء تدقيق للبيانات الخاصة بعملياتك
  - ☐ قم بإجراء جرد لجميع أنواع البيانات التي تستخدمها في مشاريعك
  - ☐ تحديد أنواع البيانات والنماذج الأكثر أهمية بالنسبة لعملياتك التجارية
  - ☐ تحديد مجالات المشاكل حيث تظل المعلومات غير منظمة أو سيئة التنظيم أو يتعذر الوصول إليها في كثير من الأحيان
- البدء في تشكيل استراتيجية إدارة البيانات
  - ☐ رفع قضايا السياسات والمعايير الخاصة بالتعامل مع أنواع البيانات المختلفة
  - ☐ تحليل أي من مهام سير العمل لديك يمكن تحسينها من خلال تحويل البيانات غير المنظمة إلى بيانات منظمة
  - ☐ إنشاء سياسة لتخزين البيانات والوصول إليها تراعي الأمن والسرية
- تثبيت وإتقان الأدوات الأساسية للعمل مع البيانات
  - ☐ اختر IDE المناسب الذي يتناسب مع مهامك (مثل تثبيت VS Code أو Jupyter Notebook)
  - ☐ حاول إنشاء حساب LLM محلي للتعامل مع بياناتك الشخصية بسرية تامة
  - ☐ البدء بتجربة مكتبة Pandas لمعالجة بيانات جداول XLSX المجدولة

- ☐ قم بوصف المهام المعتادة التي تتعامل معها في أدوات جداول البيانات أو قواعد البيانات واطلب من طالب الماجستير في القانون أتمتة العمل باستخدام Pandas

سيسمح لك تطبيق هذه الخطوات بتحويل نهجك في العمل مع البيانات تدريجيًا، والانتقال من مجموعات بيانات متباينة وغير منظمة إلى نظام بيئي موحد حيث تصبح البيانات أصلًا يسهل الوصول إليه وفهمه. ابدأ صغيرًا - أنشئ أول DataFrame في Pandas، وقم بتشغيل LLM محلي ، وقم بأتمتة أول مهمة روتينية باستخدام Python (مثل جداول بيانات Excel).

سيركز الجزء الرابع من الكتاب على جودة البيانات وتنظيم البيانات وهيكلتها ونمذجتها. سنركز على المنهجيات التي تحوّل مصادر البيانات المتباينة - من ملفات PDF والنصوص إلى الصور ونماذج التصميم بمساعدة الحاسوب - إلى مجموعات بيانات منظمة مناسبة للتحليل والأتمتة. سنستكشف أيضًا كيفية إضفاء الطابع الرسمي على متطلبات البيانات، وكيفية بناء النماذج المفاهيمية والمنطقية في مشاريع البناء، وكيف يمكن للنماذج اللغوية الحديثة (LLMs) أن تساعد في هذه العملية.

الجزء IV

جودة البيانات: التنظيم، والهيكلة، والنمذجة

يركز الجزء الرابع على منهجيات وتقنيات تحويل المعلومات المتباينة إلى مجموعات بيانات منظمة ذات جودة عالية. وتناقش بالتفصيل عمليات تشكيل وتوثيق متطلبات البيانات كأساس لهندسة المعلومات الفعالة في مشاريع البناء. كما يتم عرض طرق عملية لاستخراج المعلومات المنظمة من مصادر مختلفة (مستندات PDF ، وصور، وملفات نصية، ونماذج CAD) مع أمثلة على التنفيذ. كما يتم تحليل استخدام التعبيرات العادية (RegEx) وأدوات أخرى للتحقق من صحة البيانات والتحقق منها تلقائيًا. كما يتم وصف عملية نمذجة البيانات على المستويات المفاهيمية والمنطقية والمادية خطوة بخطوة، مع مراعاة خصوصيات صناعة الإنشاءات. يتم عرض أمثلة محددة لاستخدام النماذج اللغوية (LLM) لأتمتة عمليات هيكلة المعلومات والتحقق من صحتها. يتم اقتراح أساليب فعالة لتصور نتائج التحليل، مما يزيد من توافر المعلومات التحليلية لجميع مستويات إدارة مشاريع البناء

الفصل 4.1.

تحويل البيانات إلى شكل منظم

في عصر الاقتصاد القائم على البيانات، أصبحت البيانات في عصر الاقتصاد القائم على البيانات هي أساس عملية صنع القرار بدلاً من أن تكون عائقاً. فبدلاً من تكييف المعلومات باستمرار مع كل نظام جديد وتنسيقاته، تسعى الشركات بشكل متزايد إلى تشكيل نموذج بيانات منظم واحد يعمل كمصدر عالمي للحقيقة لجميع العمليات. لا يتم تصميم أنظمة المعلومات الحديثة حول التنسيقات والواجهات بل حول معنى البيانات - لأن الهيكل قد يتغير، ولكن معنى المعلومات يبقى كما هو لفترة أطول بكثير.

> إن مفتاح العمل بفعالية مع البيانات لا يكمن في تحويلها وتحويلها إلى ما لا نهاية، بل في تنظيمها بشكل صحيح منذ البداية: إنشاء هيكل عالمي قادر على توفير الشفافية والأتمتة والتكامل في جميع مراحل دورة حياة المشروع.

يفرض النهج التقليدي إجراء تعديلات يدوية مع كل تطبيق جديد للمنصة: ترحيل البيانات، وتغيير أسماء السمات، وتعديل التنسيقات. لا تؤدي هذه الخطوات إلى تحسين جودة البيانات نفسها، ولكنها تخفي فقط المشاكل، مما يخلق حلقة مفرغة من التحولات التي لا نهاية لها. ونتيجة لذلك، تصبح الشركات معتمدة على حلول برمجية محددة، ويتباطأ التحول الرقمي.

في الفصول التالية، سننظر في كيفية هيكلة البيانات بشكل صحيح ثم كيفية إنشاء نماذج عالمية، وتقليل التبعية للمنصة والتركيز على ما هو أكثر أهمية - البيانات كمورد استراتيجي تُبنى حوله عمليات مستدامة.

تعلم كيفية تحويل المستندات وملفات PDF والصور والنصوص إلى تنسيقات منظمة

في مشاريع البناء، توجد الغالبية العظمى من المعلومات في شكل غير منظم: الوثائق الفنية وبيانات العمل والرسومات والمواصفات والجداول الزمنية والبروتوكولات. ويؤدي تنوعها - سواء من حيث الشكل أو المحتوى - إلى صعوبة التكامل والأتمتة.

> قد تختلف عملية التحويل إلى تنسيقات منظمة أو شبه منظمة حسب نوع البيانات المدخلة ونتائج المعالجة المطلوبة.

إن تحويل البيانات من شكل غير منظم إلى شكل منظم هو فن وعلم في آن واحد. وتختلف هذه العملية باختلاف نوع البيانات المدخلة والغرض من التحليل، وغالباً ما تستغرق جزءاً كبيراً من عمل مهندس البيانات (الشكل5-3.2) والمحلل ، بهدف إنتاج مجموعة بيانات نظيفة ومنظمة.

الشكل1-4-1-4 تحويل مستند ممسوح ضوئيًا غير منظم إلى تنسيق جدول منظم.

إن تحويل المستندات وملفات PDF والصور والنصوص إلى تنسيق منظم (الشكل1-1-1-4) هي عملية تدريجية تتضمن الخطوات التالية:

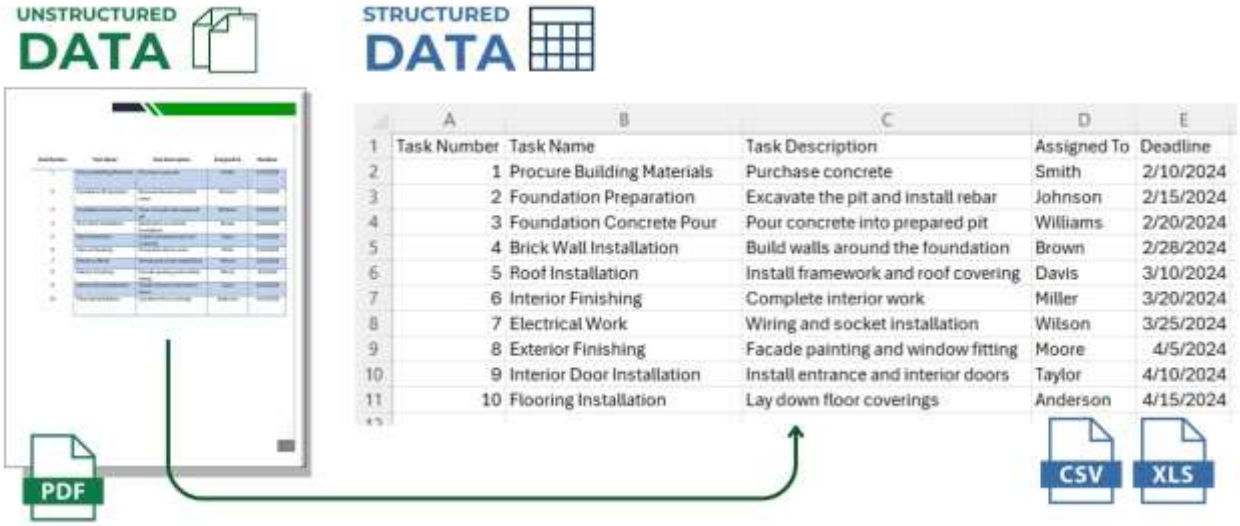
- استخراج): في هذه الخطوة، يتم تحميل مستند مصدر أو صورة تحتوي على بيانات غير منظمة. يمكن أن يكون هذا، على سبيل المثال، مستند PDF أو صورة فوتوغرافية أو رسم أو تخطيطي.
- تحويل البيانات (التحويل): يتبع ذلك خطوة تحويل البيانات غير المنظمة إلى تنسيق منظم. على سبيل المثال، قد يتضمن ذلك التعرف على النص وتفسيره من الصور باستخدام التعرف الضوئي على الحروف (OCR) أو أساليب معالجة أخرى.
- تحميل البيانات وحفظها (تحميل): تتضمن الخطوة الأخيرة حفظ البيانات المعالجة بتنسيقات مختلفة مثل CSV و XLSX و XML و JSON ، لمزيد من العمل، حيث يعتمد اختيار التنسيق على متطلبات وتفضيلات محددة.

تلعب هذه العملية، المعروفة باسم ETL (استخراج ، تحويل ، تحميل)، دورًا رئيسيًا في المعالجة الآلية للبيانات وسيتم مناقشتها بمزيد من التفصيل في فصل "ETL وخط الأنابيب: استخلاص، تحويل، تحميل". بعد ذلك، سنلقي

نظرة على أمثلة لكيفية تحويل المستندات ذات التنسيقات المختلفة إلى بيانات منظمة.

مثال على تحويل مستند PDF إلى جدول

تتمثل إحدى المهام الأكثر شيوعًا في مشاريع البناء في معالجة المواصفات بتنسيق PDF. ولتوضيح الانتقال من البيانات غير المنظمة إلى تنسيق منظم، دعونا ننظر في مثال عملي: استخراج جدول من مستند PDF وتحويله إلى تنسيق CSV أو Excel (الشكل4.1-2).



	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

الشكل4.1-2.4 على عكس صيغة PDF ، فإن صيغتي CSV و XLSX واسعة الانتشار ويمكن دمجها بسهولة في مختلف نظم إدارة البيانات.

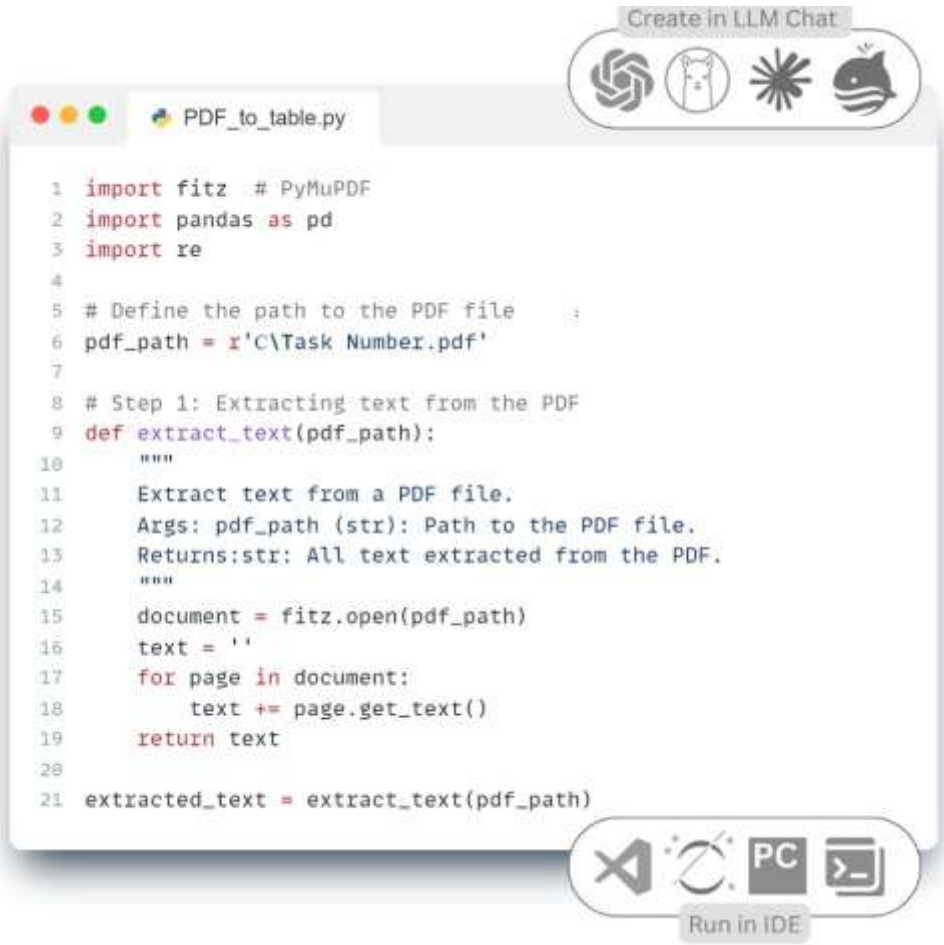
نماذج لغة LLM ، مثل ChatGPT وLlaMa وMistral وDebSeek وGrok وClaude وQWEN تبسط إلى حد كبير طريقة عمل علماء البيانات مع البيانات، مما يقلل من الحاجة إلى التعلم العميق للغات البرمجة ويسمح بحل العديد من المهام باستخدام الاستعلامات النصية.

لذلك، بدلاً من قضاء الوقت في البحث عن حلول على الإنترنت (عادةً موقع StackOverFlow أو المنتديات والدردشات المواضيعية) أو الاتصال بالمتخصصين في معالجة البيانات، يمكننا استخدام إمكانيات النماذج الحديثة على الإنترنت أو المحلية. يكفي أن نطرح استعلامًا وسيوفر النموذج كودًا جاهزًا لتحويل مستند PDF إلى تنسيق جدولي.

- أرسل الطلب النصي التالي إلى أي من نماذج LLM - نموذج (CHATGRT، LlaMa ، Mistral ، Mistral QWEN ، Claude ، Grok ، DeepSeek أو أي نموذج آخر):

> يرجى كتابة كود لاستخراج نص من ملف PDF -ملف يحتوي على جدول. يجب أن يأخذ الرمز مسار الملف كوسيطة ويعيد الجدول المستخرج كجدول DataFrame⏎

- ستكون استجابة نموذج LLM - النموذج في معظم الحالات في شكل كود برمجي بلغة Python ، حيث تُستخدم هذه اللغة على نطاق واسع لمعالجة البيانات والأتمتة والعمل مع تنسيقات الملفات المختلفة:



الشكل3-1-4.1 استجابة LLM في شكل كود بايثون ومكتباته وحزمه (بانداس، فيتز) يستخرج النص من ملف PDF - ملف.

يمكن تشغيل هذه الشيفرة (الشكل3-1-4.1) دون اتصال بالإنترنت في أحد برامج IDE الشائعة التي ذكرناها أعلاه: PyCharm، أو Visual Studio Code (VS Code)، أو Jupyter Notebook ، أو Spyder، أو Atom، أو Sublime Text، أو Eclipse مع ملحق PyDev، أو Thonny، أو Wing IDE، أو IntelliJ IDEA مع ملحق Python ، أو JupyterLab، أو الأدوات الشائعة على الإنترنت: Kaggle.كوم، Microsoft Azure Notebooks، Google Collab،

Amazon SageMaker.

- في خطوة "التحويل"، نستخدم مكتبة بانداس الشهيرة (التي ناقشناها بالتفصيل في فصل "Python Pandas: أداة لا غنى عنها للعمل مع البيانات") لقراءة النص المستخرج في إطار البيانات وحفظ إطار البيانات في ملف جدول CSV أو XLXS:

> أحتاج إلى كود يقوم بتحويل الجدول الناتج من ملف PDF إلى ملف DataFrame. أيضًا إضافة كود لحفظ DataFrame إلى ملف CSV. ⏎

رد LLM:

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

الشكل4-4.4.1 تحويل الجدول المستخرج من ملف PDF إلى DataFrame وحفظ الجدول في ملف CSV - ملف.

في حالة حدوث خطأ أثناء تنفيذ التعليمات البرمجية (الشكل3-4.1 ، الشكل4-4.1) - على سبيل المثال بسبب مكتبات مفقودة أو مسار ملف خاطئ - يمكن ببساطة نسخ نص الخطأ مع التعليمات البرمجية المصدرية وإعادة إرساله إلى نموذج LLM. سيحلل النموذج رسالة الخطأ ويشرح ماهية المشكلة ويقترح إصلاحات أو خطوات إضافية.

وبالتالي، يصبح التفاعل مع الذكاء الاصطناعي LLM دورة كاملة: الطلب← الاستجابة← الاختبار الاختبار← التغذية الراجعة← التصحيح - دون الحاجة إلى معرفة تقنية عميقة.

باستخدام استعلام نصي عادي في دردشة LLM وعشرات الأسطر من لغة Python التي يمكننا تشغيلها محليًا في أي IDE ، قمنا بتحويل مستند PDF إلى مستند بتنسيق CSV مجدول ، والذي يمكن قراءته آليًا بسهولة على عكس مستند PDF، ويمكن دمجه بسرعة في أي نظام لإدارة البيانات.

يمكننا تطبيق هذا الرمز (الشكل3-4.1 ، الشكل4-4.1)، عن طريق نسخه من أي غرفة دردشة LLM، إلى عشرات أو آلاف مستندات PDF الجديدة على الخادم، وبالتالي أتمتة عملية تحويل سيل من المستندات غير المنظمة إلى تنسيق جدول CSV منظم.

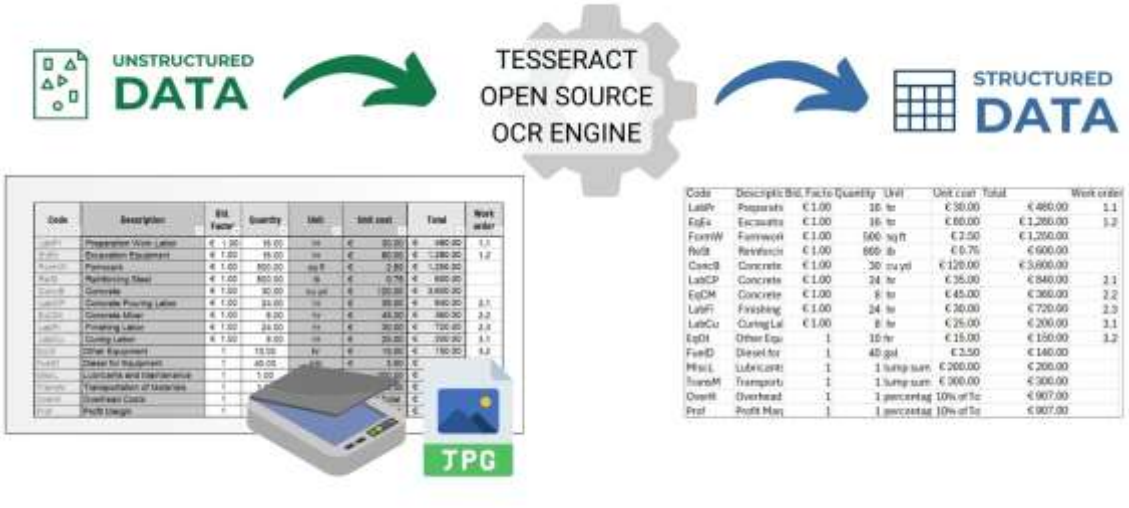
ولكن مستندات PDF لا تحتوي دائماً على نصوص، فهي في أغلب الأحيان عبارة عن مستندات ممسوحة ضوئياً تحتاج إلى المعالجة كصور. وعلى الرغم من أن الصور بطبيعتها غير منظمة بطبيعتها، إلا أن تطوير وتطبيق مكتبات التعرف على الصور يسمح لنا باستخراج محتواها ومعالجتها وتحليلها، مما يمكننا من الاستفادة الكاملة من هذه البيانات في عملياتنا التجارية.

تحويل صورة JPEG، PNG إلى شكل منظم

الصور هي أحد أكثر أشكال البيانات غير المنظمة شيوعًا. في مجال البناء والعديد من الصناعات الأخرى، يتم تخزين كمية هائلة من المعلومات في شكل مستندات ممسوحة ضوئيًا ومخططات وصور فوتوغرافية ورسومات. تحتوي هذه البيانات على معلومات قيّمة ولكن لا يمكن معالجتها مباشرة، مثل جدول بيانات Excel أو قاعدة بيانات. وتحتوي الصور على الكثير من المعلومات المعقدة بسبب تنوع محتواها وألوانها وقوامها وتحتاج إلى معالجة خاصة لاستخراج معلومات مفيدة.

تكمن الصعوبة في استخدام الصور كمصدر للبيانات في عدم وجود بنية. فالصور لا تنقل المعنى بطريقة مباشرة وقابلة للقياس الكمي بسهولة يمكن للحاسوب أن يفهمها أو يعالجها على الفور، كما يفعل جدول بيانات برنامج إكسل أو جدول قاعدة البيانات. لتحويل بيانات الصور غير المنظمة إلى شكل منظم، يجب استخدام مكتبات خاصة قادرة على تفسير

المعلومات المرئية التي تحتويها (الشكل5-4.1).



الشكل5-4.1-4.1 يمكن تحويل المستندات والصور الممسوحة ضوئيًا إلى تنسيقات منظمة باستخدام أدوات OCR الخاصة.

تُستخدم تقنية OCR (التعرف الضوئي على الحروف) لاستخراج النصوص من الصور. وهي تسمح لك بالتعرف على الحروف والأرقام في المستندات الممسوحة ضوئيًا والصور وملفات PDF ، وتحويلها إلى نصوص قابلة للتحرير والقراءة الآلية. تُستخدم تقنيات التعرف الضوئي على الحروف منذ فترة طويلة في أتمتة المستندات، وهي اليوم مدمجة بسهولة في أي عمليات تجارية وتطبيقات Python. من أكثر أدوات التعرف الضوئي على الحروف شيوعًا هو Tesseract، وهو برنامج مفتوح المصدر ، تم تطويره في الأصل بواسطة HP™، وتدعمه الآن Google™. وهي تدعم أكثر من 100 لغة وتتمتع بدقة عالية في التعرف على الحروف.

دعنا نطلب من دردشة LLM كتابة نموذج كود لاسترداد البيانات من جدول ممسوح ضوئيًا أو مصور بطريقة منظمة.

- أرسل طلبًا نصيًا إلى دردشة LLM (دردشة DeepSeek Mistral ، Mistral ، LlaMa ، ChatGP) LLM ، QWEN ، Claude ، Grok أو أي شيء آخر):

كتابة رمز لتحويل صورة JPEG تحتوي على جدول إلى جدول DataFrame ⏎

ستقترح استجابة LLM في معظم الحالات استخدام مكتبة Pytesseract للتعرف على النص في الصور:

Create in LLM Chat

group.py

```python
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

الشكل6-4.1 تحويل النص المستخرج من جدول صور أو صور إلى تمثيل جدولي منظم.

في هذا المثال - يستخدم الرمز (الشكل6-4.1) المشتق من LLM ، مكتبة pytesseract (Tesseract لبايثون) لتحويل صورة إلى نص باستخدام التعرف الضوئي على الحروف (التعرف الضوئي على الحروف) ومكتبة Pandas لتحويل هذا النص إلى شكل منظم، أي DataFrame.

تتضمن عملية التحويل عادةً المعالجة المسبقة لتحسين جودة الصورة، وبعد ذلك يتم تطبيق خوارزميات مختلفة لاكتشاف الأنماط أو استخراج السمات أو التعرف على الكائنات. ونتيجة لذلك، يتم تحويل المعلومات المرئية غير المنظمة إلى بيانات منظمة.

على الرغم من أن ملفات PDF والصور هي مصادر رئيسية للمعلومات غير المنظمة، إلا أن البطل الحقيقي من حيث الحجم هو النصوص التي يتم إنشاؤها في رسائل البريد الإلكتروني والمحادثات والاجتماعات والمراسلات. هذه البيانات ليست كثيرة فحسب، بل هي مبعثرة وغير منظمة وغير منظمة بشكل جيد للغاية.

تحويل البيانات النصية إلى شكل منظم

بالإضافة إلى مستندات PDF التي تحتوي على جداول (الشكل2-4.1) والنسخ الممسوحة ضوئيًا من النماذج الجدولية (الشكل5-4.1)، يتم تقديم جزء كبير من المعلومات في وثائق المشروع في شكل نصي. يمكن أن تكون جمل متماسكة في وثائق نصية أو سجلات مجزأة مبعثرة على الرسومات والمخططات. في ظروف معالجة البيانات الحديثة، تتمثل إحدى المهام الأكثر شيوعًا في تحويل هذا النص إلى تنسيق منظم مناسب للتحليل والتصور واتخاذ القرارات.

ومن الأمور المحورية في هذه العملية التصنيف، وهو نظام تصنيف يسمح بتنظيم المعلومات في فئات وفئات فرعية بناءً على السمات المشتركة.

التصنيف هو هيكل تصنيف هرمي يستخدم لتجميع العناصر وتنظيمها. في سياق معالجة النصوص، يُستخدم كأساس لتصنيف العناصر بشكل منهجي في فئات دلالية، وبالتالي تبسيط التحليل وتحسين جودة معالجة البيانات.

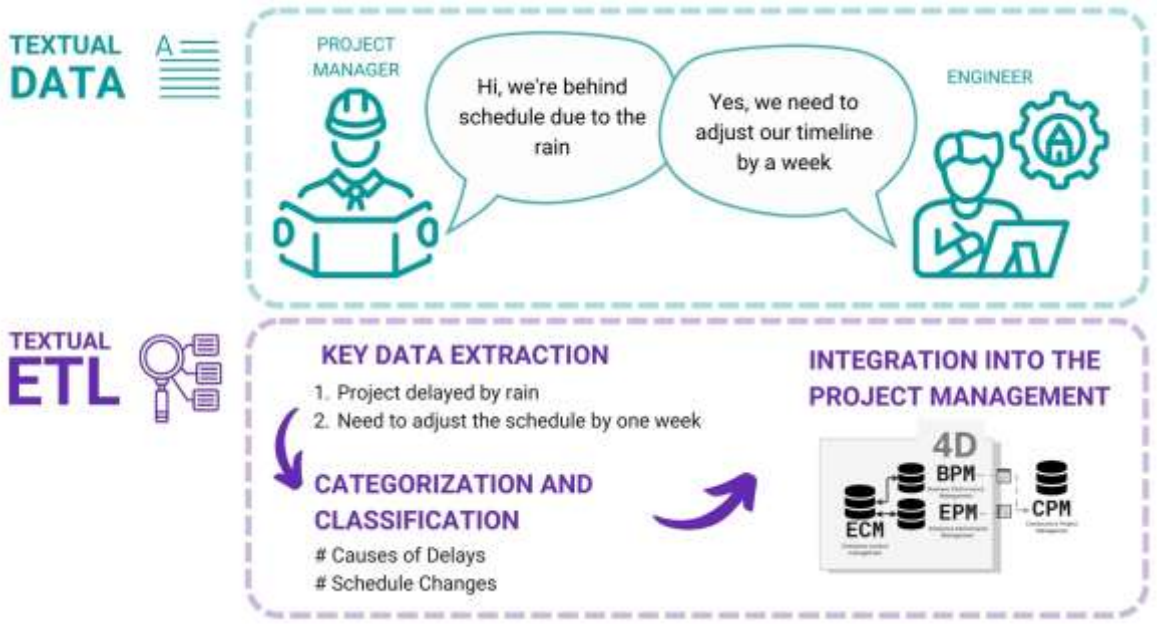
يترافق إنشاء التصنيف مع خطوات استخراج الكيانات وتصنيفها ووضعها في سياقها. لنمذجة عملية استخراج

المعلومات من البيانات النصية، فإن الخطوات التالية مشابهة لتلك التي طبقناها بالفعل على هيكلة البيانات من مستندات PDF:

- **استخراج):** تحتاج إلى تحليل البيانات النصية لاستخراج معلومات حول التأخيرات والتغييرات في الجدول الزمني للمشروع.
- التصنيف والتصنيف **(Transofrm):** تصنيف المعلومات الواردة، على سبيل المثال أسباب التأخير وتغييرات الجدول الزمني.
- التكامل **(تحميل): في** النهاية نقوم بإعداد البيانات المنظمة للتكامل في أنظمة إدارة البيانات الخارجية.

لنفترض حالة: لدينا حوار بين مدير مشروع ومهندس يناقشان المشاكل المتعلقة بالجدول الزمني. وهدفنا هو استخلاص العناصر الرئيسية (أسباب التأخير وتعديلات الجدول الزمني) وعرضها بطريقة منظمة (الشكل7-1-4).

دعونا نقوم بإجراء الاستخراج بناءً على الكلمات الرئيسية المتوقعة، وإنشاء جدول DataFrame لمحاكاة استخراج البيانات وبعد التحويل جدول DataFrame جديد يحتوي على أعمدة للتاريخ والحدث (مثل سبب التأخير) والإجراء (مثل تغيير الجدول الزمني).



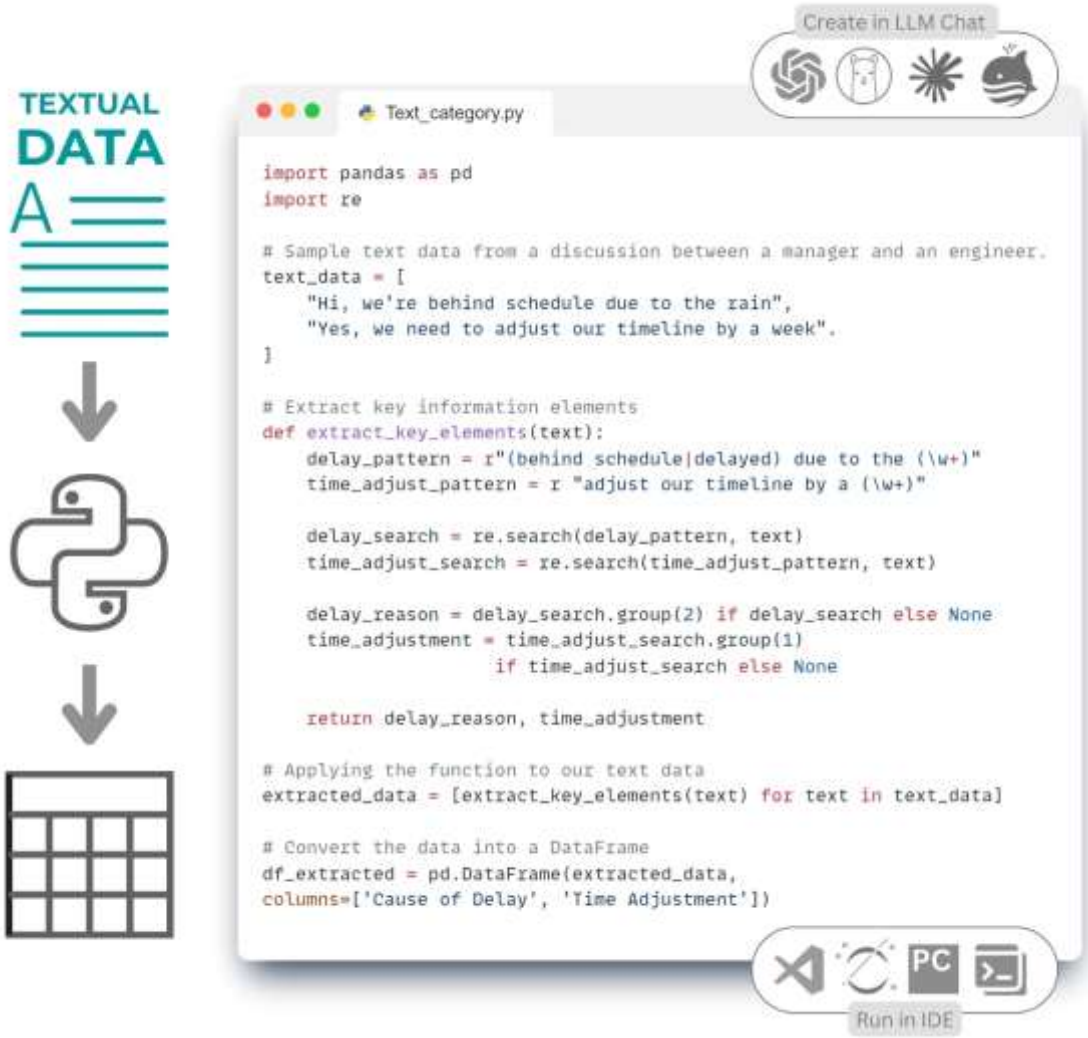
الشكل7-4.1 تسليط الضوء على المعلومات الأساسية من النص حول الحاجة إلى تعديل الجداول الزمنية ودمج التغييرات في نظام إدارة المشروع.

إليك الكود لحل المشكلة باستخدام استعلام نصي في أحد نماذج اللغة كما في الأمثلة السابقة.

- أرسل طلباً نصياً إلى أي غرفة دردشة LLM:

> لدي محادثة بين مدير، "مرحبًا، نحن متأخرون عن الجدول الزمني بسبب الأمطار" ومهندس، "نعم، نحن بحاجة إلى تعديل الموعد النهائي لمدة أسبوع". أنا بحاجة إلى برنامج نصي يقوم بتحليل الحوارات النصية المماثلة في المستقبل، ويستخرج منها أسباب التأخير والتعديلات اللازمة في الموعد النهائي، ثم ينشئ إطار بيانات من هذه البيانات. وينبغي بعد ذلك حفظ إطار البيانات في ملف CSV - ملف ⏎

- ستتضمن الاستجابة من LLM عادةً رمز Python - الرمز باستخدام التعبيرات العادية (re - Regex) ومكتبة Pandas (pd):

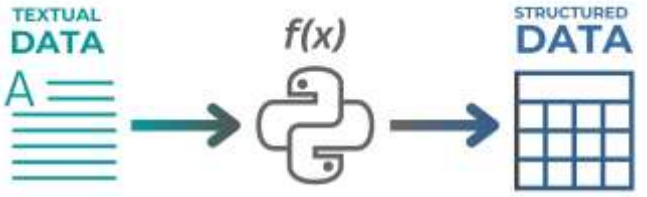


الشكل8-4.1 تسليط الضوء على المعلومات الأساسية من النص بشأن الحاجة إلى ضبط المواعيد النهائية في جدول.

في هذا المثال (الشكل7-4.1)، يتم تحليل البيانات النصية التي تحتوي على مراسلات بين مدير مشروع ومهندس لتحديد واستخراج معلومات محددة قد تؤثر على إدارة المشاريع المستقبلية ذات الحوارات المماثلة. باستخدام التعبيرات العادية (سنناقش المزيد حول التعبيرات العادية في الفصل "المتطلبات المهيكلة والتعبيرات العادية

RegEx ")، يتم تحديد أسباب التأخير في المشروع والتعديلات اللازمة على الجدول الزمني من خلال الأنماط. تستخرج الدالة المكتوبة في هذا المثال إما سبب التأخير أو التعديل الزمني من السلاسل بناءً على الأنماط: تمييز الكلمة بعد "بسبب" كسبب للتأخير أو الكلمة بعد "بواسطة" كتعديل الوقت.

إذا ذكر صف ما تأخيرًا بسبب الطقس، يتم تحديد "المطر" كسبب؛ وإذا ذكر صف ما تعديلًا في الجدول الزمني لفترة محددة، يتم استخراج تلك الفترة كتعديل زمني (الشكل9-4.1). وينتج عن عدم وجود أي من هذه الكلمات في صف ما قيمة "لا شيء" لعمود السمة المقابلة.



Text string	Cause of Delay	Time Adjustment
0	rain	None
1	None	week

الشكل9-4.1 يحتوي الجدول الموجز الذي تم الحصول عليه في إطار البيانات ، بعد تنفيذ التعليمات البرمجية، على معلومات حول وجود تأخيرات وتعديلات زمنية ضرورية.

تتيح هيكلة وتحديد بارامترات الشروط من النص (الحوار، الرسالة، الوثيقة) القضاء على التأخير في البناء بسرعة: على سبيل المثال، يمكن أن يؤثر نقص العمال على وتيرة العمل في الطقس السيئ، لذلك يمكن للشركات، بمعرفة بارامترات التأخير من الحوارات (الشكل9-4.1) بين رئيس العمال في موقع البناء ومدير المشروع - مسبقًا أن تعزز الطاقم في حالة وجود توقعات غير مواتية.

يمكن تحويل المستندات والصور إلى تنسيق منظم باستخدام أدوات بسيطة نسبياً ومفتوحة ومجانية قائمة على

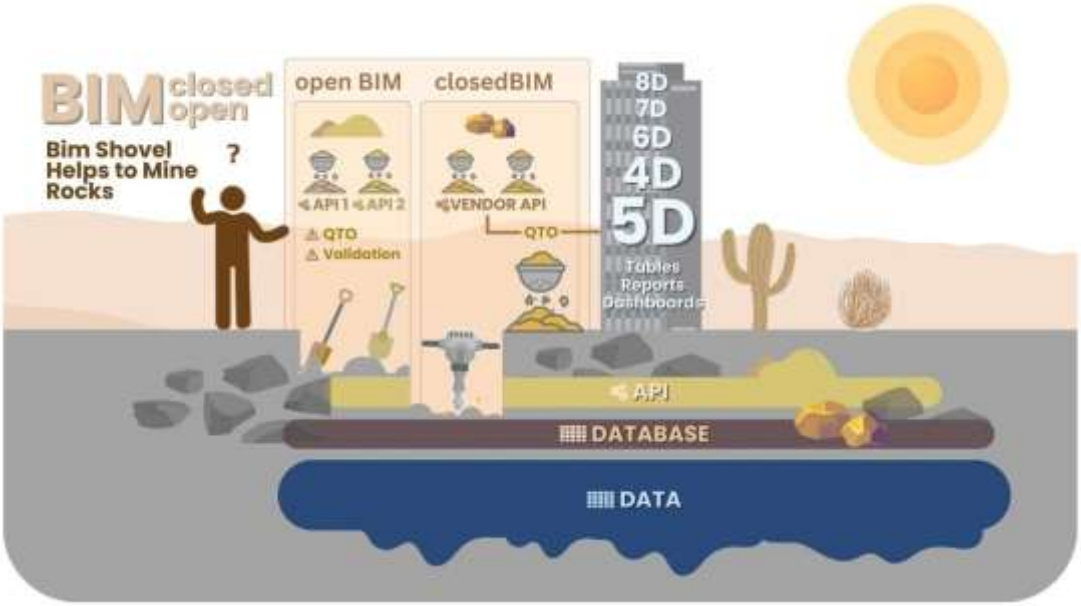
التصنيف.

يعد تصنيف العناصر أيضًا جزءًا أساسيًا من العمل مع بيانات المشروع، خاصةً في سياق استخدام برمجيات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM).

تحويل بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) إلى شكل منظم

تعد هيكلة وتصنيف بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) مهمة أكثر تعقيدًا لأن البيانات المخزنة من قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) تكون دائمًا تقريبًا في تنسيقات بارامترية مغلقة أو معقدة، وغالبًا ما تجمع بين عناصر البيانات الهندسية (شبه المنظمة) وعناصر المعلومات الوصفية (بيانات شبه منظمة أو منظمة) في نفس الوقت.

وعادة ما تكون تنسيقات البيانات الأصلية في أنظمة CAD (BIM) محمية ولا يمكن الوصول إليها للاستخدام المباشر، ما لم تكن هناك برمجيات متخصصة أو واجهة برمجة التطبيقات - واجهات المطور نفسه (الشكل10-4.1). ويشكل هذا العزل للبيانات صوامع تخزين مغلقة تحد من التبادل الحر للمعلومات وتمنع إنشاء عمليات رقمية شاملة في الشركة.



الشكل10-4.1 الشكل 4.1-10 يمكن لمحترفي التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) الوصول إلى البيانات الأصلية من خلال واجهة برمجة التطبيقات -وصلات أو أدوات البائع.

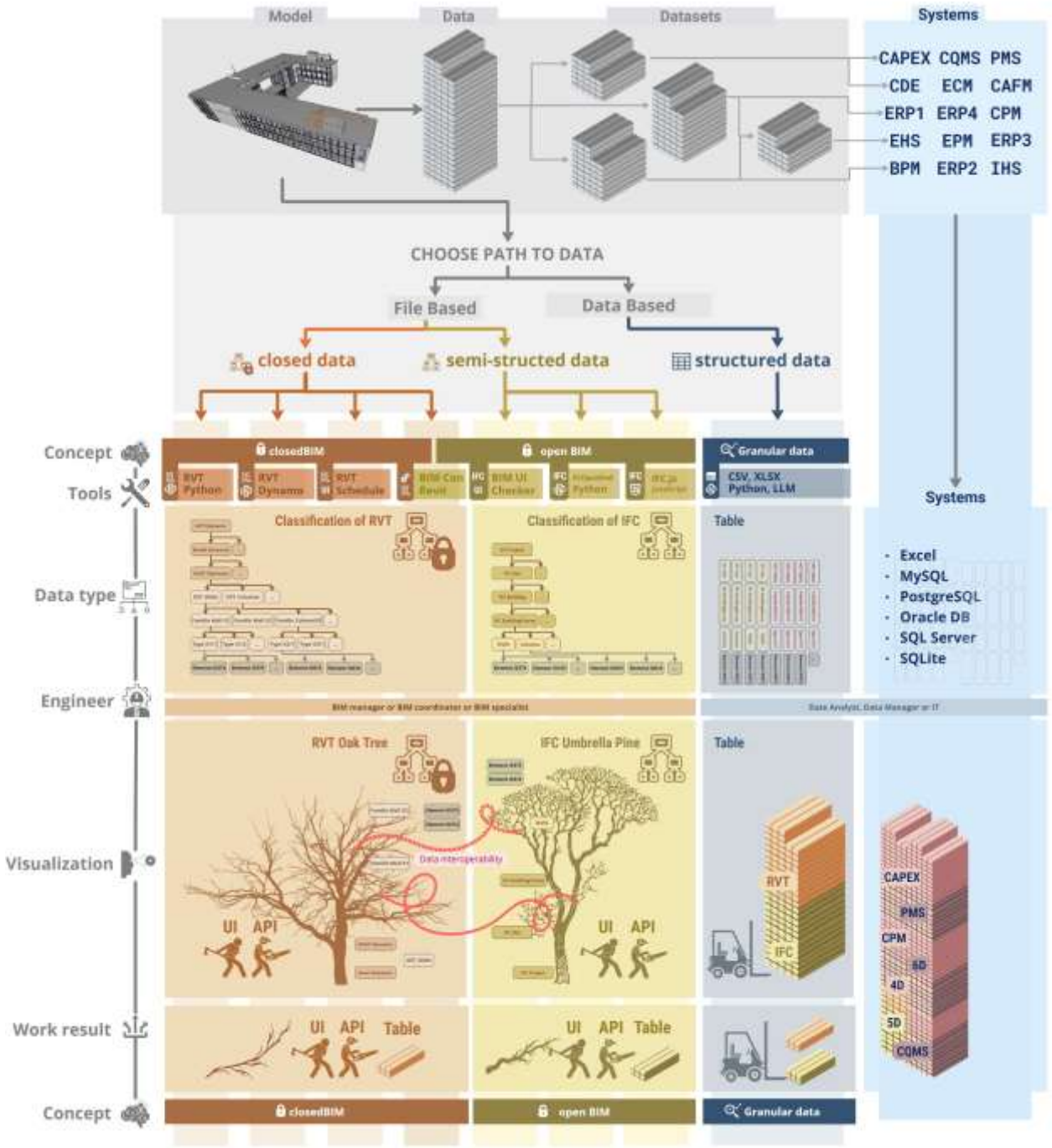
في تنسيقات خاصة للتصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، يتم جمع المعلومات حول خصائص وسمات عناصر المشروع في نظام تصنيف هرمي ، حيث توجد الكيانات ذات الخصائص المقابلة، مثل ثمرة شجرة الفاكهة، في أحدث عقد من فروع تصنيف البيانات (الشكل11-4.1).

يمكن استخراج البيانات من مثل هذه التسلسلات الهرمية بطريقتين: إما يدويًا، من خلال النقر على كل عقدة، كما لو كانت معالجة شجرة، وقطع الفروع المحددة من الفئات والأنواع بفأس. أو بدلاً من ذلك، يوفر استخدام واجهات برمجة التطبيقات (APIs) نهجًا آليًا أكثر كفاءة وأتمتة لاسترجاع البيانات وتجميعها، وتحويلها في النهاية إلى جدول منظم لاستخدامه في أنظمة أخرى.

يمكن استخدام أدوات مختلفة مثل Dynamo أو pyRvt أو PyRvt أو (Pandamo + Dynamo) Pandamo أو ACC أو الحلول مفتوحة المصدر ، مثل IfcOpSh أو IFCjs لتنسيق IFC ، لاستخراج جداول البيانات المنظمة من مشاريع (BIM) CAD.

تتيح أدوات تصدير البيانات الحديثة وأدوات التحويل الحديثة، من أجل تبسيط معالجة البيانات وإعدادها، فصل

محتويات نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب إلى مكونين رئيسيين: المعلومات الهندسية وبيانات السمات (الشكل13-4.1) - المعلومات الوصفية التي تصف خصائص عناصر التصميم (الشكل16-3.1). تبقى هاتان الطبقتان من البيانات مرتبطة من خلال معرّفات فريدة من نوعها، وبفضلها يمكن ربط كل عنصر مع وصف هندسي دقيق (عبر معلمات أو مضلعات) بسماته: الاسم، والمواد، ومرحلة الإنجاز، والتكلفة، وما إلى ذلك. يضمن هذا النهج سلامة النموذج ويسمح بالاستخدام المرن للبيانات سواء للتصور (بيانات النموذج الهندسي) أو للمهام التحليلية أو الإدارية (منظمة أو غير منظمة)، والعمل مع نوعي البيانات بشكل منفصل أو بالتوازي.



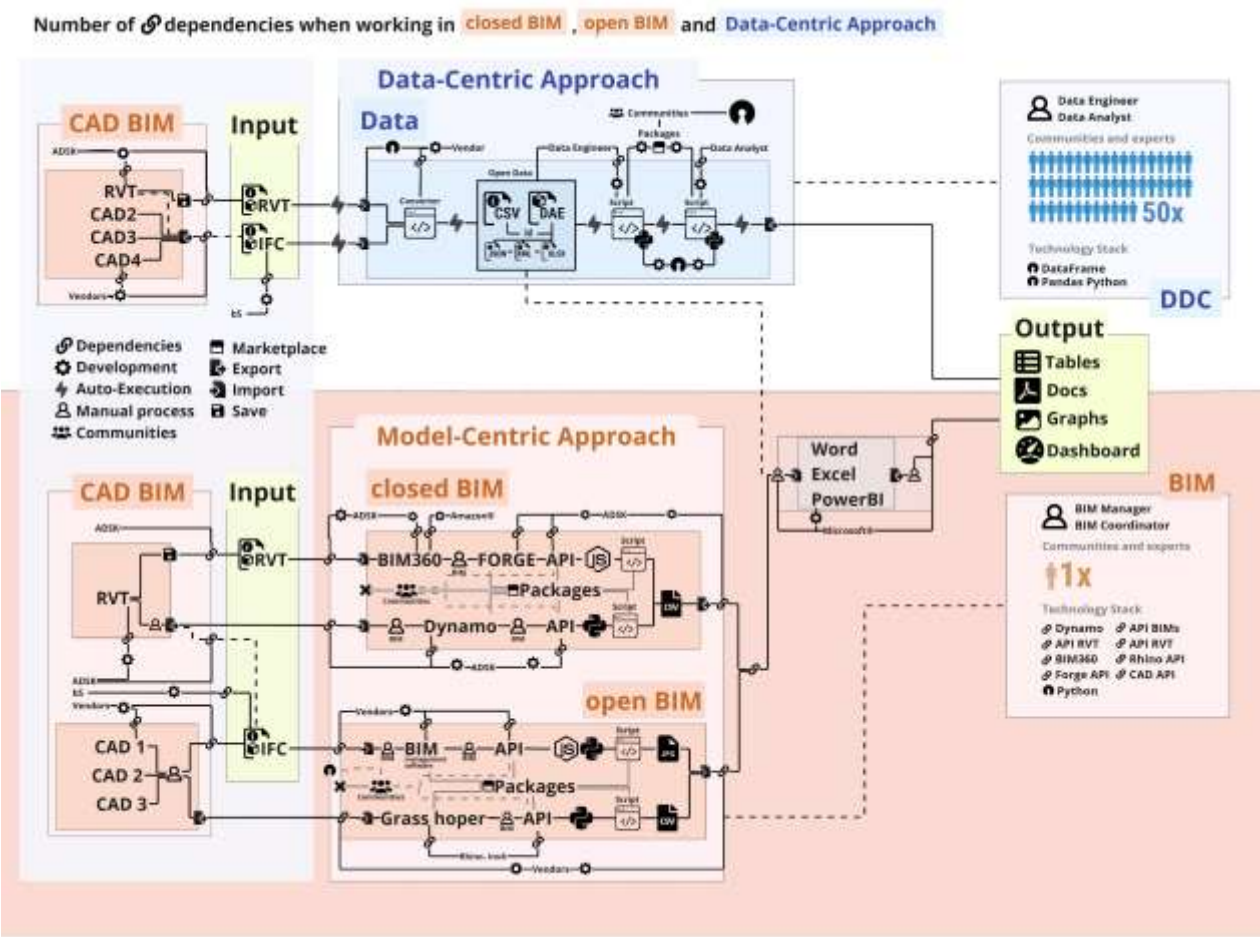
الشكل11-4.1 عرض المعلومات من قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) يتم تقديمها للمستخدم في شكل أشجار تصنيف.

مع تطور تقنيات الهندسة العكسية وظهور أدوات تطوير البرمجيات (مجموعة تطوير البرمجيات) لتحويل بيانات

التصميم بمساعدة الحاسوب - أصبح توافر البيانات وتحويلها من تنسيقات برامج التصميم بمساعدة الحاسوب المغلقة (BIM) أسهل بكثير. أصبح من الممكن الآن تحويل البيانات بشكل قانوني وآمن من التنسيقات المغلقة إلى تنسيقات عالمية مناسبة للتحليل والاستخدام في أنظمة أخرى. نوقش تاريخ أدوات الهندسة العكسية الأولى ("Open DWG") والصراع من أجل الهيمنة على تنسيقات بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب في الفصل "البيانات المهيكلة: أساس التحول الرقمي".

> تتيح أدوات الهندسة العكسية الاسترجاع الشرعي للبيانات من التنسيقات الخاصة المغلقة، مما يؤدي إلى تقسيم المعلومات من تنسيق CAD (BIM) المختلط إلى أنواع البيانات والتنسيقات التي يطلبها المستخدم، مما يسهل معالجتها وتحليلها.

وباستخدام الهندسة العكسية والوصول المباشر إلى المعلومات من قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوبيمكن الوصول إلى المعلومات، مما يتيح الوصول إلى البيانات المفتوحة والأدوات المفتوحة، بالإضافة إلى تحليل البيانات باستخدام أدوات قياسية، وبناء التقارير والتصورات والتكامل مع الأنظمة الرقمية الأخرى (الشكل12-4.1).



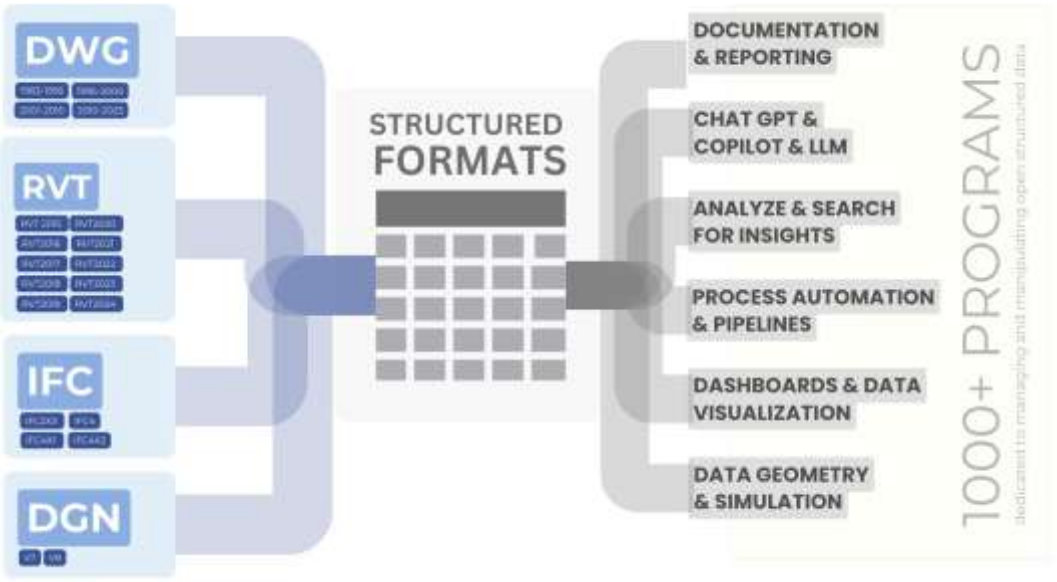
الشكل12-4.1 الوصول المباشر إلى بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب يقلل من الاعتماد على منصات البرمجيات ويتجه نحو نهج يركز على البيانات.

منذ عام 1996 بالنسبة لتنسيق DWG ، ومنذ عام 2008 بالنسبة لتنسيق DGN ومنذ عام 2018 بالنسبة لتنسيق RVT أصبح من الممكن تحويل تنسيقات بيانات CAD المغلقة في البداية إلى أي تنسيقات أخرى، بما في ذلك التنسيقات المهيكلة، بشكل ملائم وفعال بمساعدة أدوات الهندسة العكسية (الشكل13-4.1). واليوم، تستخدم جميع شركات CAD (BIM) والشركات الهندسية الكبرى في العالم تقريبًا أدوات الهندسة العكسية - أدوات الهندسة العكسية لاستخراج البيانات من تنسيقات بائعي CAD (BIM) المغلقة [92].

الشكل13-4.1 يسمح استخدام أدوات الهندسة العكسية بتحويل قواعد بيانات برنامج CAD (BIM) إلى أي نموذج بيانات مناسب.

ويؤدي تحويل البيانات من التنسيقات المغلقة المسجلة الملكية إلى تنسيقات مفتوحة وفصل تنسيقات CAD (BIM) المختلطة إلى بيانات السمات الهندسية والمعلومات الوصفية إلى تبسيط عملية العمل بها، مما يجعلها متاحة للتحليل والمعالجة والتكامل مع الأنظمة الأخرى (الشكل14-4.1).

في عملنا اليوم مع بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، وصلنا إلى مرحلة لا نحتاج فيها إلى طلب إذن من بائعي CAD (BIM) للوصول إلى المعلومات من تنسيقات CAD.



الشكل14-4.1 أدوات SDK الحديثة تسمح بالتحويل القانوني للبيانات من تنسيقات قواعد بيانات CAD الخاصة (BIM).

لا تزال الاتجاهات الحالية في معالجة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب تتشكل من قبل اللاعبين الرئيسيين في السوق - CAD - البائعين الذين يعملون على تعزيز مكانتهم في عالم البيانات وابتكار تنسيقات ومفاهيم جديدة.

يتجه بائعو حلول CAD نحو البيانات المهيكلة

اعتباراً من عام 2024 فصاعداً، تشهد صناعة التصميم والبناء تحولاً تكنولوجياً كبيراً في استخدام البيانات ومعالجتها. فبدلاً من الوصول المجاني إلى بيانات التصميم، يركز بائعو أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب على الترويج للمفاهيم الجديدة التالية. إن مناهج مثل BIM (التي تم إنشاؤها في عام 2002) و BIM المفتوحة (التي تم إنشاؤها في عام 2012) تفسح المجال تدريجيًا للحلول التكنولوجية الحديثة التي بدأ بائعو CAD في الترويج لها [93]:

- التحرك نحو استخدام البيانات "التفصيلية" التي تسمح بإدارة المعلومات بكفاءة والتحرك نحو تحليلات البيانات

- ظهور تنسيق بالدولار الأمريكي وتطبيق نهج نظام مكونات الكيانات (ECS) لتنظيم البيانات المرن
- الاستخدام الفعال للذكاء الاصطناعي في معالجة البيانات وأتمتة العمليات وتحليل البيانات
- تطوير قابلية التشغيل البيني - تحسين التفاعل بين البرامج والأنظمة وقواعد البيانات المختلفة

ستتم مناقشة كل جانب من هذه الجوانب بمزيد من التفصيل في الجزء السادس من الكتاب "CAD و BIM: التسويق والواقع ومستقبل بيانات التصميم في البناء". في هذا الفصل سوف نوجز بإيجاز فقط المتجه العام للتغيير: يسعى كبار بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب الآن إلى إعادة التفكير في طريقة تنظيم معلومات التصميم. ويتمثل أحد التحولات الرئيسية في التخلي عن نموذج التخزين الكلاسيكي القائم على الملفات لصالح بنية بيانات دقيقة وموجهة نحو التحليلات توفر وصولاً مستمراً إلى مكونات النموذج الفردية [93].

> وجوهر ما يحدث هو أن الصناعة تتخلص تدريجيًا من التنسيقات المرهقة والمتخصصة والمعيارية التي تتطلب نواة هندسية لصالح حلول أكثر عالمية وقابلة للقراءة الآلية ومرنة.

أحد محركات التغيير هذه هو تنسيق USD (الوصف العالمي للمشهد)، الذي تم تطويره في الأصل في صناعة رسومات الكمبيوتر، ولكنه معترف به بالفعل في التطبيقات الهندسية بفضل تطوير منصة NVIDIA Omniverse (وISAac Sim) للمحاكاة والتصورات [93]. وخلافًا للتنسيق البارامترى IFC ، يقدم الدولار الأمريكي بنية أبسط ويسمح بوصف خصائص الهندسة والكائنات بتنسيق JSON (الشكل15-4.1)، مما يسهل معالجة المعلومات ويسرع من تكاملها في العمليات الرقمية. يسمح التنسيق الجديد بتخزين الهندسة (بالإضافة إلى BREP -NURBS - مزيد من التفاصيل في الجزء السادس من الكتاب) في شكل مضلعات MESH، وخصائص الكائنات في JSON، مما يجعلها أكثر ملاءمة للعمليات الآلية والعمل في النظم الإيكولوجية السحابية [94].

ويستخدم بعض بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب وتخطيط موارد المؤسسات بالفعل تنسيقات مماثلة (مثل NWD وSVF وCP2 و CPIXML) ، ولكن معظمها لا يزال مغلقًا وغير متاح للاستخدام الخارجي، مما يحد من

إمكانيات تكامل البيانات وإعادة استخدامها. في هذا السياق، يمكن أن يلعب USD نفس الدور الذي لعبه DXF في وقته - بديل مفتوح للتنسيقات المسجلة الملكية مثل DWG.

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

الشكل15 - 4.1 - 4.1 تنسيق دولار أمريكي كمحاولة من بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب لتلبية الطلب على قابلية التشغيل البيني واستقلالية بيانات التصميم عن النواة الهندسية.

ويعكس انتقال المطورين الرئيسيين إلى صيغ مفتوحة ومبسطة بالدولار الأمريكي ، و GLTF ، و OBJ ، و XML (مغلقة NWD، و CP2، و SVF، و SVF2، و CPIXML) والصيغ المشابهة (الشكل3.1-17) الاتجاه العالمي وطلب الصناعة على تبسيط البيانات وزيادة إمكانية الوصول إليها. في السنوات القادمة، يمكننا أن نتوقع الابتعاد التدريجي عن المعايير والتنسيقات البارامترية المعقدة مع الاعتماد على النواة الهندسية لصالح حلول أخف وأكثر تنظيماً. سيؤدي هذا الانتقال إلى تسريع رقمنة صناعة الإنشاءات وتسهيل أتمتة العمليات وتبسيط تبادل البيانات.

على الرغم من الخطط الاستراتيجية لموردي CAD للترويج للتنسيقات المفتوحة الجديدة، يمكن لمحترفي صناعة البناء والتشييد أيضًا الوصول الكامل إلى البيانات من أنظمة CAD المغلقة، دون الحاجة إلى أدوات (BIM) CAD، وذلك باستخدام أدوات الهندسة العكسية.

تؤدي كل هذه الاتجاهات حتمًا إلى التحول من النماذج ثلاثية الأبعاد الضخمة والمتجانسة إلى بيانات عالمية ومنظمة وإلى استخدام تنسيقات أثبتت جدواها في صناعات أخرى منذ فترة طويلة. وبمجرد أن تبدأ فرق المشروع في رؤية نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب ليس فقط ككائنات مرئية أو مجموعة من الملفات، ولكن كقواعد بيانات تحتوي على المعرفة والمعلومات، يتغير نهج التصميم والإدارة بشكل كبير.

وبمجرد أن تتعلم الفرق كيفية استخراج البيانات المنظمة من المستندات والنصوص والرسومات ونماذج التصميم بمساعدة الحاسوب، والوصول إلى قواعد البيانات، فإن الخطوة الرئيسية التالية هي نمذجة البيانات وضمان الجودة. هذه الخطوة هي التي تحدد إلى حد كبير سرعة معالجة وتحويل المعلومات التي سيتم استخدامها في نهاية المطاف لاتخاذ القرارات في مهام تطبيقية محددة.

الفصل 4.2.

التصنيف والتكامل: لغة مشتركة لبيانات الإنشاءات

تعتمد سرعة اتخاذ القرار على جودة البيانات

تشهد بنية بيانات التصميم اليوم تغييرات جوهرية. فالصناعة تتحرك بعيداً عن النماذج الضخمة والمعزولة والتنسيقات المغلقة نحو هياكل أكثر مرونة وقابلة للقراءة الآلية تركز على التحليلات والتكامل وأتمتة العمليات. ومع ذلك، فإن الانتقال إلى التنسيقات الجديدة وحده لا يضمن الكفاءة - فجودة البيانات نفسها هي حتماً محور الاهتمام.

> في صفحات هذا الكتاب، نتحدث كثيرًا عن التنسيقات والأنظمة والعمليات. ولكن كل هذه الجهود لا معنى لها بدون عنصر أساسي واحد: البيانات التي يمكن الوثوق بها. جودة البيانات هي حجر الزاوية في الرقمنة، وهو ما سنعود إليه في الأجزاء التالية.

تستخدم شركات الإنشاءات الحديثة - خاصة الكبيرة منها - العشرات وأحيانًا الآلاف من الأنظمة وقواعد البيانات المختلفة (الشكل1-4.2). ولا يجب أن تمتلئ هذه الأنظمة بالمعلومات الجديدة على أساس منتظم فحسب، بل يجب أن تتفاعل أيضًا بشكل فعال مع بعضها البعض. يتم دمج جميع البيانات الجديدة التي يتم إنشاؤها نتيجة معالجة المعلومات الواردة في هذه البيئات وتعمل على حل مهام عمل محددة.

وفي حين كان كبار المديرين في الماضي يتخذون القرارات المتعلقة بمهام عمل محددة - ما يسمى بـ "كبار المديرين" (الشكل9-1 -2) - على أساس الخبرة والحدس، أصبح هذا النهج اليوم مع الزيادة الحادة في حجم المعلومات مثيراً للجدل. وتحل محلها التحليلات الآلية ، التي تعمل بالبيانات في الوقت الحقيقي.

ستتحول مناقشات العمليات التجارية "التقليدية - اليدوية" على المستوى التنفيذي نحو التحليلات التشغيلية ، الأمر الذي يتطلب استجابات سريعة لاستفسارات الأعمال.

إن العصر الذي كان فيه المحاسبون والمراقبون والمقدّرون التقارير التي يتم إنشاؤها يدويًا والجداول الموجزة وعروض بيانات المشروع على مدار أيام وأسابيع أصبح شيئًا من الماضي. واليوم، أصبحت سرعة وتوقيت اتخاذ القرار عاملاً رئيسياً في الميزة التنافسية.

الشكل4-1-2.4 تستغرق صناعة البناء والتشييد أيامًا لحساب واتخاذ القرارات، على عكس الصناعات الأخرى حيث يحدث ذلك في ساعات أو دقائق.

والفرق الرئيسي بين صناعة البناء والتشييد والصناعات الأكثر تقدماً من الناحية الرقمية (الشكل1-1-2-4) هو انخفاض مستوى جودة البيانات وتوحيدها. فالأساليب القديمة لتوليد المعلومات ونقلها ومعالجتها تبطئ العمليات وتؤدي إلى الفوضى. ويؤدي عدم وجود معايير موحدة لجودة البيانات إلى إعاقة تنفيذ الأتمتة الشاملة

> لا يزال أحد التحديات الرئيسية يتمثل في رداءة نوعية البيانات المدخلة، فضلاً عن عدم وجود عمليات رسمية لإعدادها والتحقق من صحتها. فبدون بيانات موثوقة ومتسقة، لا يمكن أن يكون هناك تكامل فعال بين الأنظمة. وهذا يؤدي إلى التأخير والأخطاء وزيادة التكاليف في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المشروع.

في الأقسام التالية من الكتاب، نتناول بالتفصيل كيف يمكنك تحسين جودة البيانات وتوحيد العمليات وتقصير الرحلة من المعلومات إلى بيانات عالية الجودة وموثوقة ومتسقة.

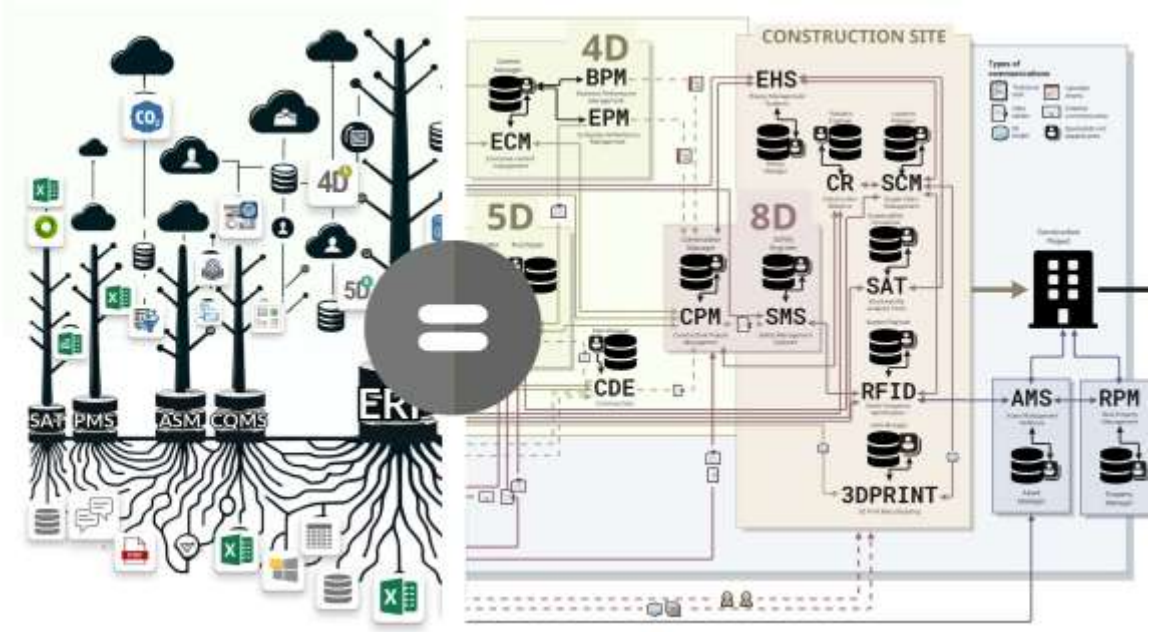
توحيد البيانات وتكاملها

تتطلب الإدارة الفعالة للبيانات استراتيجية واضحة للتوحيد القياسي. ولا يمكن أتمتة عملية التحقق من صحة البيانات وتقليل العمليات اليدوية وتسريع عملية اتخاذ القرارات المستنيرة في جميع مراحل المشروع إلا بوجود متطلبات واضحة لهيكل البيانات وجودتها.

في الممارسة اليومية، يتعين على شركة الإنشاءات معالجة مئات الملفات يوميًا: رسائل البريد الإلكتروني، ووثائق PDF ، وملفات التصميم بمساعدة الحاسوب، وبيانات من مستشعرات إنترنت الأشياء، والتي يجب دمجها في عمليات الشركة التجارية.

يجب أن تتعلم غابة النظام البيئي لقواعد البيانات والأدوات الخاصة بالشركة (الشكل2-2-4.2) كيفية استخلاص المغذيات من البيانات الواردة متعددة الأشكال من أجل تحقيق النتائج التي تريدها الشركة.

للتعامل بفعالية مع تدفق البيانات، لا تحتاج بالضرورة إلى توظيف جيش من المديرين، بل تحتاج أولاً إلى وضع متطلبات ومعايير صارمة للبيانات واستخدام الأدوات المناسبة للتحقق من صحتها ومواءمتها ومعالجتها تلقائيًا.



الشكل2-2-2-4 يتطلب ضمان وجود نظام بيئي سليم للشركة توفير الموارد اللازمة لأنظمتها بجودة عالية وفي الوقت المناسب.

من أجل أتمتة عملية التحقق من صحة البيانات ومواءمتها (من أجل التكامل التلقائي اللاحق) يجب البدء بوصف الحد الأدنى من متطلبات البيانات الضرورية لكل نظام محدد. وتحدد هذه المتطلبات:

- ما الذي تحتاج إلى الحصول عليه بالضبط؟
- في أي شكل (هيكل، شكل)؟
- ما هي السمات الإلزامية؟

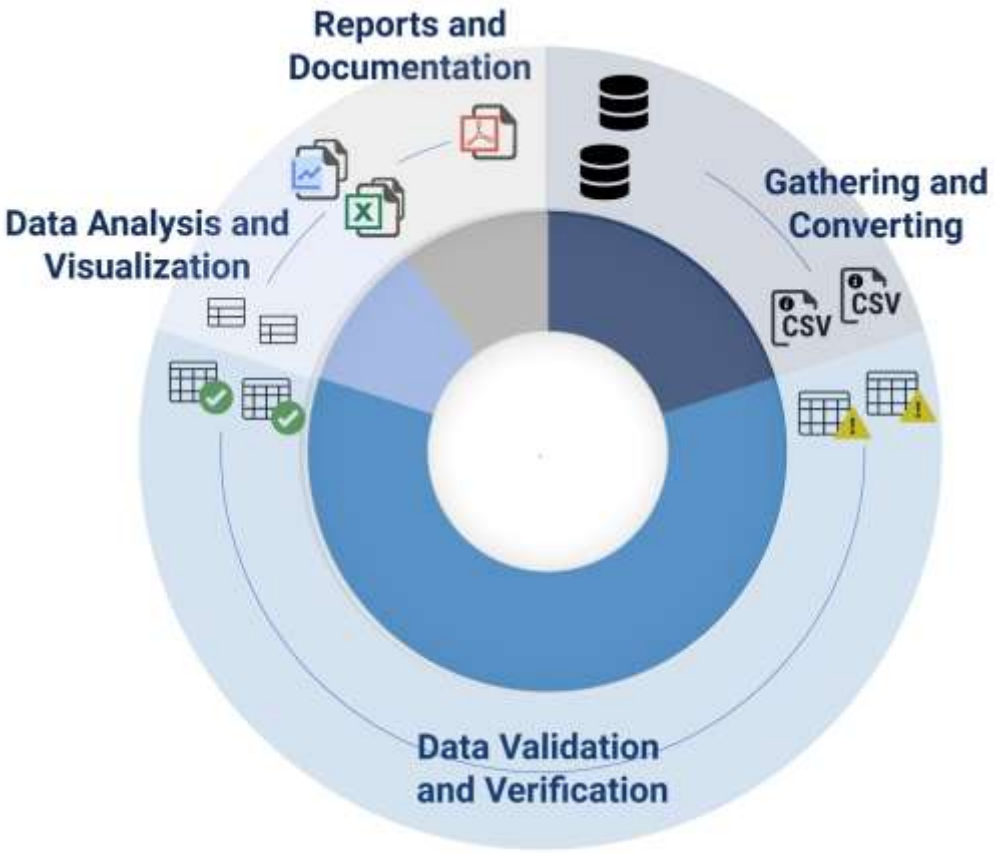
- ما هي التفاوتات المقبولة في الدقة والاكتمال؟

تصف **متطلبات البيانات** معايير جودة وهيكل واكتمال المعلومات الواردة والمعالجة. على سبيل المثال، بالنسبة للنصوص في ملفات PDF - المستندات، من المهم ضمان دقة التنسيق وفقًا لمعايير الصناعة (الشكل7.2-14 - الشكل7.2-16). يجب أن تحتوي الكائنات في CAD - النماذج على سمات صحيحة (الأبعاد، والرموز، والروابط إلى المصنفات) (الشكل7.3-9 ، الشكل7.3-10). وبالنسبة لعمليات مسح العقود، فإن التواريخ الواضحة والقدرة على استخراج المبلغ والمصطلحات الرئيسية تلقائيًا أمران مهمان (الشكل4.1-7 - الشكل4.1-10).

> تُعد صياغة متطلبات البيانات والتحقق من امتثالها تلقائيًا واحدة من أكثر الخطوات التي تستغرق وقتًا طويلاً ولكنها بالغة الأهمية. إنها الخطوة الأكثر استهلاكا للوقت في العمليات التجارية.

كما هو مذكور في الجزء الثالث من هذا الكتاب، فإن ما بين 50% و90% من وقت المتخصصين في مجال ذكاء الأعمال (BI) ينفق في إعداد البيانات وليس في تحليلها (الشكل3.2-5). تتضمن هذه العملية جمع البيانات والتحقق منها والتحقق من صحتها ومواءمتها وهيكلتها.

وفقًا لدراسة استقصائية أجريت عام 2016 [95]، ذكر علماء البيانات في مجموعة واسعة من المجالات الواسعة النطاق أنهم يقضون معظم وقت عملهم (حوالي 80%) في القيام بما لا يحبون القيام به (الشكل4.2-3): جمع مجموعات البيانات الموجودة وتنظيمها (توحيدها وهيكلتها). وبالتالي، يتبقى أقل من 20 في المائة من وقتهم للمهام الإبداعية، مثل إيجاد الأنماط والانتظامات التي من شأنها أن تؤدي إلى رؤى واكتشافات جديدة.



الشكل3-4.2 التحقق من وضمان جودة البيانات هي الخطوة الأكثر تكلفة واستهلاكًا للوقت والتعقيد في إعداد البيانات لدمجها في أنظمة أخرى.

تتطلب الإدارة الناجحة للبيانات في شركات الإنشاءات نهجًا شاملاً يتضمن تحديد بارامترات المهام وصياغة متطلبات جودة البيانات واستخدام الأدوات المناسبة للتحقق الآلي من صحة البيانات.

تبدأ قابلية التشغيل البيني الرقمي بالمتطلبات

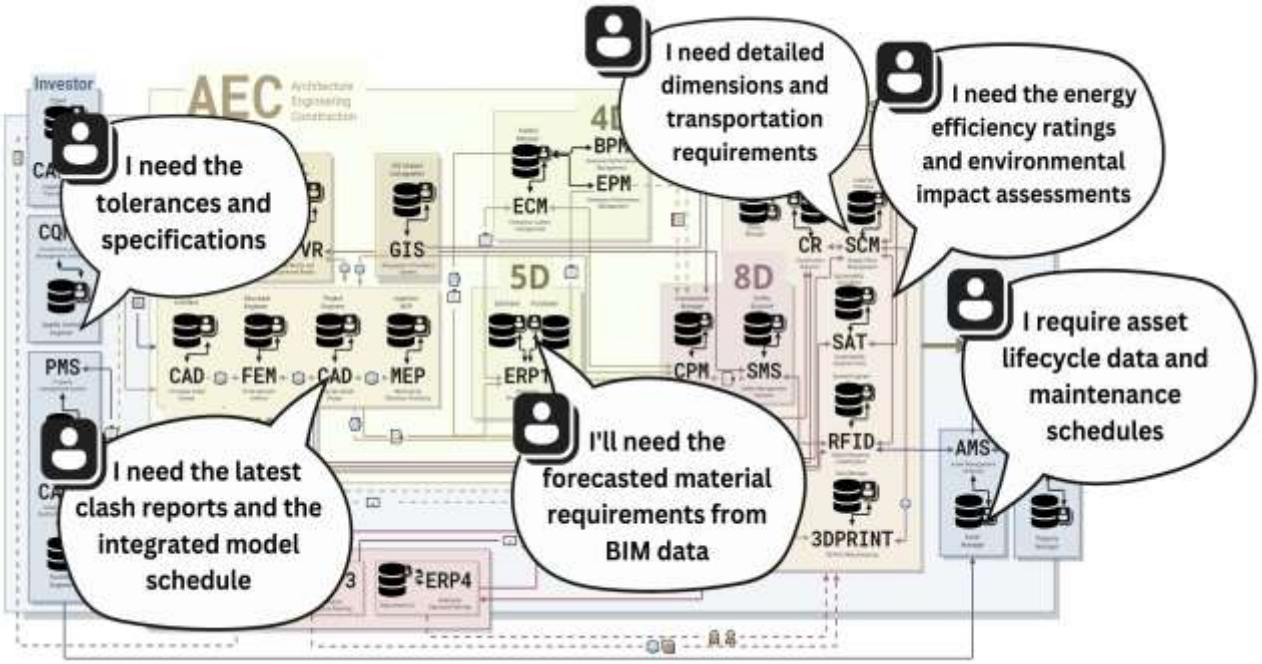
مع تزايد عدد الأنظمة الرقمية داخل الشركات، تزداد الحاجة إلى اتساق البيانات فيما بينها. وغالباً ما يجد المديرون المسؤولون عن أنظمة تكنولوجيا المعلومات المختلفة أنفسهم غير قادرين على مواكبة الحجم المتزايد للمعلومات وتنوع التنسيقات. في مثل هذه الظروف، يضطرون إلى الطلب من المتخصصين إنشاء البيانات في شكل مناسب للاستخدام

في التطبيقات والمنصات الأخرى.

وهذا بدوره يتطلب من المهندسين وموظفي توليد البيانات التكيف مع العديد من المتطلبات، وغالبًا ما يكون ذلك دون شفافية وفهم واضح لمكان وكيفية استخدام البيانات في المستقبل. يؤدي عدم وجود نهج موحد للتعامل مع المعلومات إلى عدم الكفاءة وزيادة التكاليف خلال مرحلة التحقق، والتي غالبًا ما تكون يدوية بسبب تعقيد البيانات وطبيعتها غير الموحدة.

> إن مسألة توحيد البيانات ليست مجرد مسألة ملاءمة أو أتمتة. إنها خسارة مالية مباشرة. فوفقًا لتقرير شركة IBM لعام 2016، تبلغ الخسارة السنوية الناجمة عن ضعف جودة البيانات في الولايات المتحدة 3.1 تريليون دولار [96]. بالإضافة إلى ذلك، تُظهر الدراسات التي أجراها معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وشركات استشارية تحليلية أخرى أن تكلفة ضعف جودة البيانات يمكن أن تصل إلى 15-25% من إيرادات الشركة [97].

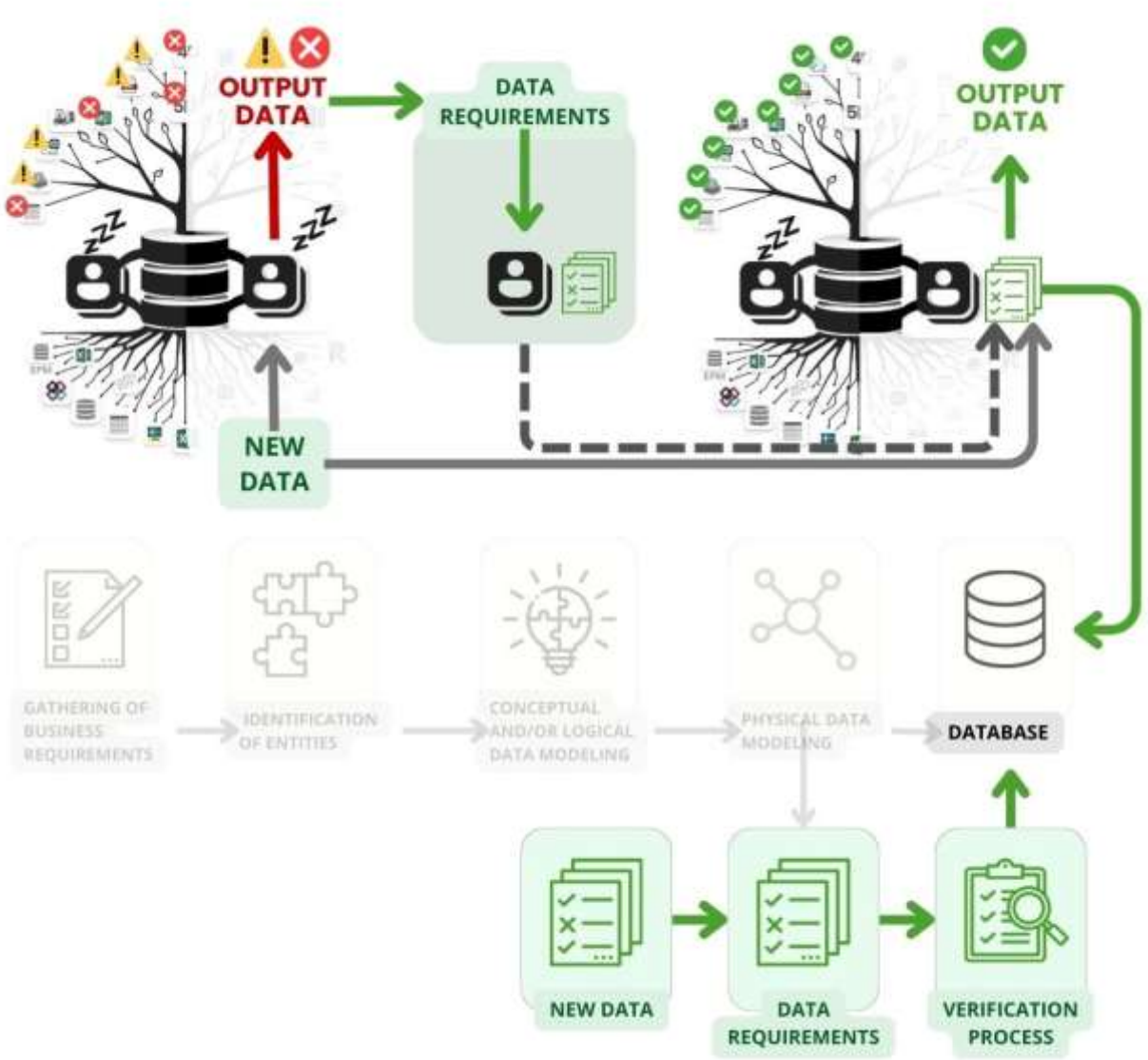
في ظل هذه الظروف، يصبح من الأهمية بمكان وجود متطلبات بيانات محددة بوضوح وأوصاف لماهية المعلمات وبأي شكل وبأي مستوى من التفاصيل التي يجب تضمينها في الكائنات التي تم إنشاؤها. وبدون إضفاء الطابع الرسمي على هذه المتطلبات، يستحيل ضمان جودة البيانات وتوافقها بين النظم ومراحل المشروع (الشكل4-2-4).



الشكل4-4-2-4 يقوم العمل التجاري على التفاعل بين أدوار مختلفة، يتطلب كل منها معايير وقيم معينة ذات أهمية بالغة لتحقيق أهداف العمل.

من أجل صياغة متطلبات البيانات الصحيحة ، تحتاج إلى فهم العمليات التجارية على مستوى البيانات. تختلف مشاريع الإنشاءات من حيث النوع والحجم وعدد المشاركين، ويتطلب كل نظام - سواء كان النمذجة (التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) (CAD))، أو الجدولة (ERP 4D)، أو تقدير التكاليف (ERP 5D) أو الخدمات اللوجستية (SCM) - معلمات فريدة خاصة به للمدخلات (عناصر كيان المدخلات).

وبناءً على هذه الاحتياجات، يجب على مديري الأعمال إما تصميم هياكل بيانات جديدة لتلبية المتطلبات أو تكييف الجداول وقواعد البيانات الموجودة. وستعتمد جودة البيانات التي يتم إنشاؤها بشكل مباشر على مدى دقة وصحة صياغة المتطلبات (الشكل5-4.2).



الشكل5-4-2.4 تعتمد جودة البيانات على جودة المتطلبات التي يتم إنشاؤها لحالات استخدام بيانات محددة.

نظرًا لأن كل نظام له متطلباته الخاصة من البيانات، فإن الخطوة الأولى في صياغة المتطلبات العامة هي تصنيف جميع العناصر المشاركة في العمليات التجارية. وهذا يعني الحاجة إلى تقسيم الكائنات إلى فئات ومجموعات من الفئات المقابلة لأنظمة أو مهام تطبيقية محددة. لكل مجموعة من هذه المجموعات، يتم تطوير متطلبات منفصلة لهيكل البيانات والسمات والجودة.

ولكن من الناحية العملية، يواجه تنفيذ هذا النهج تحدياً كبيراً يتمثل في عدم وجود لغة مشتركة لتجميع البيانات.

حيث تؤدي التصنيفات المتباينة والمعرّفات المكررة والتنسيقات غير المتوافقة إلى قيام كل شركة وكل برنامج وحتى كل مشروع بتشكيل نماذج وفئات بيانات خاصة به ومعزولة. والنتيجة هي "برج بابل" رقمي حيث يتطلب نقل المعلومات بين الأنظمة تحويلات متعددة إلى نماذج وفئات البيانات الصحيحة، وغالبًا ما يتم ذلك يدويًا. لا يمكن التغلب على هذا العائق إلا من خلال الانتقال إلى مصنفات عالمية ومجموعات موحدة من المتطلبات.

لغة مشتركة للبناء: دور المصنفات في التحول الرقمي

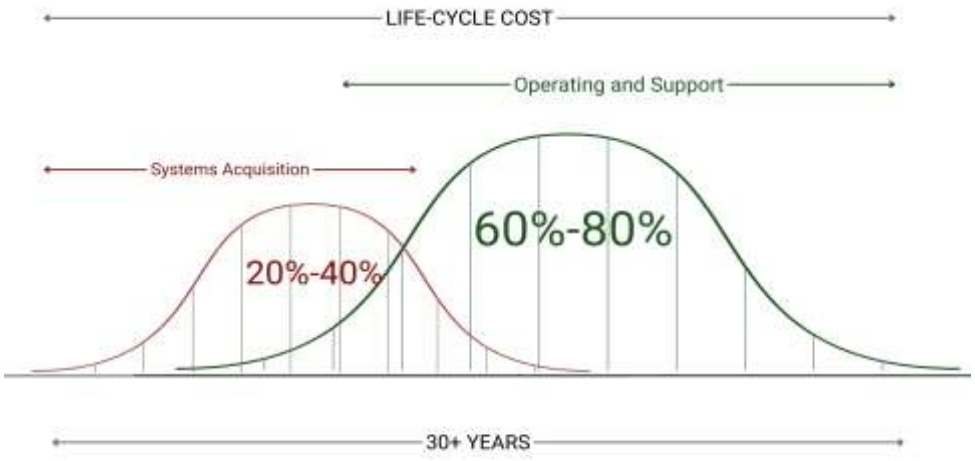
في سياق الرقمنة وأتمتة عمليات الفحص والمعالجة، تلعب أنظمة التصنيف دورًا خاصًا - نوعًا من "القواميس الرقمية" التي تضمن التوحيد في وصف الأشياء وتحديد معالمها. تشكل المصنفات "اللغة المشتركة" التي تسمح بتجميع البيانات حسب المعنى ودمج البيانات بين مختلف الأنظمة ومستويات الإدارة ومراحل دورة حياة المشروع.

ويتمثل التأثير الأكثر واقعية للمصنفات في اقتصاديات دورة حياة المبنى، حيث يتمثل الجانب الأكثر أهمية في تحسين تكاليف التشغيل على المدى الطويل. تشير الدراسات إلى أن تكاليف التشغيل تمثل ما يصل إلى 80٪ من التكلفة الإجمالية لملكية المبنى، وهي أعلى بثلاث مرات من تكاليف التشييد الأولية (الشكل4-2-6) [98]. وهذا يعني أن القرار بشأن التكاليف المستقبلية يتشكل إلى حد كبير في مرحلة التصميم

> هذا هو السبب في أن المتطلبات من مهندسي العمليات (RPM ، PMS ، AMS ، CAFM) يجب أن تصبح نقطة الانطلاق لتوليد متطلبات البيانات خلال مرحلة التصميم (الشكل4-2-1). ولا ينبغي النظر إلى هذه الأنظمة كمرحلة نهائية للمشروع، بل كجزء لا يتجزأ من النظام البيئي الرقمي للمشروع بأكمله، بدءًا من المفهوم وحتى التفكيك

المصنف الحديث ليس مجرد نظام من الرموز للتجميع. إنه آلية للتفاهم المتبادل بين المهندسين المعماريين

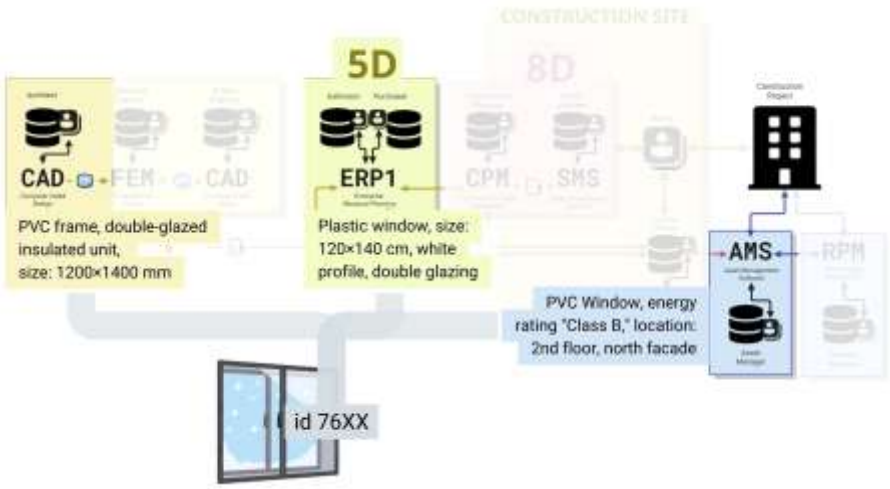
والمهندسين والمقدّرين واللوجستيين وخبراء الصيانة وأنظمة تكنولوجيا المعلومات. تماماً كما يجب أن يتعرف الطيار الآلي للسيارة على عناصر الطريق بشكل لا لبس فيه ودقيق، يجب على أنظمة البناء الرقمية ومستخدميها تفسير نفس عنصر المشروع بشكل لا لبس فيه للأنظمة المختلفة عبر فئة العنصر.



الشكل6-4-2-4 تتجاوز تكاليف التشغيل والصيانة تكلفة التشييد ثلاثة أضعاف، وتمثل 60-80% من إجمالي تكاليف دورة حياة المبنى (وفقًا لـ [99]).

يرتبط مستوى تطوير المصنفات ارتباطاً مباشراً بعمق رقمنة الشركة ونضجها الرقمي. تواجه المؤسسات ذات المستوى المنخفض من النضج الرقمي بيانات مجزأة وأنظمة معلومات غير متوافقة، ونتيجة لذلك، مصنفات غير متوافقة وغير فعالة. في مثل هذه الشركات، يمكن أن يكون لنفس العنصر في كثير من الأحيان معرّفات تجميع مختلفة في أنظمة مختلفة، مما يعيق بشكل حاسم التكامل النهائي ويجعل أتمتة العمليات مستحيلة.

على سبيل المثال، يمكن تسمية نفس النافذة في مشروع ما بشكل مختلف في نموذج CAD ، ونظام التقدير والصيانة (الشكل7-4.2) بسبب التصور متعدد الأبعاد للعناصر من قبل مختلف المشاركين في العملية. بالنسبة للمقدّر في عنصر فئة النافذة، فإن الحجم والتكلفة مهمان بالنسبة للمقدّر في عنصر فئة النافذة، وبالنسبة للمهندس المعماري - التوافر وقابلية الصيانة، وبالنسبة للمهندس المعماري - الخصائص الجمالية والوظيفية. ونتيجة لذلك، قد يتطلب العنصر نفسه معايير مختلفة.



الشكل7-4.2 مع التصنيف غير المتسق بين الأنظمة سيفقد العنصر بعض معلومات السمة في كل خطوة من خطوات انتقاله إلى نظام آخر.

نظراً لصعوبة تحديد تصنيف عناصر البناء بشكل لا لبس فيه، غالباً ما يقوم المتخصصون من مختلف المجالات بتعيين فئات غير متوافقة لنفس العنصر. وينتج عن ذلك فقدان رؤية موحدة للعنصر، مما يتطلب تدخلاً يدوياً لاحقاً لمواءمة أنظمة التصنيف المختلفة وتحقيق الاتساق بين الأنواع والفئات التي يحددها مختلف المتخصصين.

ونتيجة لعدم الاتساق هذا، فإن الوثائق التشغيلية التي يتلقاها قسم المشتريات (تخطيط موارد المؤسسات) عند شراء صنف من أصناف البناء من الشركة المصنعة لا يمكن ربطها في كثير من الأحيان بشكل صحيح بتصنيف ذلك الصنف في موقع البناء (نظام إدارة المشتريات ، نظام إدارة الأصول). ونتيجة لذلك، من غير المرجح أن يتم دمج المعلومات الهامة في نظم إدارة البنية التحتية والأصول (نظام إدارة المرافق، ونظام إدارة الأصول)، مما يخلق مشاكل خطيرة أثناء التشغيل التجريبي، وكذلك أثناء الصيانة اللاحقة (نظام إدارة الأصول، ونظام إدارة الأصول) أو استبدال العنصر.

في الشركات ذات النضج الرقمي العالي، تلعب المصنفات دور الجهاز العصبي الذي يوحد جميع تدفقات المعلومات. ويحصل العنصر نفسه على معرّف فريد، مما يسمح بنقله بين CAD ، وتخطيط موارد المؤسسات ، ونظام إدارة المعلومات الإدارية ونظام إدارة المحتوى في المؤسسة - الأنظمة ومصنفاتها دون تشويه أو ضياع.

لبناء مصنفات فعالة، تحتاج إلى فهم كيفية استخدام البيانات. قد يقوم نفس المهندس بتسمية وتصنيف عنصر ما بشكل مختلف في مشاريع مختلفة. فقط من خلال جمع إحصاءات الاستخدام على مر السنين يمكن تطوير نظام تصنيف مستقر. ويساعد التعلم الآلي في ذلك: حيث تقوم الخوارزميات بتحليل آلاف المشاريع (الشكل10-9.1)، وتحديد الفئات والمعايير المحتملة من خلال التعلم الآلي (الشكل6-10.1). يعتبر التصنيف الآلي ذا قيمة خاصة في البيئات التي يتعذر فيها التصنيف اليدوي بسبب حجم البيانات. ستكون أنظمة التصنيف الآلي قادرة على التمييز بين الفئات الأساسية بناءً على معلمات العناصر المملوءة بالحد الأدنى (مزيد من التفاصيل في الجزأين التاسع والعاشر من الكتاب).

تصبح أنظمة التصنيف المطورة محفزات لمزيد من الرقمنة، مما يخلق أساسًا لـ

- التقدير الآلي لتكاليف المشروع والجداول الزمنية.
- التحليل التنبؤي للمخاطر المحتملة والتعارضات المحتملة
- تحسين عمليات الشراء وسلاسل الخدمات اللوجستية
- إنشاء توائم رقمية للمباني والهياكل
- التكامل مع المدينة الذكية وأنظمة إنترنت الأشياء

> إن وقت التحول محدود، فمع تطور تقنيات التعلم الآلي والرؤية الحاسوبية، سيتم حل مشكلة التصنيف الآلي التي ظلت غير قابلة للحل لعقود من الزمن، في السنوات القادمة، وستواجه شركات البناء والتصميم التي تفشل في التكيف في الوقت المناسب خطر تكرار مصير أساطيل سيارات الأجرة التي أزاحتها المنصات الرقمية.

سيتم تناول المزيد حول أتمتة تقدير التكاليف والجدولة وكذلك البيانات الضخمة والتعلم الآلي في الجزأين الخامس والتاسع من الكتاب. ويناقش الجزء العاشر من الكتاب بالتفصيل خطر تكرار مصير أساطيل سيارات الأجرة وتوظيف أوبر في قطاع الإنشاءات.

لفهم الدور الرئيسي للمصنفات في التحول الرقمي لصناعة البناء والتشييد، من الضروري أن ننتقل إلى تاريخ تطورها. فالسياق التاريخي هو الذي يسمح لنا بإدراك كيفية تطور مناهج التصنيف والاتجاهات التي تحدد وضعها الحالي.

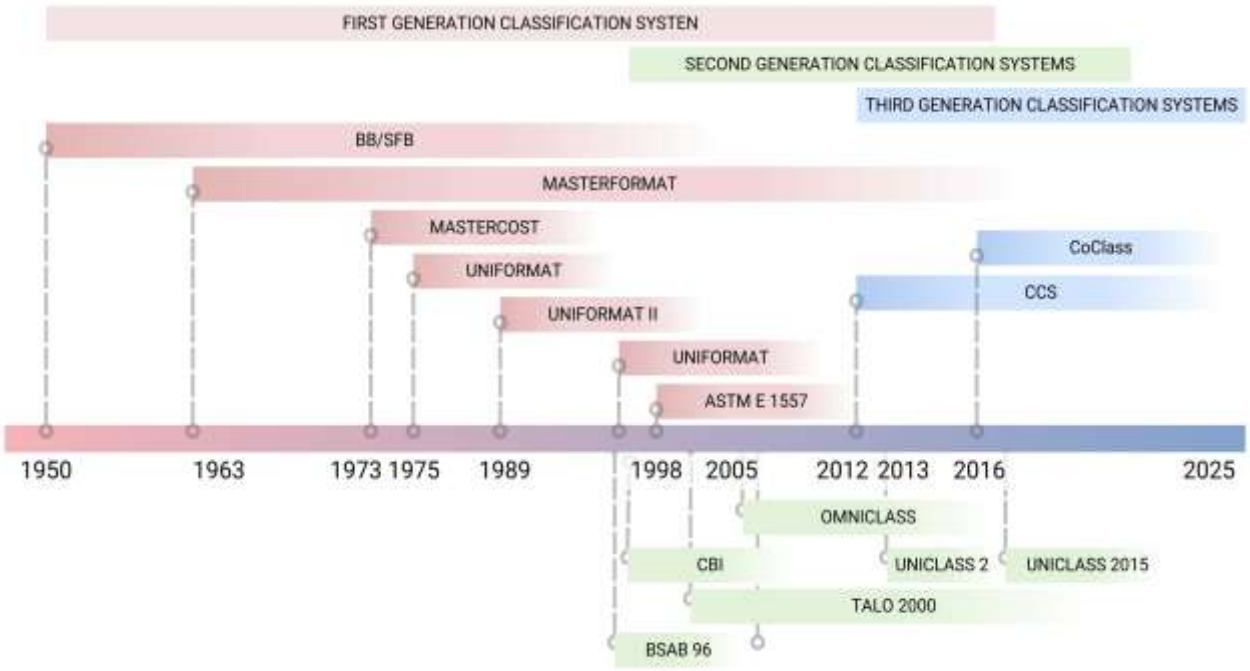
Masterformat و OmniClass و Uniclass و CoClass: تطور أنظمة التصنيف

تاريخيًا، تطورت عناصر البناء ومصنفات العمل في ثلاثة أجيال، يعكس كل منها مستوى التكنولوجيا المتاحة والاحتياجات الحالية للصناعة في فترة زمنية معينة (الشكل4.2-8):

- **الجيل الأول** (أوائل الخمسينيات إلى أواخر الثمانينيات) - الدلائل الورقية، المصنفات الهرمية المستخدمة محليًا (مثل SfB ،Masterformat).
- **أما الجيل الثاني** (أواخر التسعينيات إلى منتصف 2010) فهو عبارة عن جداول بيانات وقواعد بيانات منظمة

يتم تنفيذها في Excel و Access (ASTM E 1557، أومني كلاس ، Uniclass 1997).

- **الجيل الثالث** (من عام 2010 إلى الوقت الحاضر) - الخدمات الرقمية وواجهات برمجة التطبيقات - الواجهات، التكامل مع التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) ، الأتمتة (CoClass، Uniclass 2015).



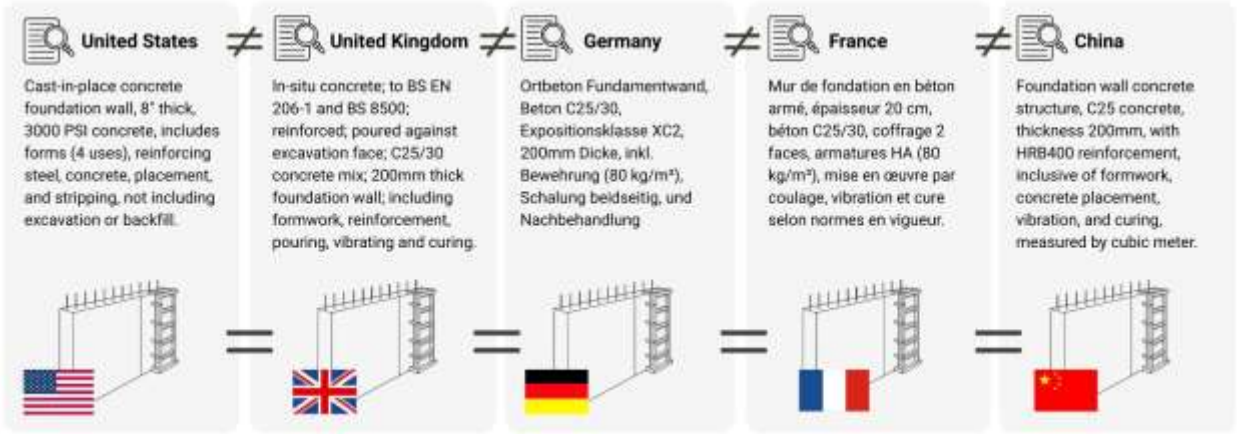
الشكل8-4.2 ثلاثة أجيال من مصنفات صناعة البناء.

على مدى العقود الماضية كان هناك انخفاض في التعقيد الهرمي (الشكل9-4.2) للمصنفات: في حين أن الأنظمة القديمة مثل OmniClass ، استخدمت ما يصل إلى 7 مستويات من التداخل لوصف 6887 فئة، فإن الحلول الحديثة مثل CoClass تقتصر على 3 مستويات مع 750 فئة. هذا يجعل من السهل العمل مع البيانات مع الحفاظ على التفصيل اللازم. يجمع يونيكلاس 2015، الذي يُستخدم غالبًا كمعيار في المملكة المتحدة، بين 7210 فئة في 4 مستويات فقط، مما يجعله مناسبًا لمشاريع CAD والمشتريات العامة.

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

الشكل9-4.2 مع كل جيل جديد من المصنفات، يتناقص تعقيد التصنيف بشكل كبير.

وفي نظم تقدير البناء في مختلف البلدان، وبسبب الاختلافات في التصنيفات، يمكن وصف عنصر نموذجي مثل جدار الأساس الخرساني بطرق مختلفة جداً (الشكل10-2-4). وتعكس هذه الاختلافات ممارسات البناء الوطنية، ونظم القياس المستخدمة، ونهج تصنيف المواد، والمتطلبات التنظيمية والفنية المعمول بها في كل بلد.



الشكل10-4.2 يتم استخدام نفس العنصر في المشاريع في بلدان مختلفة من خلال أوصاف وتصنيفات مختلفة.

ويؤدي تنوع التصنيفات لنفس العناصر إلى تعقيد التعاون الدولي ويجعل مقارنة التكلفة ونطاق العمل ضمن المشاريع الدولية مستهلكاً للوقت وأحياناً شبه مستحيل. وفي الوقت الراهن، لا يوجد تصنيف عالمي واحد على المستوى العالمي - فكل بلد أو منطقة تضع أنظمتها الخاصة بها استناداً إلى المعايير المحلية واللغة وثقافة العمل:

- **نظام تصنيف التكاليف** (الدانمرك): نظام تصنيف التكاليف - نظام لتصنيف التكاليف التكاليف طوال دورة حياة المرفق (التصميم، البناء، التشغيل). وينصب التركيز على منطق التشغيل والصيانة، ولكنه يشمل أيضاً

إدارة الميزانية والموارد.

- **NS 3451** (النرويج): يصنف المرافق حسب الوظيفة وعناصر التصميم ومراحل دورة الحياة. يستخدم لإدارة المشاريع وتقدير التكاليف والتخطيط طويل الأجل.
- **MasterFormat** (الولايات المتحدة الأمريكية): نظام لهيكلة مواصفات البناء إلى أقسام (مثل الخرسانة والكهرباء والتشطيبات). التركيز على التخصصات وأنواع العمل بدلاً من العناصر الوظيفية (على عكس UniFormat).
- **يونيكلاس 2** (المملكة المتحدة): أحد أكثر المصنفات تفصيلاً، ويستخدم في المشتريات العامة ومشاريع نمذجة معلومات المباني. يوحّد البيانات المتعلقة بالأشياء والأعمال والمواد والمساحات في نظام واحد.
- **أومني كلاس**: معيار دولي (تم تطويره من قبل CSI في الولايات المتحدة الأمريكية) لإدارة معلومات الكائنات من مكتبات المكونات إلى المواصفات الإلكترونية. مناسبة لتخزين البيانات على المدى الطويل، ومتوافقة مع (BIM) CAD والأدوات الرقمية الأخرى.
- COBie: تبادل معلومات البناء والتشغيل: تبادل معلومات البناء والتشغيل هو معيار دولي لتبادل البيانات بين مراحل التصميم والبناء والتشغيل. تم تضمينه في BS 1192-4:2014 كجزء من مفهوم "BIM - نموذج جاهز للاستخدام". يركز على نقل المعلومات (على سبيل المثال مواصفات المعدات والضمانات وجهات اتصال المقاول).

ومن المرجح أن تؤدي عولمة صناعة التشييد إلى توحيد تدريجي لنظم تصنيف عناصر البناء، مما سيقلل إلى حد كبير من الاعتماد على المعايير الوطنية المحلية. وقد تتطور هذه العملية على غرار تطور الاتصالات عبر الإنترنت، حيث حلت بروتوكولات نقل البيانات العالمية في نهاية المطاف محل التنسيقات المحلية المتباينة، مما يضمن قابلية التشغيل البيني للنظم على الصعيد العالمي.

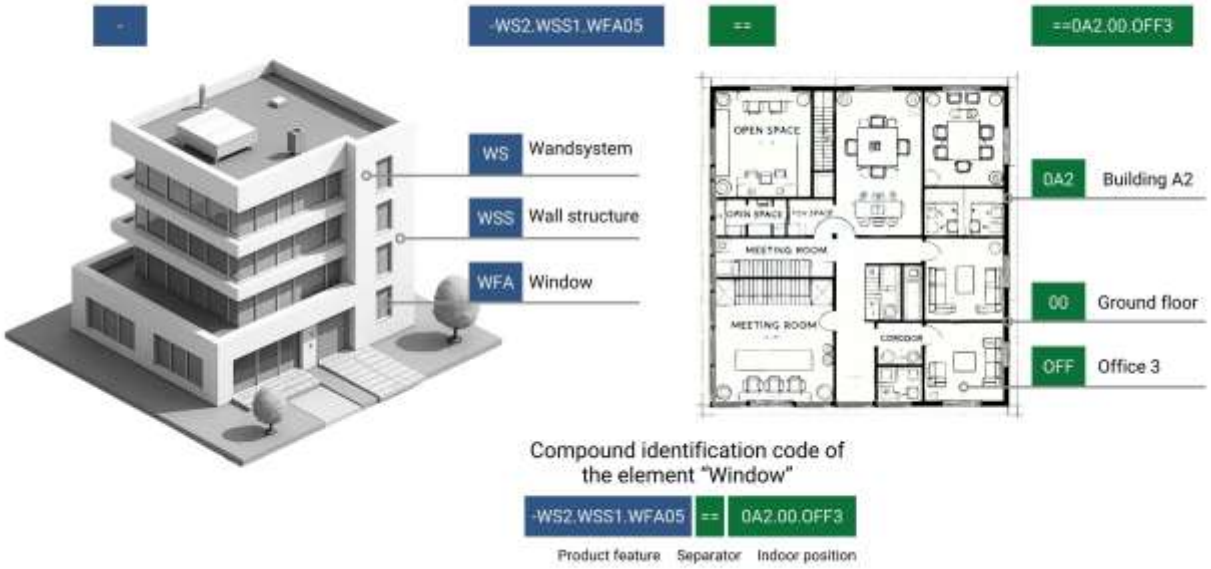
قد يكون مسار التطوير البديل هو الانتقال المباشر إلى أنظمة التصنيف الآلي القائمة على تقنيات التعلم الآلي.

وهذه التكنولوجيات، التي يجري تطويرها اليوم بشكل رئيسي في مجال النقل المستقل، تنطوي على إمكانات كبيرة للتطبيق على مجموعات كبيرة من بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (الشكل6-10.1).

> لا يقتصر الوضع اليوم على التجميع الوطني للمصنفات فقط. فبسبب الخصائص العديدة التي لا تؤخذ في الاعتبار على المستوى الوطني، يتعين على كل شركة توحيد وتوحيد فئات العناصر والموارد التي تعمل بها.

وكقاعدة عامة، تبدأ هذه العملية على نطاق ضيق - بجداول محلية للعناصر أو أنظمة تصنيف داخلية. ومع ذلك، فإن الهدف الاستراتيجي هو الانتقال إلى لغة مشتركة لوصف جميع العناصر، والتي من شأنها أن تكون مفهومة ليس فقط داخل الشركة، ولكن أيضًا خارجها - من الناحية المثالية، منسقة مع المصنفات الدولية أو الصناعية (الشكل8-4.2). يسهّل هذا النهج التكامل مع الشركاء الخارجيين والأنظمة الرقمية ويعزز تشكيل عمليات موحدة من البداية إلى النهاية ضمن دورة حياة العناصر.

قبل الانتقال إلى الأتمتة وأنظمة تكنولوجيا المعلومات القابلة للتطوير، من الضروري إما استخدام مصنفات على المستوى الوطني أو بناء هيكلية تعريف العناصر الخاصة بك، منطقية وغير غامضة. يجب وصف كل عنصر - سواء أكان نافذة (الشكل11-4.2) أو بابًا أو نظامًا هندسيًا - بطريقة يمكن التعرف عليه بشكل لا لبس فيه في أي نظام رقمي للشركة. وهذا أمر بالغ الأهمية في الانتقال من الرسومات المسطحة إلى النماذج الرقمية، التي تغطي كلاً من مرحلة التصميم وتشغيل المباني.



الشكل11-4.2 11-4.2 مثال على معرّف عنصر النافذة المركبة للمبنى بناءً على تصنيف وموقعه في المبنى.

يمكن أن يكون أحد الأمثلة على المصنفات الداخلية هو وضع رمز تعريف مركب (الشكل11-4.2). ويجمع مثل هذا الرمز بين عدة مستويات من المعلومات: الغرض الوظيفي للعنصر (على سبيل المثال، "نافذة في الجدار")، ونوعه، والمرجع المكاني الدقيق - المبنى A2، الطابق 0، الغرفة 3. يسمح هذا الهيكل متعدد المستويات بإنشاء نظام موحد للتنقل عبر النماذج الرقمية والتوثيق، خاصة في مراحل التحقق من البيانات وتحويلها، حيث يلزم تجميع العناصر بشكل لا لبس فيه. ويضمن التعرف على العناصر التي لا لبس فيها الاتساق بين الأقسام ويقلل من مخاطر الازدواجية والأخطاء وفقدان المعلومات.

إن المصنف الجيد البناء ليس مجرد وثيقة تقنية، بل هو أساس النظام البيئي الرقمي للشركة:

- يضمن توافق البيانات بين الأنظمة;
- يقلل من تكلفة البحث عن المعلومات ومعالجتها;
- يزيد من الشفافية وسهولة الإدارة;

- إنشاء أساس للتوسع والأتمتة.

يصبح الوصف الموحّد للأشياء، من خلال استخدام المصنفات الوطنية أو رموز التعريف المركبة الخاصة بها، أساسًا لبيانات متسقة، تبادل المعلومات الموثوق به والتنفيذ اللاحق للخدمات الذكية - من المشتريات الآلية إلى التوائم الرقمية.

بعد الانتهاء من مرحلة هيكلة البيانات متعددة التنسيقات واختيار المصنف الذي سيتم استخدامه للتعرف على العناصر وتجميعها، فإن الخطوة التالية هي نمذجة البيانات بشكل صحيح. تتضمن هذه العملية تحديد المعلمات الرئيسية وبناء هيكل منطقي للبيانات ووصف العلاقات بين العناصر.

الفصل 4.3.

نمذجة البيانات ومركز التميز

نمذجة البيانات: النموذج المفاهيمي والمنطقي والمادي

إن الإدارة الفعّالة للبيانات (التي قمنا بتنظيمها وتصنيفها في وقت سابق) مستحيلة دون وجود هيكل تخزين ومعالجة مدروس جيدًا. ولضمان الوصول إلى المعلومات واتساق المعلومات في مرحلتي التخزين والمعالجة، تستخدم الشركات نمذجة البيانات، وهي منهجية تسمح لها بتصميم الجداول وقواعد البيانات والروابط بينها وفقاً لمتطلبات العمل.

> نمذجة البيانات هي الأساس الذي يُبنى عليه أي نظام بيئي رقمي. فبدون وصف للأنظمة والمتطلبات ونمذجة البيانات، لا يعرف المهندسون والمهنيون الذين ينشئون البيانات أو يفهمون أين سيتم استخدام البيانات التي ينشئونها.

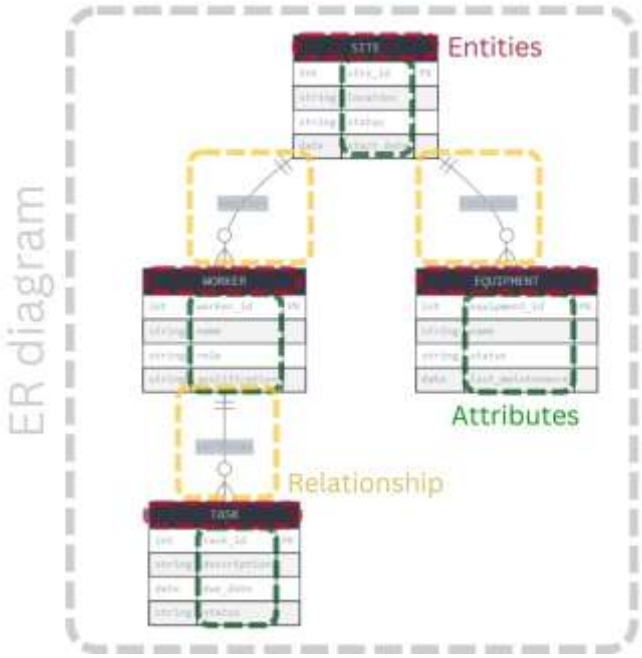
مثل بناء مبنى، حيث لا يمكنك البدء في وضع الطوب دون خطة، فإن إنشاء نظام مستودع بيانات يتطلب فهماً واضحاً للبيانات التي سيتم استخدامها، وكيف سيتم ربطها، ومن سيعمل بها. فبدون وصف للعمليات والمتطلبات، يفقد المهندسون والمحترفون الذين يقومون بإنشاء البيانات رؤية أين وكيف سيتم استخدام البيانات في المستقبل.

يعمل نموذج البيانات كجسر بين الأعمال وتكنولوجيا المعلومات. فهو يسمح بإضفاء الطابع الرسمي على المتطلبات ، وتنظيم المعلومات وتسهيل التواصل بين أصحاب المصلحة. وبهذا المعنى، فإن نمذجة البيانات تشبه عمل المهندس المعماري الذي يقوم، وفقًا لخطة العميل، بتطوير خطة بناء ثم يمررها إلى البنائين - مسؤولي قواعد

البيانات والمطورين - للتنفيذ (إنشاء قاعدة البيانات).

وبالتالي، يجب على كل شركة بناء، بالإضافة إلى هيكلة العناصر والموارد وتصنيفها (الشكل4.2-11)، أن تتقن فن "بناء" قواعد البيانات (الجداول) وتعلم كيفية إنشاء روابط بينها، كما لو أنها تربط بين اللبنات في جدار معرفي موثوق وقوي من بيانات الشركة. وتشمل المفاهيم الرئيسية في نمذجة البيانات (الشكل4.3-1) ما يلي:

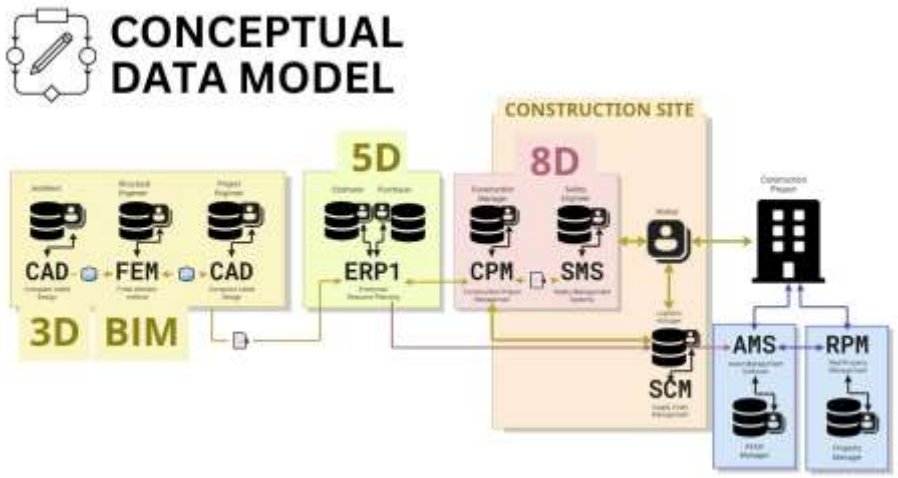
- **الكيانات** هي العناصر التي يجب جمع البيانات حولها. في مرحلة التصميم المبكرة، يمكن أن يكون الكيان عنصراً واحداً (مثل "الباب")، وفي نموذج التقدير يمكن أن يكون مجموعة من العناصر المصنفة (مثل "الأبواب الداخلية").
- **السمات** هي خصائص الكيانات التي تصف تفاصيل مهمة: الأبعاد والخصائص وتكاليف التجميع والخدمات اللوجستية وغيرها من المعلمات.
- **العلاقات (الروابط)** - توضح كيفية تفاعل الكيانات مع بعضها البعض. يمكن أن تكون من أحد الأنواع: "من واحد إلى واحد"، "من واحد إلى واحد"، "من كثيرين إلى كثيرين".
- **مخططات ER** (مخططات الكيانات والعلاقات) هي مخططات مرئية تُظهر الكيانات والسمات والعلاقات بينها. يمكن أن تكون مخططات ER-مخططات ER-مخططات مفاهيمية ومنطقية ومادية - كل منها يعكس مستوى مختلف من التفاصيل.



الشكل1 - 4.3 - 4.3 مخطط ER لهيكل قاعدة بيانات مفاهيمية مع الكيانات والسمات والعلاقات.

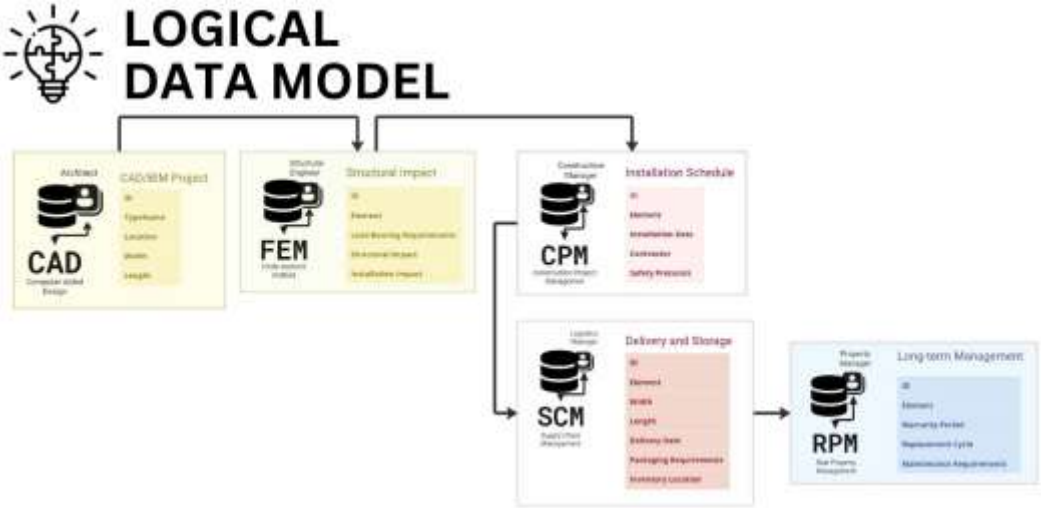
تنقسم عملية تصميم البيانات وتحديد العلاقات بينها تقليدياً إلى ثلاثة نماذج رئيسية. يؤدي كل منها وظائف معينة، تختلف في مستوى التفاصيل ودرجة التجريد في تمثيل بنية البيانات:

- **نموذج البيانات المفاهيمية**: يصف هذا النموذج الكيانات الرئيسية وعلاقاتها دون الخوض في تفاصيل السمات. ويستخدم عادةً في المراحل الأولية للتخطيط. في هذه المرحلة يمكننا الرسم من قواعد البيانات والأنظمة لإظهار العلاقة بين الأقسام المختلفة والمتخصصين.



الشكل2-3-4 يصف الرسم البياني المفاهيمي محتوى النظام: تمثيل عالي المستوى للعلاقات، دون تفاصيل فنية.

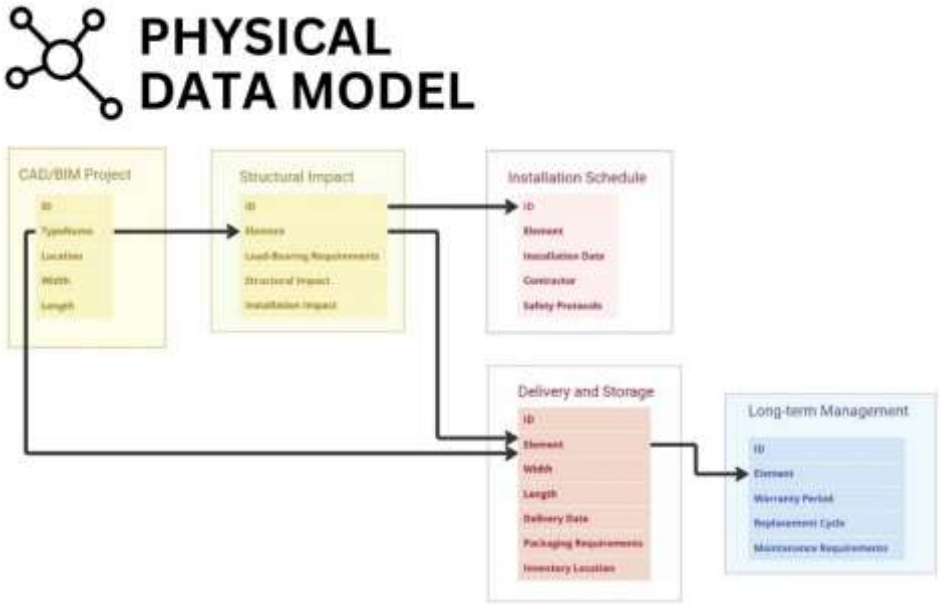
- **نموذج البيانات المنطقية**: استنادًا إلى النموذج المفاهيمي، يتضمن نموذج البيانات المنطقية وصفًا تفصيليًا للكيانات والسمات والمفاتيح والعلاقات، وتعيين معلومات وقواعد العمل.



الشكل3-3-4 نموذج البيانات المنطقية تفاصيل أنواع البيانات والعلاقات والمفاتيح، ولكن بدون تنفيذ النظام.

- **نموذج البيانات المادية**: يصف هذا النموذج الهياكل اللازمة لتنفيذ قاعدة البيانات، بما في ذلك الجداول والأعمدة والعلاقات. ويركز على أداء قاعدة البيانات واستراتيجيات الفهرسة والتخزين المادي لتحسين النشر

المادي لقواعد البيانات.



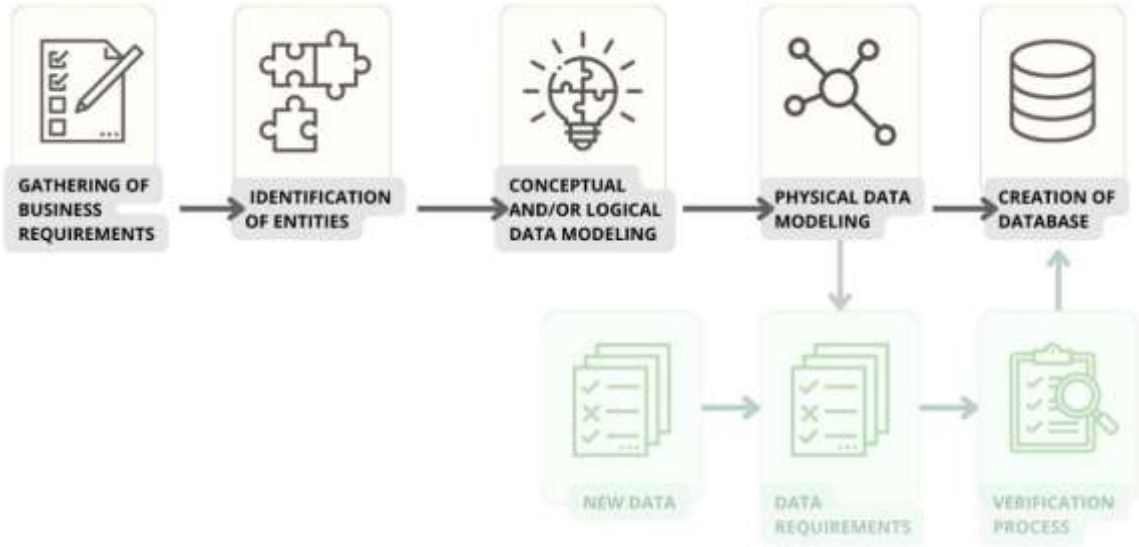
الشكل4-4.3 يحدد نموذج البيانات الفعلية كيفية تنفيذ النظام، بما في ذلك الجداول والتفاصيل المحددة لقاعدة البيانات.

> عند تصميم قواعد البيانات وتصميم العلاقات المجدولة، يلعب فهم مستويات التجريد دورًا رئيسيًا في بناء بنية نظام فعالة.

تسمح لك منهجية فعالة لنمذجة البيانات بالجمع بين أهداف العمل والتنفيذ التقني، مما يجعل سلسلة العمليات بأكملها أكثر شفافية وقابلة للإدارة. ونمذجة البيانات ليست مهمة لمرة واحدة، بل هي عملية تنطوي على خطوات متسلسلة (الشكل5-4.3):

- **جمع متطلبات العمل:** يتم تحديد المهام الرئيسية والأهداف وتدفق المعلومات. هذه هي مرحلة التفاعل النشط مع الخبراء والمستخدمين.
- **تحديد الكيانات:** يتم تسليط الضوء على الكائنات والفئات وأنواع البيانات الرئيسية التي من المهم أخذها في الاعتبار في النظام المستقبلي.

- **تطوير نموذج مفاهيمي ومنطقي:** أولاً يتم تسجيل الكيانات الرئيسية وعلاقاتها، ثم السمات والقواعد والهيكل التفصيلي.
- **النمذجة المادية:** تم تصميم التنفيذ التقني للنموذج: الجداول، والحقول، والعلاقات، والقيود، والفهارس.
- **إنشاء قاعدة البيانات:** تتمثل الخطوة الأخيرة في تنفيذ النموذج المادي في نظام إدارة قواعد البيانات المختار، وإجراء الاختبار والاستعداد للتشغيل.



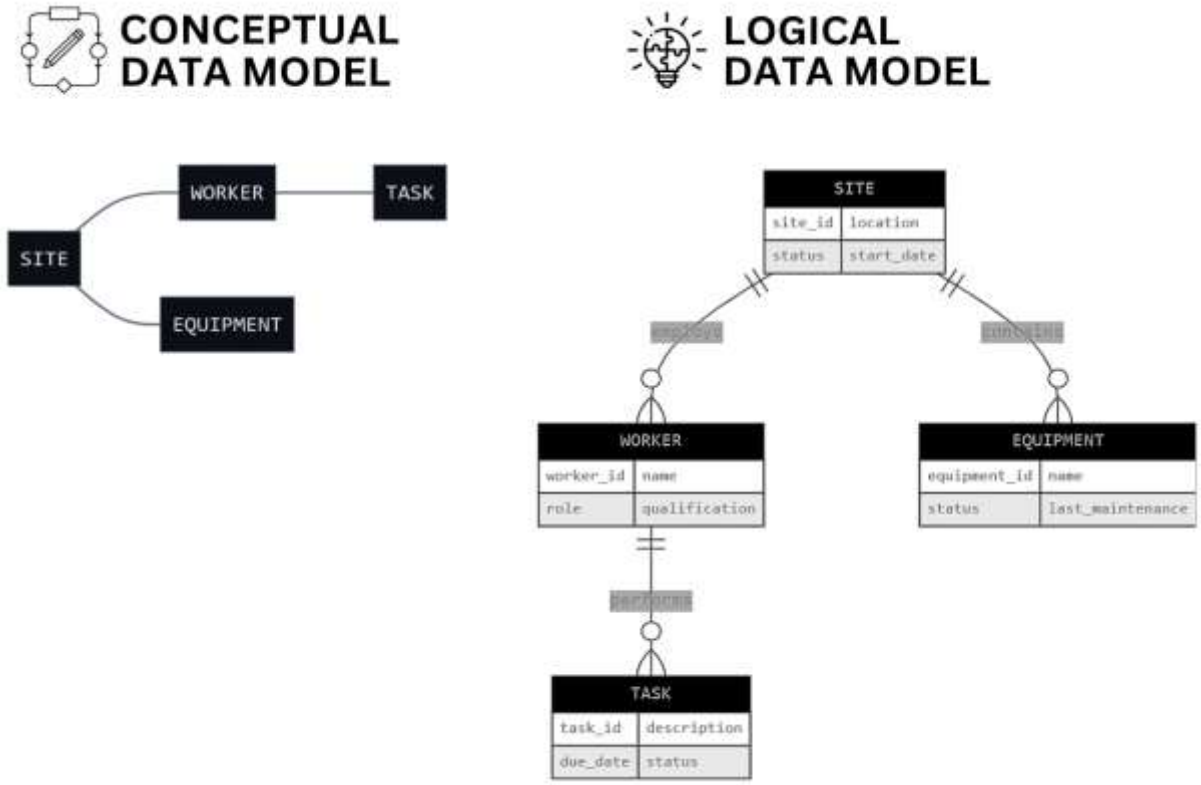
الشكل4.5-4.3 يبدأ إنشاء قواعد البيانات ونظم إدارة البيانات للعمليات التجارية بتوليد المتطلبات ونمذجة البيانات.

تسمح عمليات نمذجة البيانات المصممة بشكل صحيح بتدفق المعلومات بشكل شفاف، وهو أمر مهم بشكل خاص في المشاريع المعقدة مثل مشروع البناء أو إدارة الموقع. لننظر كيف يمكن أن يساعد الانتقال من نموذج مفاهيمي إلى نموذج منطقي ثم إلى نموذج مادي في تبسيط العمليات.

نمذجة البيانات العملية في سياق الإنشاءات

لنأخذ مهمة إدارة موقع البناء كمثال لنمذجة البيانات وتحويل متطلبات فورمان إلى نموذج منطقي منظم. استنادًا إلى الاحتياجات الأساسية لإدارة الموقع، نحدد الكيانات الرئيسية لكل من: الموقع (SITE)، والعمال (WORKER)، والمعدات (EQUIPMENT)، والمهام (TASK)، واستخدام المعدات (EQUIPMENT_USAGE). يحتوي كل كيان على مجموعة من السمات التي تعكس الخصائص المهمة. على سبيل المثال، بالنسبة لـ TASK، يمكن أن يكون هذا وصفًا للمهمة وتاريخ الاستحقاق والحالة والأولوية؛ وبالنسبة للعامل، يمكن أن يكون الاسم ودوره في الموقع، والوظيفة الحالية، وما إلى ذلك.

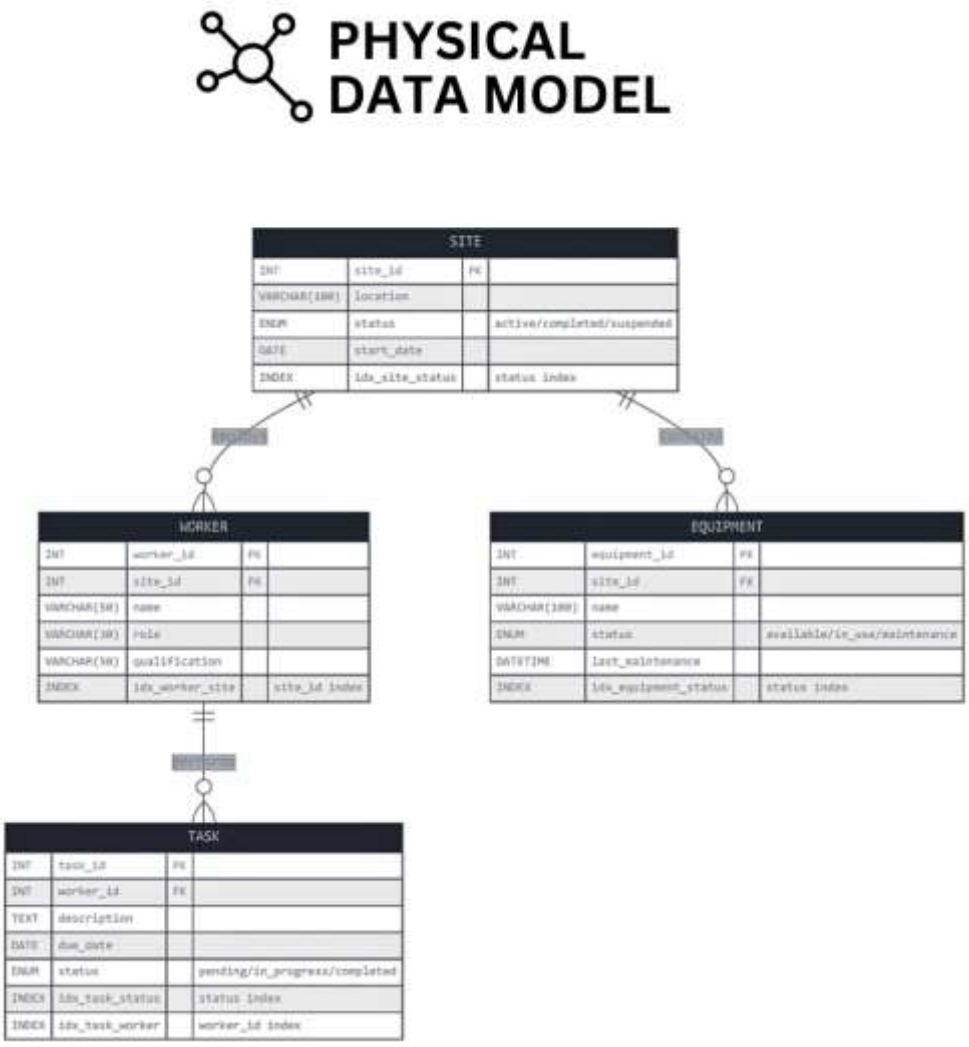
ويحدد النموذج المنطقي العلاقات بين هذه الكيانات، ويوضح كيفية تفاعلها مع بعضها البعض في عمليات العمل الحقيقية (الشكل4.3-6). على سبيل المثال، تشير العلاقة بين الموقع والعمال إلى أن العديد من العمال يمكن أن يعملوا في موقع واحد، في حين أن العلاقة بين العمال والمهام تعكس أن العامل الواحد يمكن أن يؤدي مهام متعددة.



الشكل4.3-6 نموذج البيانات المفاهيمية والمنطقية التي تم إنشاؤها بواسطة متطلبات رئيس العمال لوصف عمليات موقع البناء.

عند الانتقال إلى النموذج الفيزيائي، تتم إضافة تفاصيل التنفيذ الفنية: أنواع بيانات محددة (VARCHAR، INT، DATE)، والمفاتيح الأساسية والأجنبية للعلاقات بين الجداول، والفهارس لتحسين أداء قاعدة البيانات (الشكل4.3-7).

على سبيل المثال، يجب تحديد أنواع محددة ذات قيم محتملة للحالات، ويجب إضافة فهارس على الحقول الرئيسية مثل الحالة والعامل_id لتحسين أداء البحث. هذا يحول الوصف المنطقي للنظام إلى خطة تنفيذ قاعدة بيانات ملموسة، جاهزة للإنشاء والتنفيذ.



الشكل7-4.3 يصف نموذج البيانات المادية كيانات موقع البناء من خلال الحد الأدنى من المعلمات المطلوبة.

غالبًا ما يختلف النموذج المادي عن النموذج المنطقي. وفي المتوسط، يكون توزيع وقت النمذجة على النحو التالي: يتم إنفاق حوالي 50٪ على النموذج المفاهيمي (جمع المتطلبات ومناقشة العمليات وتحديد الكيانات)، و 10٪ على النموذج المنطقي (تحديد السمات والعلاقات) و 40٪ على النموذج المادي (التنفيذ والاختبار والتكيف مع نظام إدارة قواعد البيانات).

يرجع هذا التوازن إلى حقيقة أن المرحلة المفاهيمية تضع الأساس لهيكل البيانات، بينما يحدد النموذج المنطقي العلاقات

والسمات فقط. يتطلب النموذج المادي معظم الموارد، حيث يتم في هذه المرحلة تنفيذ البيانات في منصات وأدوات محددة

إنشاء قاعدة بيانات باستخدام LLM

بعد الحصول على نموذج بيانات ووصف الكيانات من خلال المعلمات، نكون مستعدين لإنشاء قواعد بيانات - مخازن، حيث سنقوم بتخزين المعلومات القادمة بعد مرحلة الهيكلة على عمليات محددة.

دعونا نحاول إنشاء مثال لقاعدة بيانات بسيطة ولكن وظيفية بأقل قدر من التعليمات البرمجية باستخدام SQLite باستخدام مثال لغة البرمجة بايثون. نوقشت قواعد البيانات العلائقية بالتفصيل في فصل "قواعد البيانات العلائقية المهيكلة ولغة استعلام SQL ".

> SQLite هي قاعدة بيانات خفيفة الوزن ومفتوحة المصدر وقابلة للتضمين ومتعددة المنصات ، وتدعم ميزات SQL الأساسية. يُستخدم SQLite على نطاق واسع في CAD (BIM)، وتخطيط موارد المؤسسات ، و EPM وموجود في كل هاتف ذكي تقريبًا.

دعونا نطلب من نموذج LLM إنشاء قاعدة بيانات SQLlite صغيرة لنا استنادًا إلى النموذج المادي الذي تم إنشاؤه أعلاه (الشكل4-4.3) لنظامي FEM (التأثير الهيكلي) و CPM (جدول التجميع).

- أرسل طلبًا نصيًا إلى دردشة LLM (دردشة DeepSeek Mistral ، Mistral ، LlaMa ،ChatGP) LLM ، QWEN ، Claude ، Grok أو أي شيء آخر):

قم بإنشاء قاعدتي بيانات SQLlite لنظامي "التأثير البنائي" و"جدول التثبيت" من الشكل الموجود في المرفق (الصق المخطط في الدردشة كصورة (الشكل4-4.3)⏎

رد LLM:

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

الشكل4.3-8 ينشئ الرمز الذي تم إنشاؤه قواعد بيانات وجداول من الصورة التي تم تحميلها والتي يمكننا الآن تحميل البيانات إليها.

يمكن تشغيل كود قاعدة البيانات هذا في بيئة Python مع دعم SQLite ، والذي عادةً ما يتم تضمينه في بيئة Python القياسية. يمكن تشغيله على أي جهاز بايثون محلي قادر على تشغيل البرامج النصية وإنشاء الملفات. بمجرد تشغيل هذا الرمز وتنفيذه، سينشئ هذا الرمز ملفًا على القرص الصلب - قاعدة بيانات SQLite باسم construction.db (على غرار ملف Excel مع أوراق عمل) والذي سيحتوي على جدولي "التأثير الهيكلي" و "جدول التثبيت".

وبمجرد إنشاء قاعدة بيانات **construction.db** جديدة في هذه الجداول، يمكن إضافة البيانات إلى هذه الجداول عبر SQL _ الاستعلامات أو الاستيراد، مما سيتيح لك البدء في إنشاء معالجة تلقائية للبيانات لاحقًا. يمكن استيراد البيانات إلى قاعدة بيانات SQLite من ملفات CSV أو جداول بيانات Excel أو تصديرها من قواعد بيانات ومستودعات أخرى عبر واجهة برمجة التطبيقات.

لإنشاء نمذجة مستدامة للبيانات وعمليات فعالة لإدارة قواعد البيانات، تحتاج الشركة إلى استراتيجية محددة بوضوح بالإضافة إلى التنسيق بين الفرق الفنية وفرق العمل. مع وجود مشاريع متباينة ومصادر بيانات متعددة، غالبًا ما يكون من الصعب ضمان الاتساق والتوحيد القياسي ومراقبة الجودة على جميع المستويات. قد يكون أحد الحلول الرئيسية هو إنشاء مركز تميز مخصص لنمذجة البيانات (COE) داخل الشركة.

مركز التميّز لنمذجة البيانات (CoE)

مع تحول البيانات إلى أحد الأصول الاستراتيجية الرئيسية، تحتاج الشركات إلى القيام بأكثر من مجرد جمع المعلومات وتخزينها بشكل صحيح - فمن المهم معرفة كيفية إدارة البيانات بشكل منهجي. يعد مركز التميز للتصنيف ونمذجة

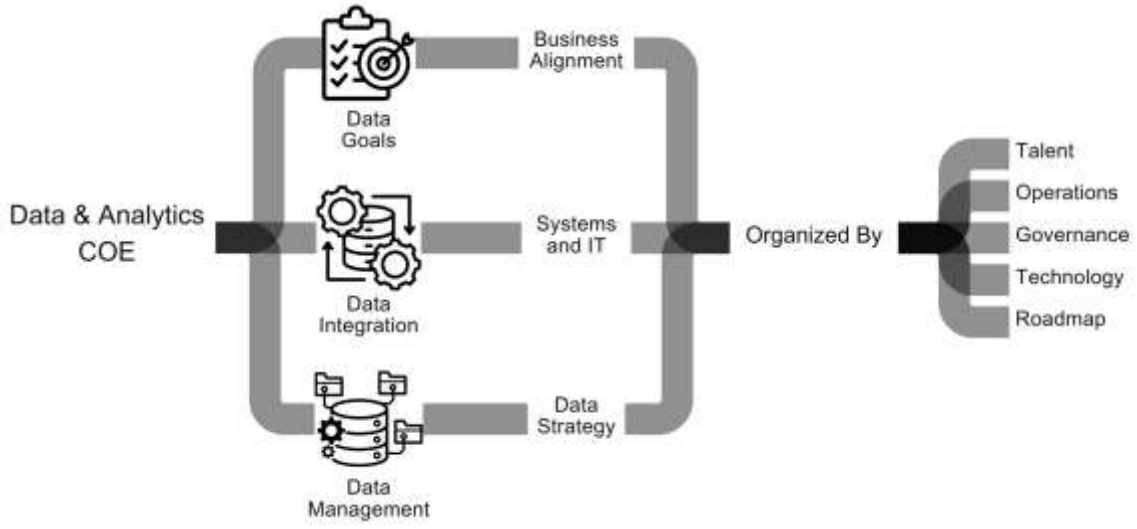
البيانات (CoE) وحدة هيكلية تضمن اتساق وجودة وكفاءة جميع عمليات التعامل مع البيانات في المؤسسة.

> مركز التميز (CoE) هو جوهر دعم الخبراء والأساس المنهجي للتحول الرقمي في الشركة. فهو يبني ثقافة قائمة على البيانات ويُمكِّن المؤسسات من بناء عمليات تتخذ قراراتها بناءً على بيانات منظمة وموثقة وممثلة بدلاً من الاعتماد على الحدس أو المعلومات المحلية.

عادةً ما يتم تشكيل مركز البيانات المتميز من فرق متعددة الوظائف تعمل وفقًا لمبدأ "اثنين من البيتزا". ويعني هذا المبدأ، الذي اقترحه جيف بيزوس، أن حجم الفريق يجب أن يكون بحجم يمكن أن يغذيه ببيتزتين من البيتزا، أي ما لا يزيد عن 6-10 أشخاص. يساعد هذا النهج على تجنب البيروقراطية المفرطة ويزيد من مرونة العمل. يجب أن يضم فريق CoE موظفين يتمتعون بمجموعة متنوعة من المهارات التقنية، من تحليلات البيانات والتعلم الآلي إلى الخبرة في مجالات عمل محددة. وبفضل معرفتهم التقنية العميقة، يجب ألا يقتصر دور مهندسي البيانات على تحسين العمليات ونمذجة البيانات فحسب، بل يجب أن يدعموا الزملاء أيضًا من خلال تقليل الوقت في المهام الروتينية (الشكل4.3-9).

> وكما يتم ضمان مرونة النظام الإيكولوجي في الطبيعة من خلال التنوع البيولوجي، يتم تحقيق المرونة والقدرة على التكيف في العالم الرقمي من خلال تنوع أساليب التعامل مع البيانات. ومع ذلك، يجب أن يكون هذا التنوع مدعومًا بقواعد ومفاهيم مشتركة.

يمكن مقارنة مركز الامتياز (CoE) بـ "الظروف المناخية" للنظام البيئي للغابات، والتي تحدد أنواع البيانات التي ستزدهر وأيها سيتم التخلص منها تلقائيًا. ومن خلال تهيئة "مناخ" مواتٍ للبيانات عالية الجودة، يسهل مركز التميز الاختيار الطبيعي لأفضل الممارسات والمنهجيات التي تصبح بعد ذلك معايير للمؤسسة.



الشكل9-4.3 يجمع **مركز التميز (CoE) للبيانات والتحليلات** بين الخبرات في الجوانب الرئيسية لإدارة البيانات وتكاملها واستراتيجيتها.

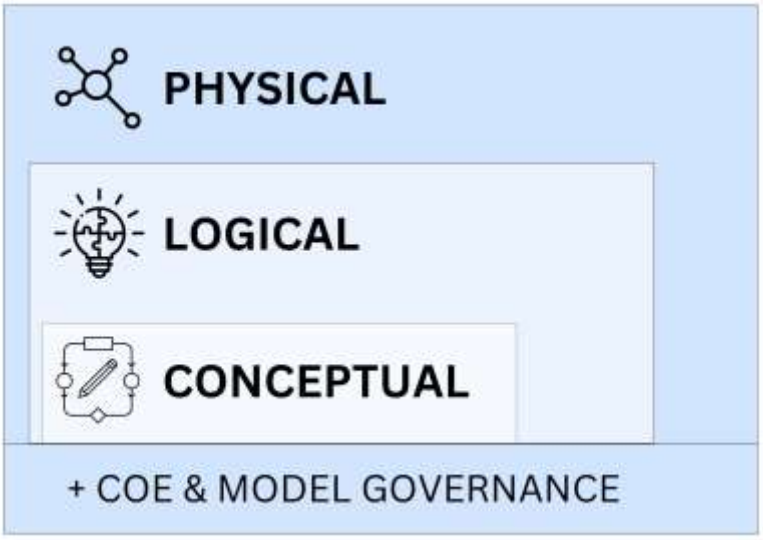
ولتسريع دورات التكامل وتحقيق نتائج أفضل، يجب أن يوفر مركز التميز لأعضائه درجة كافية من الاستقلالية في اتخاذ القرارات. وهذا أمر مهم بشكل خاص في بيئة ديناميكية حيث يمكن للتجربة والخطأ والتغذية الراجعة المستمرة والإصدارات المتكررة أن تحقق فوائد كبيرة. ومع ذلك، لا تكون هذه الاستقلالية فعالة إلا إذا كان هناك تواصل ودعم واضح من الإدارة العليا. فبدون رؤية استراتيجية وتنسيق على أعلى المستويات، يمكن أن يواجه حتى الفريق الأكثر كفاءة عوائق في تنفيذ مبادراته.

> تقع مسؤولية ضمان عدم اقتصار نهج نمذجة البيانات على مشروع واحد أو مشروعين على الإدارة العليا للشركة أو الإدارة العليا للشركة بل أن يكون جزءاً لا يتجزأ من نظام إدارة المعلومات وإدارة عمليات الأعمال بشكل عام.

ويتولى مركز الخبرة، بالإضافة إلى مهامه المتعلقة بنمذجة البيانات وحوكمة البيانات، مسؤولية وضع معايير ونهج مشتركة لنشر البنية التحتية للبيانات وتشغيلها. وبالإضافة إلى ذلك، فإنه يعزز ثقافة التحسين المستمر وتحسين العمليات والاستخدام الفعال للبيانات في المنظمة (الشكل10-3-4).

يمكن تقسيم النهج المنهجي لإدارة البيانات والنماذج داخل CoE تقريبًا إلى عدة مجموعات رئيسية:

- **توحيد العمليات وإدارة دورة حياة النموذج: يقوم** مركز التميز بتطوير وتنفيذ منهجيات لتوحيد إنشاء نماذج البيانات وإدارتها. ويشمل ذلك: إنشاء قوالب هيكلية وأساليب مراقبة الجودة وأنظمة التحكم في الإصدار لضمان استمرارية البيانات في جميع مراحل العمل.
- **إدارة الأدوار وإسناد المسؤوليات:** يحدد فريق العمل الأدوار الرئيسية في عملية نمذجة البيانات. يتم تعيين أدوار ومجالات مسؤولية محددة بوضوح لكل مشارك في المشروع، مما يسهل العمل الجماعي ويقلل من مخاطر عدم اتساق البيانات.
- **مراقبة الجودة والتدقيق:** تتطلب الإدارة الفعالة لبيانات البناء مراقبة مستمرة لجودتها. ويجري تنفيذ آليات مؤتمتة لفحص البيانات وتحديد الأخطاء والسمات المفقودة.
- **إدارة البيانات الوصفية وهندسة المعلومات: يتولى** موقع CoE مسؤولية إنشاء نظام موحد للتصنيف والمعرّفات ومعايير التسمية ووصف الكيانات، وهو أمر بالغ الأهمية لتحقيق التكامل بين الأنظمة.



الشكل10-4.3 تعد نمذجة البيانات **وإدارة جودة البيانات** أحد التحديات الرئيسية التي تواجهها شركة CoE

مركز التميز (CoE) للبيانات ليس مجرد مجموعة من الخبراء، بل هو آلية منهجية تخلق ثقافة جديدة تعتمد على

البيانات وتضمن اتباع نهج موحد للعمل مع البيانات في جميع أنحاء الشركة. من خلال التكامل الكفء لعمليات النمذجة في نظام إدارة المعلومات الشامل، والتوحيد القياسي والتصنيف ومراقبة جودة البيانات ، يساعد مركز التميز للبيانات الشركات على تحسين منتجاتها وعملياتها التجارية باستمرار، والتفاعل بشكل أسرع مع تغيرات السوق واتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على تحليلات موثوقة.

تكون هذه المراكز فعالة بشكل خاص عندما تقترن بمبادئ DataOps الحديثة - تحت وهي خطوة تضمن التسليم المستمر والأتمتة ومراقبة جودة البيانات. سنتحدث أكثر عن DataOps في الجزء الثامن، في فصل "تقنيات البيانات الحديثة في صناعة الإنشاءات".

سننتقل في الفصول التالية من الاستراتيجية إلى الممارسة العملية - دعونا "نتحول" بشكل مشروط إلى مركز بيانات: سنلقي نظرة على عدة أمثلة لكيفية إجراء عملية تحديد بارامترات المهام وجمع المتطلبات وعملية التحقق التلقائي.

الفصل 4.4.

تنظيم المتطلبات والتحقق من صحة المعلومات

جمع المتطلبات وتحليلها: تحويل الاتصالات إلى بيانات منظمة

جمع المتطلبات وإدارتها هو الخطوة الأولى لضمان جودة البيانات. على الرغم من تطور الأدوات الرقمية، لا تزال معظم المتطلبات تُصاغ بطريقة غير منظمة: من خلال الرسائل ومحاضر الاجتماعات والمكالمات الهاتفية والمناقشات الشفهية. هذا الشكل من التواصل يجعل من الصعب أتمتة المعلومات والتحقق من صحتها وإعادة استخدامها. في هذا الفصل، نتناول في هذا الفصل كيفية ترجمة المتطلبات النصية إلى هياكل رسمية، مما يضمن أن تكون متطلبات العمل شفافة ومنهجية.

> يسلط بحث جارتنر المعنون "جودة البيانات: أفضل الممارسات للحصول على رؤى دقيقة" الضوء على الأهمية الحاسمة لجودة البيانات لنجاح مبادرات البيانات والتحليلات [100]. ويشيرون إلى أن جودة البيانات الرديئة تكلف المؤسسات ما لا يقل عن 12.9 مليون دولار سنويًا في المتوسط، وأن البيانات الموثوقة وعالية الجودة ضرورية لإنشاء شركة تعتمد على البيانات.

يؤدي عدم وجود متطلبات منظمة إلى حقيقة أن نفس العنصر (الكيان) ومعلماته قد يتم تخزينها في أنظمة مختلفة بأشكال مختلفة. وهذا لا يقلل من كفاءة العمليات فحسب، بل يؤدي أيضًا إلى إهدار الوقت وازدواجية المعلومات والحاجة إلى إعادة التحقق من صحة البيانات قبل استخدامها. ونتيجة لذلك، يمكن أن يؤدي حتى إغفال واحد -

معلمة مفقودة أو عنصر واحد موصوف بشكل غير صحيح - إلى إبطاء عملية صنع القرار والتسبب في عدم كفاءة استخدام الموارد.

> **لعدم وجود مسمار ضاع الحصان.**
>
> **ولعدم وجود حدوة الحصان ضاع الحصان.**
>
> **ولعدم وجود حصان ضاع الفارس.**
>
> **ولعدم وجود فارس، ضاعت الرسالة.**
>
> **ولولا الرسالة ضاعت المعركة.**
>
> **ولعدم وجود معركة ضاعت المملكة.**
>
> **كل ذلك لعدم وجود مسمار في حدوة الفرس.**
>
> **- مثل [101]**

يبدأ تحليل وجمع متطلبات عملية ملء البيانات وتخزينها بتحديد جميع أصحاب المصلحة. فكما أن فقدان مسمار واحد يؤدي إلى سلسلة من العواقب الوخيمة كما يُضرب به المثل، فإن فقدان صاحب مصلحة واحد أو متطلب واحد أو حتى فقدان معلمة واحدة يمكن أن يؤثر بشكل كبير ليس فقط على عملية تجارية فردية، بل على النظام البيئي للمشروع بأكمله والمؤسسة ككل. لذلك، من الأهمية بمكان تحديد حتى تلك العناصر والمعايير والأدوار التي تبدو للوهلة الأولى غير مهمة ولكن قد يتبين لاحقًا أنها حاسمة لاستدامة الأعمال.

دعونا نتخيل أن شركة ما لديها مشروع يقدم فيه العميل طلبًا جديدًا - "إضافة نافذة إضافية على الجانب الشمالي من المبنى". تتضمن العملية الصغيرة "طلب العميل إضافة نافذة جديدة إلى المشروع الحالي" كل من المهندس المعماري، والعميل، وأخصائي التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، ومدير البناء، ومدير الخدمات اللوجستية،

ومحلل تخطيط موارد المؤسسات ، ومهندس مراقبة الجودة، ومهندس السلامة، ومدير المراقبة، ومدير الممتلكات.

> حتى العملية الصغيرة قد تتضمن عشرات المتخصصين المختلفين. ويجب على كل مشارك في العملية أن يفهم متطلبات المتخصصين الذين يرتبطون بهم على مستوى البيانات.

على مستوى النص (الشكل1-4.4)، يتم التواصل بين العميل والمتخصصين في سلسلة العمليات على النحو التالي:

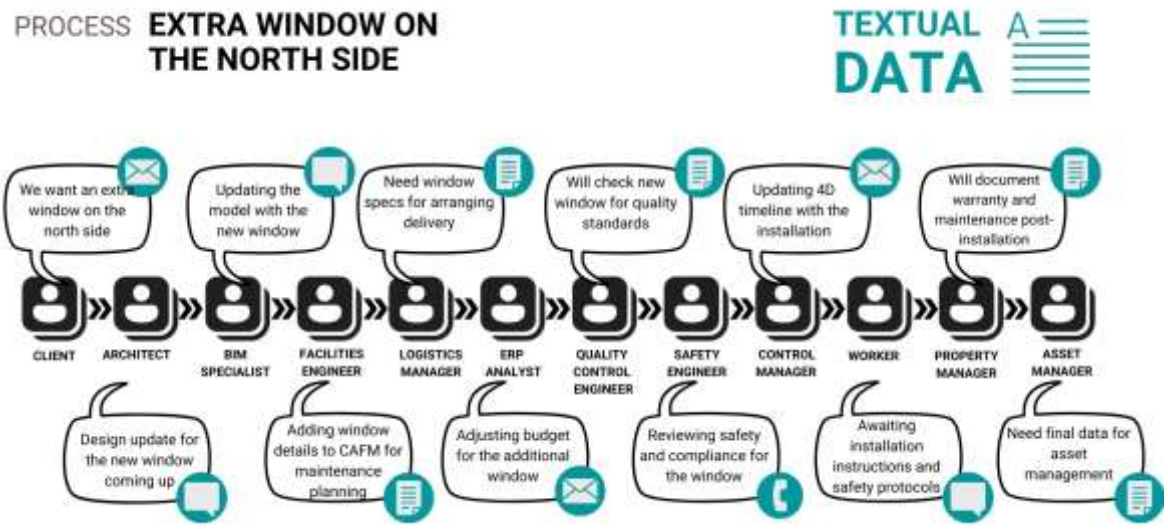
- العميل: "لقد قررنا إضافة نافذة إضافية على الجانب الشمالي لإضاءة أفضل. هل يمكن تحقيق ذلك؟
- المهندس المعماري: "بالتأكيد، سأقوم بمراجعة المشروع ليشمل النافذة الجديدة وإرسال مخططات CAD المحدثة (BIM)".
- أخصائي التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM): "استلمت مشروعًا جديدًا. أقوم بتحديث نموذج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) مع النافذة الإضافية وبعد التنسيق مع مهندس FEM توفير الموقع والأبعاد الدقيقة للنافذة الجديدة".
- مدير الإنشاءات: "تم استلام مشروع جديد. نقوم بتعديل مواعيد تركيب 4D وإبلاغ جميع المقاولين من الباطن المعنيين".
- مهندس مرافق (CAFM): "سوف أقوم بإدخال بيانات 6D على النافذة الجديدة في نظام إدارة المرافق (CAFM) لإدارة المرافق وتخطيط الصيانة في المستقبل."
- مدير اللوجستيات: "أحتاج إلى أبعاد ووزن النافذة الجديدة لتنظيم عملية تسليم النافذة إلى الموقع".
- ERP - محلل: "أحتاج إلى جداول النطاق ونوع النافذة بالضبط لتحديث ميزانية 5D في نظام تخطيط موارد المؤسسات لدينا ليعكس تكلفة النافذة الجديدة في التقدير العام للمشروع".
- مهندس مراقبة الجودة: "بمجرد أن تصبح مواصفات النوافذ جاهزة، سأتأكد من أنها تفي بمعايير الجودة والمواد الخاصة بنا."
- مهندس السلامة: "سأقوم بتقييم جوانب السلامة في النافذة الجديدة، مع التركيز بشكل خاص على الامتثال والإخلاء

بموجب مخطط 8D ".

- مدير الضوابط: "استنادًا إلى نطاق العمل الدقيق من ERP ، سنقوم بتحديث الجدول الزمني 4D ليعكس تركيب النافذة الجديدة، وتخزين البيانات الجديدة في نظام إدارة المحتوى الخاص بالمشروع."
- **عامل (عامل التركيب):** "تحتاج إلى تعليمات حول التركيب والتجميع وتوقيت العمل. وبالإضافة إلى ذلك، هل هناك أي قواعد خاصة للسلامة يجب أن أتبعها؟".
- مدير العقار: "بمجرد التركيب، سأقوم بتوثيق معلومات الضمان والصيانة للإدارة على المدى الطويل".
- مدير الأصول "مهندس المعدات، يرجى إرسال البيانات النهائية لتتبع الأصول وإدارة دورة حياة الأصول."
- العميل: "انتظر، ربما أكون في عجلة من أمري ولن تكون هناك حاجة إلى النافذة. ربما يجب أن أصنع شرفة".

في مثل هذه السيناريوهات، التي تحدث بشكل متكرر، يؤدي حتى التغيير البسيط إلى سلسلة من ردود الفعل بين أنظمة وأدوار متعددة. في هذه الحالة، تكون جميع الاتصالات تقريبًا في المرحلة الأولية في شكل نصي: رسائل البريد الإلكتروني، والمحادثات، ومحاضر الاجتماعات (الشكل1-4-4).

في مثل هذا النظام القائم على الاتصالات النصية لمشروع البناء، من المهم للغاية وجود نظام للتأكيد القانوني وتسجيل جميع عمليات تبادل البيانات وجميع القرارات المتخذة. وذلك لضمان أن يكون كل قرار أو تعليمات أو تغيير يتم اتخاذه ساري المفعول قانونياً ويمكن تتبعه، مما يقلل من مخاطر "سوء الفهم" في المستقبل



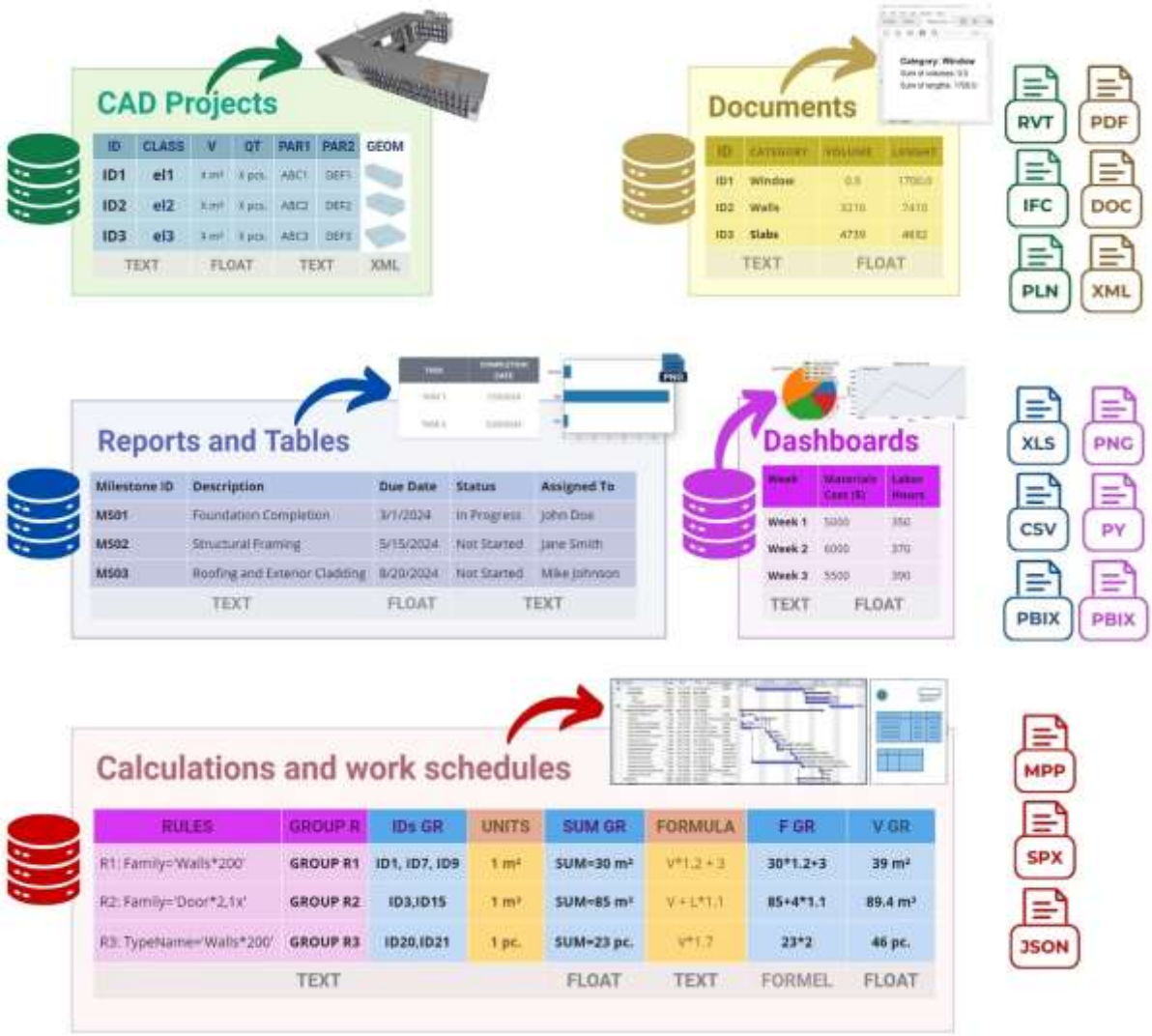
الشكل1-4-4.4 التواصل بين العميل والمقاول في المراحل الأولى من المشروع غالبًا ما يحتوي على بيانات نصية متعددة الأشكال.

> يمكن أن يؤدي عدم وجود رقابة قانونية والتحقق من صحة القرارات في الأنظمة ذات الصلة بمشروع البناء إلى مشاكل خطيرة لجميع المعنيين. ويمكن أن يؤدي كل قرار أو أمر أو تغيير يتم اتخاذه دون توثيقه والتحقق من صحته على النحو المناسب إلى نزاعات (ودعاوى قضائية).

لا يمكن ضمان التوحيد القانوني لجميع القرارات في الاتصالات النصية إلا من خلال عدد كبير من الوثائق الموقعة، والتي ستقع على عاتق الإدارة الملزمة بتسجيل جميع المعاملات. ونتيجة لذلك، إذا طُلب من كل مشارك التوقيع على المستندات لكل إجراء، فإن النظام يفقد المرونة ويصبح متاهة بيروقراطية. ولن يؤدي عدم وجود تأكيدات للمعاملات إلى تأخير تنفيذ المشروع فحسب، بل قد يؤدي أيضاً إلى خسائر مالية وتدهور العلاقات بين المشاركين، وقد يصل الأمر إلى مشاكل قانونية.

وعملية الموافقة على المعاملات هذه، التي تبدأ عادة بمناقشات نصية، تتطور تدريجيا إلى تبادل مستندات متعددة الأشكال في المراحل التالية (الشكل2-4-4)، مما يعقد إلى حد كبير التواصل الذي كان يتم في السابق عن طريق النص فقط. وبدون متطلبات محددة بوضوح، تصبح أتمتة مثل هذه العمليات، التي تمتلئ ببيانات متعددة الأشكال

وعدد كبير من المتطلبات النصية، شبه مستحيلة.

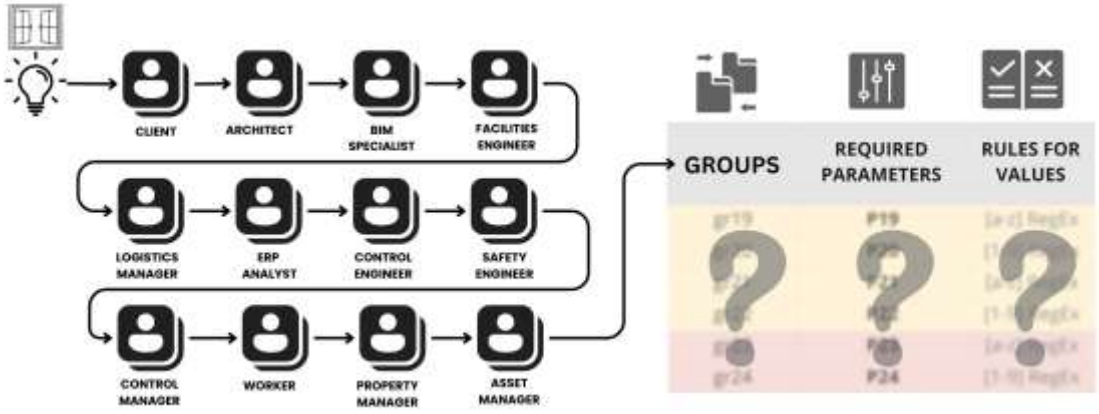


الشكل2-4.4 يعمل كل نظام في مشهد شركة الإنشاءات كمصدر للوثائق ذات الصلة قانونًا في مجموعة متنوعة من الأشكال.

تتطلب المراسلات النصية أن يطلع كل محترف إما على المراسلات الكاملة أو حضور جميع الاجتماعات بانتظام لفهم الوضع الحالي للمشروع.

للتغلب على هذا القيد، من الضروري الانتقال من التواصل النصي إلى نموذج متطلبات منظم. ولا يمكن ذلك إلا من خلال التحليل المنهجي وتصور العملية ووصف التفاعلات في شكل مخططات انسيابية ونماذج بيانات (الشكل

3-4.4). وكما هو الحال في نمذجة البيانات (الشكل7-4.3)، انتقلنا من مستوى الفكرة السياقية إلى المستوى المفاهيمي بإضافة النظم والأدوات التي يستخدمها المشاركون والروابط بينها.



الشكل3-4.4 لمعرفة كيفية إدارة وأتمتة عملية التحقق من الصحة، من الضروري تصور العمليات وهيكلة المتطلبات.

وتتمثل الخطوة الأولى في تنظيم المتطلبات والعلاقات في تصور جميع الروابط والعلاقات باستخدام مخططات انسيابية مفاهيمية. فالمستوى المفاهيمي لن يسهل على جميع المشاركين في العملية فهم سلسلة العمليات بأكملها فحسب، بل سيبين بوضوح سبب الحاجة إلى البيانات (والمتطلبات) في كل خطوة من خطوات العملية ولمن هي هذه البيانات (والمتطلبات).

مخططات سير العمليات وفعالية الأطر المفاهيمية

لسد الفجوة بين الأساليب التقليدية والحديثة لإدارة البيانات، تحتاج الشركات إلى إجراء تحول واعٍ من الأوصاف النصية المجزأة إلى تمثيلات العمليات المنظمة. ويتطلب تطور البيانات - من الألواح الطينية إلى النظم الإيكولوجية الرقمية - أدوات تفكير جديدة. وإحدى هذه الأدوات هي النمذجة المفاهيمية باستخدام المخططات الانسيابية. يسمح إنشاء المخططات المرئية - المخططات الانسيابية ومخططات العمليات ومخططات التفاعل - للمشاركين في المشروع بإدراك

كيفية تأثير إجراءاتهم وقراراتهم على نظام اتخاذ القرار بأكمله.

> إذا كانت العمليات لا تتطلب تخزين البيانات فحسب، بل تتطلب تحليلها أو أتمتتها، فأنت بحاجة إلى البدء في معالجة موضوع إنشاء طبقة متطلبات مفاهيمية ومرئية.

في مثالنا (الشكل1-4.4)، يمكن أن يكون كل متخصص جزءًا من فريق صغير، ولكن أيضًا من قسم أكبر يضم ما يصل إلى اثني عشر خبيرًا تحت سيطرة مدير عام. ويستخدم كل قسم قاعدة بيانات تطبيقية متخصصة (الشكل4-1.2 على سبيل المثال تخطيط موارد المؤسسات ، التصميم بمساعدة الحاسوب ، التصميم بمساعدة الحاسوب ، الهندسة الكهربائية والميكانيكية ، الهندسة الكهربائية والإلكترونية ، إدارة المحتوى الإلكتروني ، إدارة المحتوى المؤسسي ، إدارة المحتوى المؤسسي إلخ)، والتي يتم تحديثها بانتظام بالمعلومات الواردة اللازمة لإنشاء المستندات وتسجيل الوضع القانوني للقرارات وإدارة العمليات.

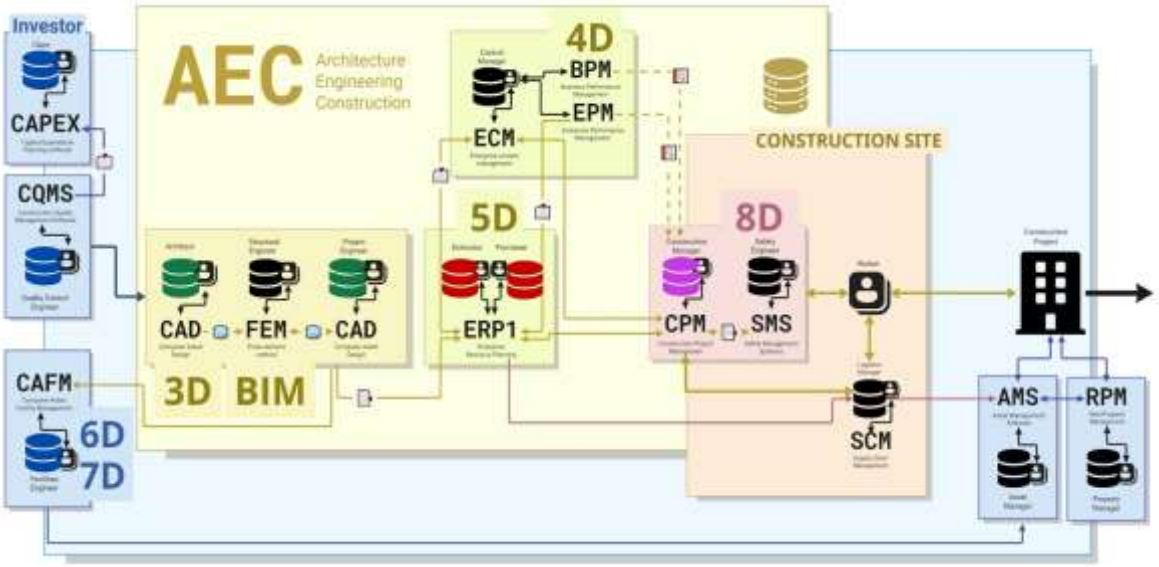
> تتشابه عملية المعاملات مع عمل المدراء القدامى قبل 4000 سنة، عندما كانت تُستخدم الألواح الطينية وورق البردي لتأكيد القرارات قانونياً. والفرق بين الأنظمة الحديثة وسابقاتها من ألواح الطين والورق هو أن الأساليب الحديثة تشمل بالإضافة إلى ذلك عملية تحويل المعلومات النصية إلى شكل رقمي لمزيد من المعالجة الآلية في أنظمة وأدوات أخرى.

إن إنشاء تصور للعملية في شكل مخططات انسيابية مفاهيمية سيساعد في وصف كل خطوة والتفاعلات بين الأدوار المختلفة، مما يجعل سير العمل المعقد واضحًا وبسيطًا.

> يضمن تصور العمليات أن يكون منطق العملية شفافًا ومتاحًا لجميع أعضاء الفريق.

تشبه عملية التواصل نفسها لإضافة نافذة إلى مشروع تم وصفه في شكل نص ورسائل (الشكل1-4-4) ومخطط

الكتلة النموذج المفاهيمي الذي ناقشناه في الفصل الخاص بنمذجة البيانات (الشكل4-4-4).



الشكل4-4-4. يوضح الرسم البياني المفاهيمي المشاركين في المشروع كمستخدمين لقاعدة بيانات حيث تربط استفساراتهم بين مختلف النظم.

على الرغم من أن المخططات البيانية المفاهيمية خطوة مهمة، إلا أن العديد من الشركات تقتصر على هذا المستوى، معتقدة أن المخطط البياني المرئي كافٍ لفهم العمليات. وهذا يخلق وهمًا بإمكانية الإدارة: يمكن للمديرين إدراك الصورة الكبيرة بسهولة أكبر في مثل هذا المخطط الانسيابي ورؤية الروابط بين المشاركين والمراحل. ومع ذلك، فإن مثل هذه المخططات لا تعطي فكرة واضحة عن البيانات المطلوبة لكل مشارك، وبأي تنسيق يجب نقلها وما هي المعلمات والسمات الإلزامية لتحقيق الأتمتة. المخطط الانسيابي المفاهيمي أشبه بخريطة طريق: فهو يشير إلى من يتفاعل مع من، لكنه لا يكشف عما يتم نقله في هذه التفاعلات.

حتى لو تم وصف العملية بالتفصيل على المستوى المفاهيمي باستخدام المخططات الانسيابية، فإن هذا لا يضمن فعاليتها. وغالبًا ما يبسّط التمثيل التصوري عمل المديرين، مما يسمح لهم بتتبع العملية بسهولة أكبر من خلال إعداد التقارير خطوة بخطوة. ومع ذلك، بالنسبة لمهندسي قواعد البيانات، قد لا يكون التمثيل المفاهيمي واضحًا بما فيه الكفاية وقد لا يوفر فهمًا واضحًا لكيفية تنفيذ العملية على مستوى المعلمات والمتطلبات.

بينما ننتقل إلى نظم بيانات أكثر تعقيدًا، يصبح التنفيذ الأولي للأدوات المفاهيمية والمرئية أمرًا بالغ الأهمية لضمان أن عمليات البيانات ليست فعالة فحسب، بل تتماشى أيضًا مع الأهداف الاستراتيجية للمؤسسة. لترجمة عملية إضافة النوافذ هذه (الشكل1-4.4) بشكل كامل إلى مستوى متطلبات البيانات، نحتاج إلى الانتقال إلى مستوى أعمق وترجمة التصور المفاهيمي للعملية إلى المستوى المنطقي والمادي للبيانات والسمات المطلوبة وقيم حدودها.

المتطلبات المهيكلة و RegEx التعبيرات العادية

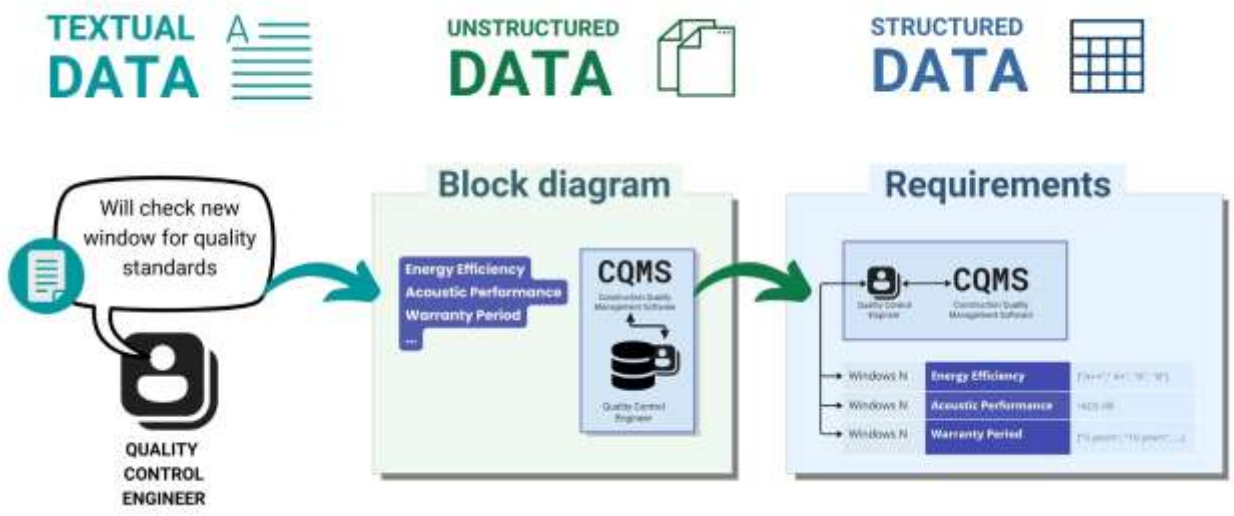
إن ما يصل إلى 80٪ من البيانات التي يتم إنشاؤها في الشركات تكون في أشكال غير منظمة أو شبه منظمة [52] - نصوص، مستندات، رسائل، ملفات PDF ، محادثات. يصعب تحليل هذه البيانات (الشكل1-4.4) والتحقق منها ونقلها بين الأنظمة واستخدامها في الأتمتة.

لضمان قابلية الإدارة والشفافية والتحقق التلقائي من الصحة، من الضروري ترجمة المتطلبات النصية وشبه المنظمة إلى صيغ منظمة ومحددة بشكل جيد. لا تتعلق عملية الهيكلة بالبيانات فقط (والتي ناقشناها بالتفصيل في الفصول الأولى من هذا الجزء من الكتاب)، بل تتعلق أيضاً بالمتطلبات نفسها، والتي عادةً ما يصوغها المشاركون في المشروع في شكل نصي حر طوال دورة حياة المشروع، وغالباً ما يكون ذلك دون التفكير في إمكانية أتمتة هذه العمليات.

تمامًا كما قمنا بالفعل بتحويل البيانات من شكل نصي غير منظم إلى شكل منظم، سنقوم في سير عمل المتطلبات بتحويل المتطلبات النصية إلى تنسيق منظم "طبقة منطقية ومادية".

كجزء من مثال إضافة نافذة (الشكل4-4-1)، تتمثل الخطوة التالية في وصف متطلبات البيانات في شكل جداول. وسنقوم بهيكلة المعلومات لكل نظام يستخدمه المشاركون في المشروع من خلال تحديد السمات الرئيسية وقيم حدودها

انظر، على سبيل المثال، أحد هذه الأنظمة (الشكل4-4-5) - نظام إدارة جودة البناء (CQMS)، والذي يستخدمه مهندس مراقبة الجودة من جانب العميل. وبمساعدته يتحقق مما إذا كان عنصر جديد من عناصر المشروع - في هذه الحالة "النافذة الجديدة" - يتوافق مع المعايير والمتطلبات المحددة.



الشكل4-4-5 تحويل المتطلبات النصية إلى شكل جدول مع وصف لسمات الكيانات يبسط الفهم بالنسبة للمتخصصين الآخرين.

وكمثال على ذلك، انظر إلى بعض المتطلبات المهمة لسمات الكيانات من نوع "أنظمة النوافذ" في نظام إدارة الجودة الشاملة (الشكل4-4-6): كفاءة الطاقة، والأداء الصوتي، وفترة الضمان. تتضمن كل فئة معايير ومواصفات

معينة يجب مراعاتها عند تصميم وتركيب أنظمة النوافذ.

الشكل4.4-6.4 يجب على مهندس مراقبة الجودة فحص عناصر نوع النافذة الجديدة للتأكد من كفاءة الطاقة وعزل الصوت ومعايير الضمان.

تحتوي متطلبات البيانات التي يحددها مهندس مراقبة الجودة في شكل جدول، على سبيل المثال، على القيم الحدية التالية:

- تتراوح فئة كفاءة الطاقة للنوافذ من "A++" التي تشير إلى أعلى كفاءة إلى "B" التي تعتبر الحد الأدنى المقبول، ويتم تمثيل هذه الفئات بقائمة من القيم المقبولة ["A"، "A"، "A"، "A"، "A+"، "A+"، "A++"، "A"، "B"].
- يُعرّف **العزل الصوتي** للنوافذ، الذي يقاس بالديسيبل ويبين قدرتها على تقليل ضوضاء الشارع، بالتعبير العادي \d{2}dB.
- تبدأ سمة **"فترة الضمان"** لكيان "نوع النافذة" بخمس سنوات، وتحدد هذه الفترة كحد أدنى مسموح به عند اختيار المنتج؛ كما يتم تحديد قيم فترة الضمان مثل **["5 سنوات"، "10 سنوات"، إلخ]** أو الشرط المنطقي **">5 (سنوات)".**

وفقًا للمتطلبات المجمعة، ضمن السمات المحددة، لن تجتاز عناصر فئة أو فئة النوافذ الجديدة التي تحمل درجات أقل من "B"، مثل "C" أو "D"، اختبار كفاءة الطاقة. يجب أن يكون العزل الصوتي للنوافذ في البيانات أو المستندات المقدمة إلى مهندس ضمان الجودة موسومة برقم مكون من رقمين متبوعًا بالبادئة اللاحقة "ديسيبل"، مثل "35 ديسيبل" أو "40 ديسيبل"، ولن يتم قبول القيم خارج هذا التنسيق مثل "D B 9" أو "100 ديسيبل" (حيث لن تجتاز النمط الخاص بسلاسل RegEx). يجب أن تبدأ فترة الضمان بـ "5 سنوات" كحد أدنى، ولن تفي النوافذ ذات فترات الضمان الأقصر مثل "3 سنوات" أو "4 سنوات" بالمتطلبات التي وصفها مهندس الجودة في تنسيق الجدول.

للتحقق من قيم معلمة السمة هذه مقابل القيم الحدية من المتطلبات في عملية التحقق من الصحة، نستخدم إما قائمة بالقيم المسموح بها (["أ"، "ب"، "ج"]، أو قواميس (["أ": "H2"، "H1"؛ "ب": "W2"، "W1")]، والعمليات المنطقية (على سبيل المثال، ">"، "<" و">" و"<=" و">=" "==") للقيم الرقمية) والتعبيرات العادية (لقيم السلاسل والقيم النصية كما في سمة "الأداء الصوتي"). تعد التعبيرات العادية أداة مهمة للغاية عند العمل مع قيم السلاسل.

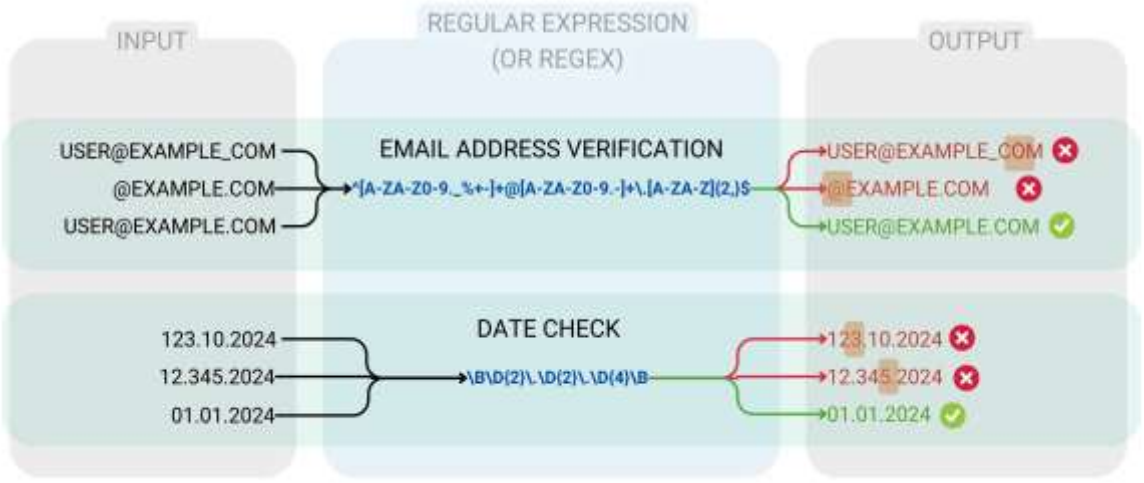
> تُستخدم التعبيرات العادية (RegEx) في لغات البرمجة، بما في ذلك Python (مكتبة Re)، للعثور على السلاسل وتعديلها. تشبه Regex محققًا في عالم السلاسل، فهي قادرة على تحديد الأنماط النصية في النص بدقة.

في التعبيرات العادية، يتم وصف الحروف مباشرةً باستخدام الأحرف الأبجدية المقابلة، بينما يمكن تمثيل الأرقام باستخدام الحرف الخاص \d، والذي يتوافق مع أي رقم من 0 إلى 9. تُستخدم الأقواس المربعة للإشارة إلى نطاق من الحروف أو الأرقام، على سبيل المثال [a-z] لأي حرف صغير من الأبجدية اللاتينية أو [0-9]، وهو ما يعادل \d. بالنسبة للأحرف غير الرقمية وغير الحروف، يتم استخدام \D و \W على التوالي.

حالات استخدام RegEx الشائعة (الشكل7-4.4):

- **التحقق من عنوان البريد الإلكتروني:** للتحقق مما إذا كانت السلسلة عنوان بريد إلكتروني صالح، يمكنك استخدام القالب "^ **$$[a-zA-ZA-Z0-9._%+-] +@[a-zA-Z0-9.-] +\.[a-zA-Z-Z] {2,}".**
- **استخراج التاريخ**: يمكن استخدام القالب **"\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\"** لاستخراج التاريخ من النص بتنسيق DD.MM.YYYYYY.
- التحقق من أرقام الهواتف: للتحقق من أرقام الهواتف بالصيغة +49(000)000-0000، سيبدو النمط على الشكل **"\+ \\{d{3}-\d{4}\\ \d{3}\(\d{2}\(".**

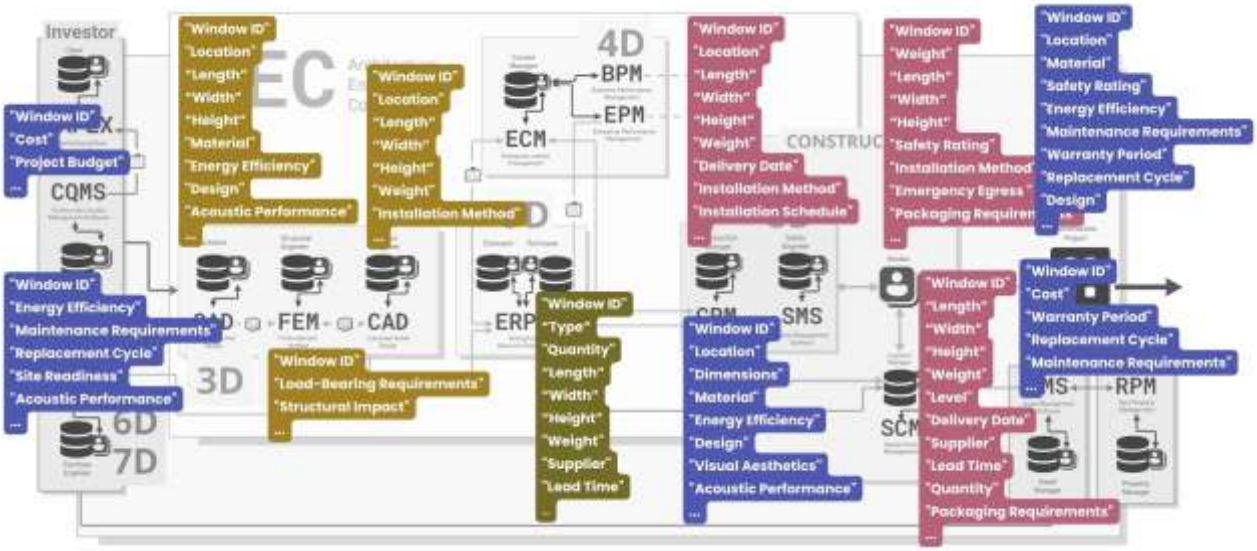
من خلال ترجمة المتطلبات لمهندس ضمان الجودة إلى شكل سمات وقيم حدودها (الشكل6-4-4)، قمنا بتحويلها من شكلها النصي الأصلي (المحادثات والرسائل والوثائق التنظيمية) إلى جدول منظم ومنظم، مما يجعل من الممكن التحقق من أي بيانات واردة وتحليلها تلقائيًا (مثل العناصر الجديدة من فئة النافذة). يسمح وجود المتطلبات بالتخلص تلقائيًا من البيانات التي لم يتم فحصها ونقل البيانات التي تم فحصها تلقائيًا إلى الأنظمة لمزيد من المعالجة.



الشكل7-4.4 استخدام التعبيرات العادية أداة بالغة الأهمية في عملية التحقق من صحة البيانات النصية.

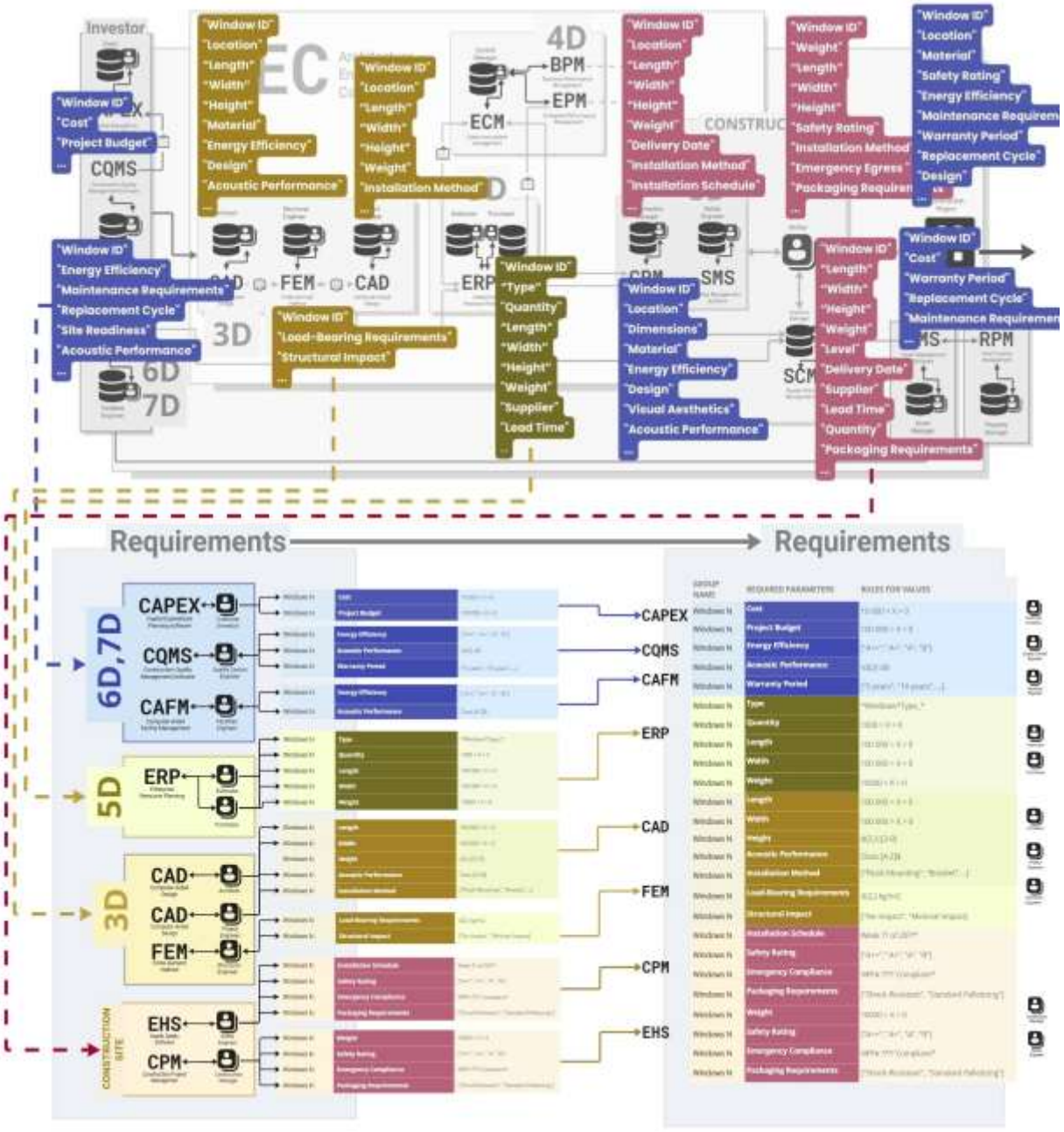
والآن، بالانتقال من المستوى المفاهيمي إلى المستوى المنطقي للعمل مع المتطلبات، سنقوم بتحويل جميع المتطلبات لجميع المتخصصين في عملية تثبيت نافذة جديدة (الشكل4-4-4.4) إلى قائمة مرتبة بصيغة السمات

وإضافة هذه القوائم مع السمات اللازمة إلى مخططنا الانسيابي لكل متخصص (الشكل8-4.4).



الشكل8-4.4 على مستوى العملية المنطقية، تتم إضافة السمات التي يعالجها كل متخصص إلى الأنظمة الخاصة بكل منها.

من خلال إضافة جميع السمات إلى جدول عملية واحد مشترك، نقوم بتحويل المعلومات التي كانت تقدم سابقًا كنص وحوار على المستوى المفاهيمي (الشكل1-4-4) إلى الشكل المنظم والمنهجي لجداول المستوى المادي (الشكل-4-4 9-4).



الشكل9-4.4 تحويل الحوار المتخصص غير المنظم إلى جداول منظمة يساعد على فهم متطلبات على المستوى المادي.

يجب الآن توصيل متطلبات البيانات إلى المتخصصين الذين يقومون بإنشاء معلومات لأنظمة محددة. على سبيل المثال، إذا كنت تعمل في قاعدة بيانات CAD، قبل البدء في نمذجة العناصر، يجب عليك جمع جميع المعلمات الضرورية بناءً على سيناريوهات الاستخدام النهائي للبيانات. ويبدأ ذلك عادةً بالمرحلة التشغيلية، يليها موقع البناء،

وقسم الخدمات اللوجستية، وقسم التقدير، وقسم الحسابات الهيكلية وما إلى ذلك. فقط بعد أن تأخذ في الاعتبار متطلبات جميع هذه المجالات، يمكنك البدء في إنشاء البيانات - بناءً على المعلمات التي تم جمعها. سيسمح لك ذلك بأتمتة التحقق من البيانات ونقلها على طول السلسلة في المستقبل.

عندما تفي البيانات الجديدة بالمتطلبات، يتم دمجها تلقائيًا في النظام البيئي لبيانات الشركة، وتذهب مباشرةً إلى المستخدمين والأنظمة التي تم تصميمها من أجلها. تضمن عملية التحقق من البيانات مقابل السمات وقيمها أن المعلومات تفي بمعايير الجودة المطلوبة وجاهزة للتطبيق على سيناريوهات الشركة.

لقد تم تحديد متطلبات البيانات، والآن، قبل أن يبدأ التحقق، يجب إنشاء البيانات التي سيتم التحقق منها أو الحصول عليها أو جمعها، أو يجب تسجيل الحالة الحالية للمعلومات في قواعد البيانات لاستخدامها في عملية التحقق.

جمع البيانات لعملية التحقق

قبل بدء عملية التحقق من الصحة، من المهم التأكد من توفر البيانات في شكل مناسب لعملية التحقق من الصحة. وهذا لا يعني مجرد توفر المعلومات فحسب، بل يعني إعدادها: يجب جمع البيانات وتحويلها من صيغ غير منظمة وغير مهيكلة ونصوصية وهندسية إلى شكل منظم. تم وصف هذه العملية بالتفصيل في الفصول السابقة، حيث تمت مناقشة طرق تحويل أنواع مختلفة من البيانات. نتيجة لجميع عمليات التحويل، تأخذ البيانات الواردة شكل جداول منظمة مفتوحة (الشكل2-4.1 ، الشكل9-4.1 ، الشكل13-4.1).

باستخدام المتطلبات والجداول المنظمة مع المعلمات والقيم الحدية اللازمة (الشكل9-4.4)، يمكننا البدء في التحقق من صحة البيانات - إما كعملية آلية واحدة (خط الأنابيب) أو كعملية تحقق من صحة كل مستند وارد خطوة بخطوة.

من أجل بدء عملية الفحص، يلزم إما تلقي ملف جديد كمدخلات أو إصلاح الحالة الحالية للبيانات - لإنشاء لقطة أو تصدير البيانات الحالية والواردة، أو إعداد اتصال بقاعدة بيانات خارجية أو داخلية. في المثال قيد النظر، يتم إنشاء مثل هذه اللقطة عن طريق تحويل بيانات CAD تلقائيًا من إلى تنسيق منظم مسجل في الساعة 23:00:00:00، على سبيل

المثال، يوم الجمعة 29 مارس 2024، بعد أن يكون جميع المصممين قد ذهبوا إلى منازلهم.

الشكل10-4.4 لقطة قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) تظهر معلومات السمة الحالية لكيان جديد من فئة "النافذة" في الإصدار الحالي من نموذج المشروع.

وبفضل أدوات الهندسة العكسية التي تمت مناقشتها في فصل "ترجمة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) إلى شكل منظم"، يمكن تنظيم هذه المعلومات من مختلف أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) والمحررين في جداول منفصلة (الشكل11-4.4) أو دمجها في جدول واحد مشترك يجمع بين أقسام المشروع المختلفة (الشكل-9.1 10).

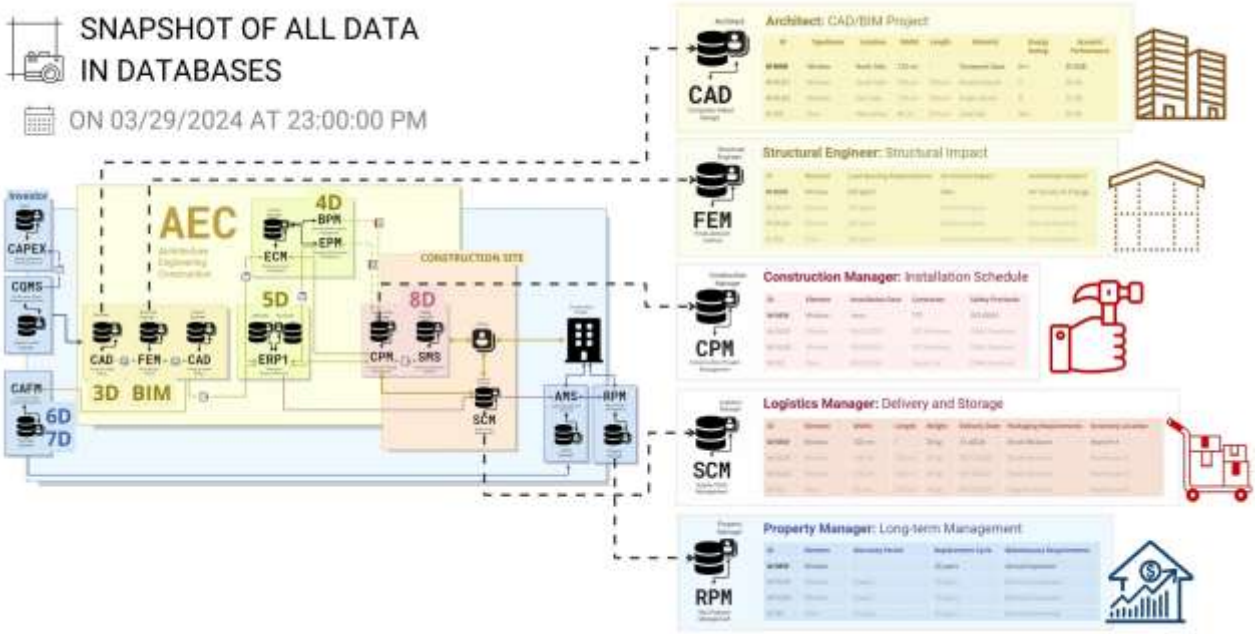
يعرض مثل هذا الجدول - قاعدة البيانات المعرّفات الفريدة للنوافذ والأبواب (سمة المعرف)، وأسماء الأنواع (اسم النوع)، والأبعاد (العرض، الطول)، والمواد (المواد)، بالإضافة إلى مؤشرات الطاقة والأداء الصوتي وغيرها من الخصائص. يقوم مهندس التصميم بتعبئة هذا الجدول في برنامج CAD (BIM) من قبل مهندس التصميم من مختلف الأقسام والوثائق، مما يشكل نموذج معلومات للمشروع.

الشكل11-4.4 البيانات المهيكلة من أنظمة CAD يمكن أن تكون جدولاً ثنائي الأبعاد مع أعمدة تشير إلى سمات العناصر.

تتضمن مشاريع CAD الحقيقي (BIM) عشرات أو مئات الآلاف من العناصر (الشكل10-9.1). يتم تصنيف العناصر داخل تنسيقات CAD تلقائيًا حسب النوع والفئة - من النوافذ والأبواب إلى الألواح والبلاطات والجدران. تسمح المعرفات الفريدة (مثل المعرف الأصلي، الذي يتم تعيينه تلقائيًا بواسطة حل التصميم بمساعدة الحاسوب) أو سمات النوع (اسم النوع، النوع، العائلة) بتتبع نفس الكائن في أنظمة مختلفة. على سبيل المثال، يمكن تحديد نافذة جديدة على الجدار الشمالي للمبنى بشكل فريد من خلال معرّف واحد "W-NEW" في جميع الأنظمة ذات الصلة في المؤسسة.

في حين يجب أن تكون أسماء الكيانات والمعرّفات متسقة في جميع الأنظمة، يمكن أن تختلف مجموعة السمات والقيم المرتبطة بهذه الكيانات بشكل كبير اعتمادًا على سياق الاستخدام. فالمهندسون المعماريون والمهندسون الإنشائيون ومهندسو الإنشاءات والإنشاءات والخدمات اللوجستية وصيانة الممتلكات ينظرون إلى نفس العناصر بطرق مختلفة. ويعتمد كل منهم على مصنفاته ومعاييره وأهدافه الخاصة: فالبعض ينظر إلى النافذة من وجهة نظر جمالية بحتة فيقيّم شكلها ونسبها، بينما ينظر إليها آخرون من وجهة نظر هندسية أو تشغيلية فيحللون التوصيل الحراري أو طريقة التركيب أو الوزن أو متطلبات الصيانة. لذلك، عند نمذجة البيانات ووصف العناصر، من المهم مراعاة تعدد استخداماتها وضمان اتساق البيانات مع مراعاة خصوصيات الصناعة.

لكل دور في عمليات الشركة هناك قواعد بيانات متخصصة مع واجهة مستخدم خاصة بها - من التصميم والحسابات إلى الخدمات اللوجستية والتركيب وتشغيل المبنى (الشكل12-4.4). تتم إدارة كل نظام من هذه الأنظمة من قبل فريق محترف من المتخصصين من خلال واجهة مستخدم خاصة أو من خلال استعلامات قاعدة البيانات، حيث يقف وراء مجموع جميع القرارات المتخذة بشأن القيم المدخلة في نهاية السلسلة مدير النظام أو مدير القسم، وهو المسؤول عن الصحة القانونية وجودة البيانات المدخلة إلى نظرائه الذين يخدمون الأنظمة الأخرى.



الشكل12-4.4 يكون للكيان نفسه نفس المعرّف في أنظمة مختلفة، ولكن له سمات مختلفة لا تكون مهمة إلا في ذلك النظام فقط.

بمجرد أن ننظم عملية جمع المتطلبات والبيانات المنظمة على المستوى المنطقي والمادي، يبقى علينا إعداد عملية للتحقق تلقائيًا من البيانات من مختلف المستندات الواردة والأنظمة المختلفة مقابل المتطلبات التي تم جمعها مسبقًا.

التحقق من البيانات ونتائج التحقق منها

يجب التحقق من صحة جميع البيانات الجديدة التي تدخل إلى النظام - سواء كانت مستندات أو جداول أو إدخالات قاعدة البيانات من العميل أو المهندس المعماري أو المهندس أو رئيس العمال أو المسؤول اللوجستي أو مدير الممتلكات - مقابل المتطلبات التي تمت صياغتها مسبقًا (الشكل9-4.4). تعتبر عملية التحقق من صحة البيانات أمرًا بالغ الأهمية: فأي أخطاء في البيانات يمكن أن تؤدي إلى حسابات غير صحيحة وتأخير في الجدول الزمني وحتى خسائر مالية. ولتقليل هذه المخاطر إلى أدنى حد ممكن، يجب تنظيم إجراء منهجي وتكراري للتحقق من صحة

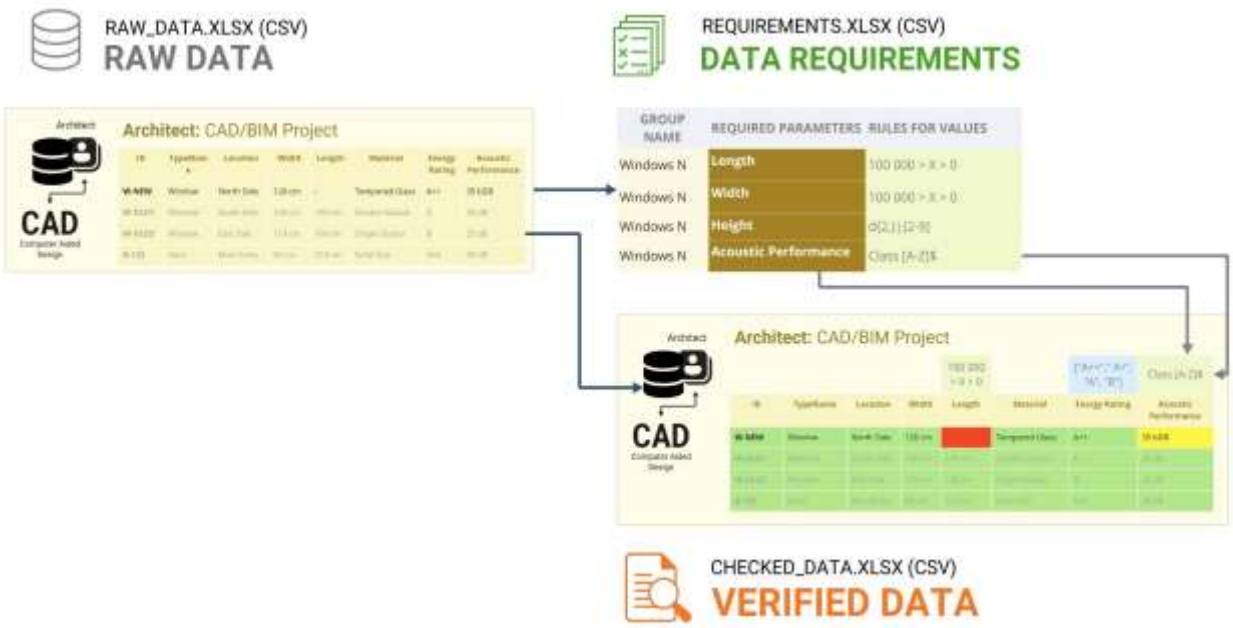
البيانات.

للتحقق من صحة البيانات الجديدة التي تدخل النظام - سواء كانت غير منظمة أو نصية أو هندسية - يجب تحويلها إلى تنسيق منظم أو منظم بشكل غير منظم. يجب أن تقوم عملية التحقق من صحة البيانات بعد ذلك بالتحقق من صحة البيانات مقابل قائمة كاملة من السمات المطلوبة وقيمها المسموح بها.

تمت مناقشة تحويل أنواع مختلفة من البيانات: النصوص والصور و PDF -المستندات و CAD (BIM) البيانات إلى شكل منظم بالتفصيل في فصل "تحويل البيانات إلى شكل منظم".

مثال على ذلك جدول تم الحصول عليه من مشروع CAD (BIM) (الشكل11-4.4). وهو يتضمن بيانات هندسية شبه منظمة ومعلومات سمة منظمة عن كيانات المشروع (الشكل14-3.1) - على سبيل المثال عنصر من فئة "النوافذ".

لإجراء عملية التحقق، نقوم بمقارنة قيم السمات (الشكل11-4.4) مع قيم الحدود المرجعية التي تم تحديدها من قبل الخبراء في شكل متطلبات (الشكل9-4.4). وسيوضح جدول المقارنة النهائي (الشكل13-4.4) أي القيم مقبولة وأيها يحتاج إلى تصحيح قبل أن يمكن استخدام البيانات خارج تطبيقات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM).



الشكل13-4.4 يسلط جدول التحقق النهائي الضوء على قيم السمات الخاصة بالكيان الجديد من الفئة "ويندوز" التي يجب الانتباه إليها.

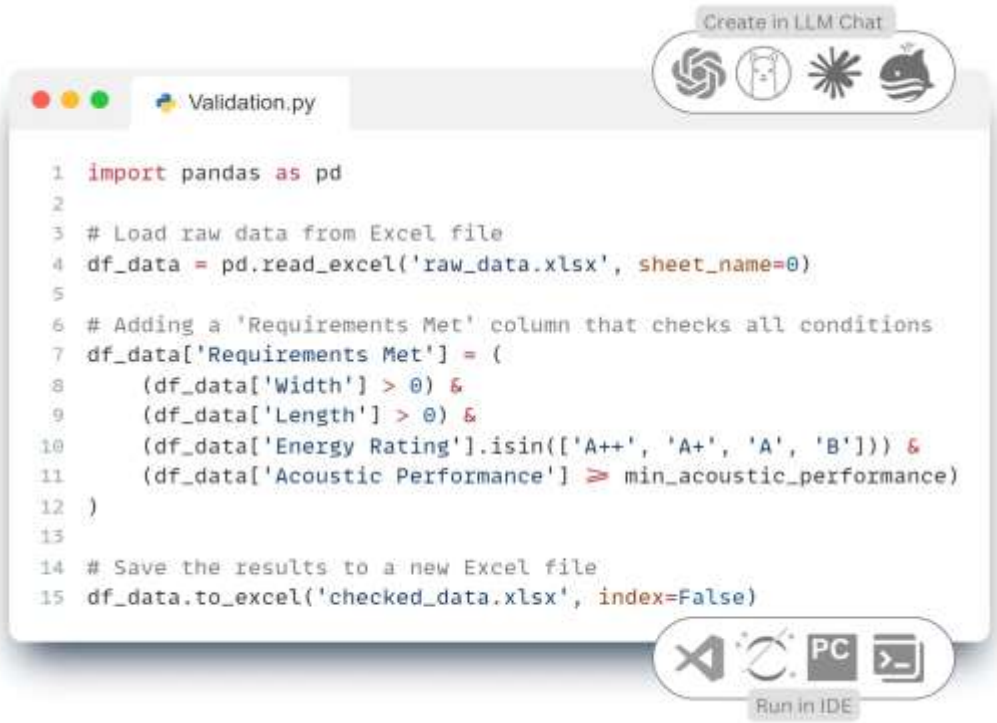
بتطبيق حل مماثل باستخدام مكتبة Pandas ، التي وصفناها سابقًا في الفصل "Pandas: أداة لا غنى عنها لتحليل البيانات"، سنتحقق من صحة البيانات من ملف مجدول مستخرج من ملف NWS ، DWG ، IFC ، RVT) (BIM) CAD، DGN) (الشكل11-4.4) باستخدام المتطلبات من ملف متطلبات مجدول آخر (الشكل9-4.4).

للحصول على الرمز، نحتاج إلى أن نصف في موجه LLM أننا بحاجة إلى تحميل البيانات من الملف **raw_data.xlsx** (مجموعة كاملة من البيانات من قاعدة بيانات (BIM) CAD)، **والتحقق** منها وحفظ النتيجة في ملف جديد **checked_data.xlsx** (الشكل13-4.4).

- لنحصل على الكود باستخدام LLM دون ذكر مكتبة Pandas:

اكتب كودًا للتحقق من الجدول من ملف raw_data.xlsx والتحقق من صحتها باستخدام قواعد التحقق التالية: قيم أعمدة "العرض" و"الطول" أكبر من الصفر، و"تصنيف الطاقة" مدرج في قائمة ["B"، "A"، "A+"، "A+"، "A++"]، و"الأداء الصوتي" كمتغير سنحدده لاحقًا - مع إضافة عمود التحقق النهائي، واحفظ الجدول النهائي في ملف Excel جديد ملف Excel checked_data.xlsx ⏎

ستصف إجابة LLM مثالاً قصيرًا لرمز Python يمكن تنقيحه وزيادته من خلال المطالبات اللاحقة:



الشكل14-4.4 يتحقق الرمز الذي تم إنشاؤه بواسطة نموذج LLM- من تصميم CAD (BIM) المحول من خلال التحقق من التصميم (BIM) مقابل متطلبات السمات في شكل قيم حدودية.

يمكن استخدام الكود الذي تم إنشاؤه بواسطة نموذج لغة LLM ، في أي أداة IDE أو أداة شائعة عبر الإنترنت: PyCharm، أو Visual Studio Code (VS Code)، أو Jupyter Notebook ، أو Spyder، أو Atom، أو

Sublime Text، أو Eclipse مع مكون PyDev الإضافي، أو Thonny، أو Wing IDE، أو IntelliJ IDEA مع مكون Python الإضافي ، أو JupyterLab أو الأدوات الشائعة عبر الإنترنت Kaggle.كوم و Google Collab و Microsoft Azure Notebooks و Amazon SageMaker.

سيُظهر تنفيذ الكود (الشكل4-4-14) أن "عناصر الكيان" W-OLD1 و W-OLD2 و D-122 (وغيرها من العناصر) من قاعدة بيانات CAD (BIM) تستوفي متطلبات السمة: العرض والطول أكبر من الصفر، وفئة كفاءة الطاقة هي إحدى قيم القائمة "C"، "B"، "A"، "A"، "A++" (الشكل4-4-15).

العنصر W-NEW الذي نحتاجه وأضفناه مؤخرًا، وهو المسؤول عن فئة العنصر الجديد "النافذة" في الجانب الشمالي، غير متوافق (السمة "استيفاء الشروط") لأن طوله صفر (تعتبر القيمة "0.0" غير مقبولة وفقًا لقاعدة "العرض">0) ولا يحدد فئة كفاءة الطاقة.

CHECKED_DATA.XLSX (CSV)

VERIFIED DATA

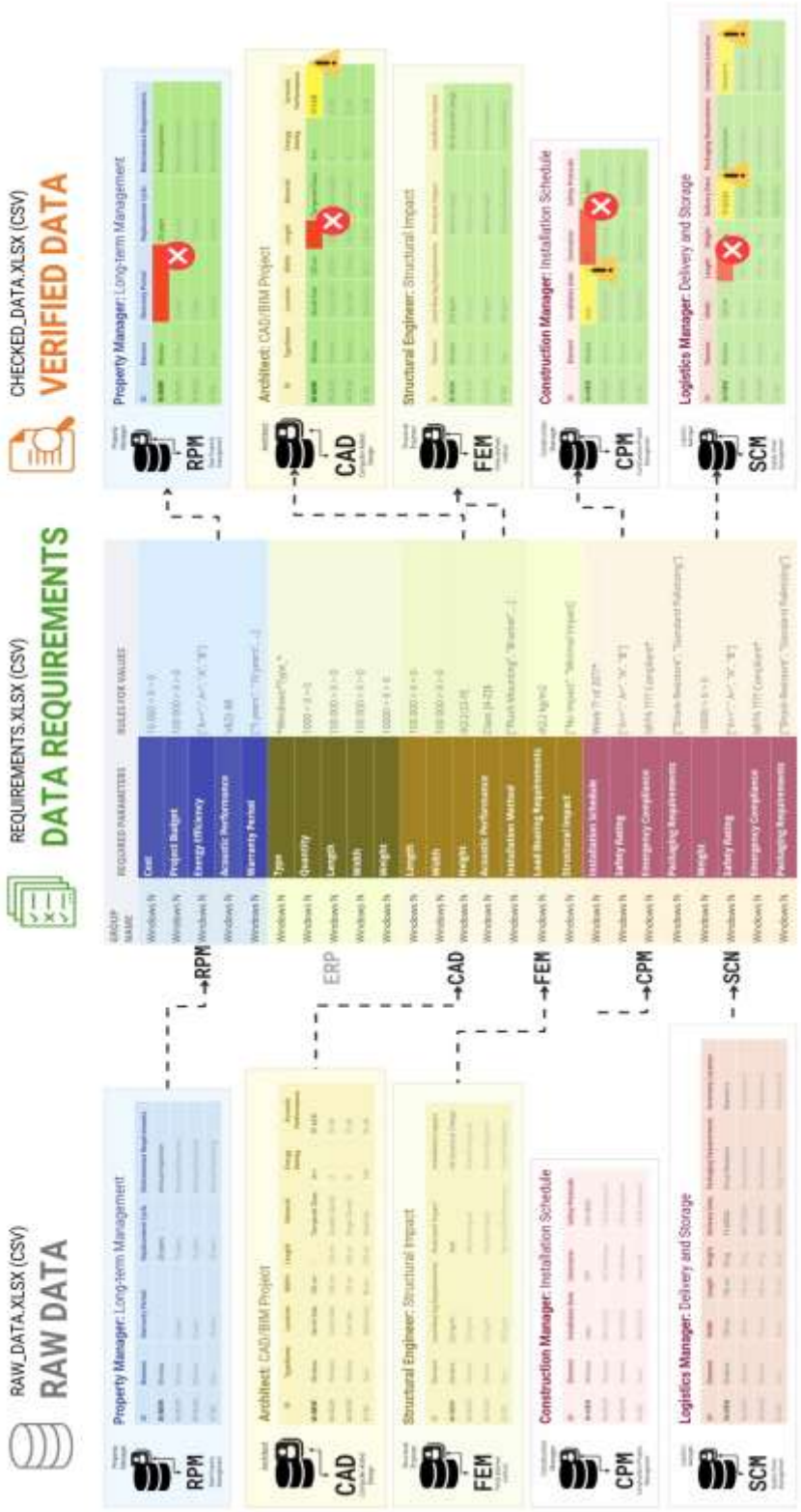
	ID	TypeName	Location	Width	Length	Material	Energy Rating	Acoustic Performance	Requirements Met
0	W-NEW	Window	North Side	120	0.0	Tempered Glass		35	False
1	W-OLD1	Window	South Side	100	140.0	Double Glazed	A++	30	True
2	W-OLD2	Window	East Side	110	160.0	Single Glazed	B	25	True
3	D-122	Door	Main Entry	90	210.0	Solid Oak	B	30	True

الشكل4-4-15 التحقق يحدد الكيانات التي لم تخضع لعملية التحقق ويضيف سمة جديدة بقيم "خطأ" أو "صواب" إلى النتائج.

وبالمثل، نقوم بالتحقق من اتساق جميع عناصر المشروع (الكيانات) والسمات المطلوبة لكل من الأنظمة أو الجداول أو قواعد البيانات في جميع البيانات التي نتلقاها من مختلف المتخصصين (الشكل4-4-1) أثناء عملية إضافة نافذة للمشروع.

في الجدول النهائي، من الملائم إبراز نتائج الفحص بالألوان للتصور: يُستخدم اللون الأخضر لتمييز السمات التي اجتازت الفحص بنجاح، والأصفر - القيم ذات الانحرافات غير الحرجة، والأحمر - التباينات الحرجة (الشكل16-4.4).

كنتيجة للتحقق من الصحة (الشكل16-4.4)، نحصل على قائمة بالعناصر الموثوقة والمصادق عليها مع معرّفاتها التي تم التحقق من استيفائها لمتطلبات السمات. توفر العناصر التي تم التحقق من صحتها تأكيدًا على أن هذه العناصر تفي بالمعايير والمواصفات المعلنة لجميع الأنظمة المشاركة في عملية إضافة عناصر فئة النافذة أو أي فئة أخرى (سنناقش المزيد حول أتمتة التحقق من صحة البيانات وإنشاء عملية ETL مؤتمتة في فصل "أتمتة ETL والتحقق من صحة البيانات").



الشكل16-4.4 تسمح نتيجة الفحص الذي تم إجراؤه لجميع الأنظمة بتحديد البيانات التي لا تفي بمتطلبات الشركة.

عادة لا تتطلب الكيانات التي تم التحقق من صحتها بنجاح الكثير من الاهتمام. فهي تنتقل إلى المراحل التالية من المعالجة والاندماج في أنظمة أخرى دون عوائق. وعلى النقيض من العناصر "عالية الجودة"، فإن العناصر التي تفشل في التحقق من صحتها هي التي تحظى بأكبر قدر من الاهتمام. المعلومات حول هذه الانحرافات أمر بالغ الأهمية: يجب إبلاغها ليس فقط في التقارير المجدولة، ولكن أيضًا باستخدام أدوات التصور المختلفة. ويساعد التمثيل البياني لنتائج التحقق على التقييم السريع للحالة العامة لجودة البيانات ، وتحديد المجالات التي تنطوي على مشاكل واتخاذ إجراءات تصحيحية أو تصحيحية على الفور.

عرض مرئي لنتائج التحقق

التصور هو أداة أساسية لتفسير نتائج التفتيش. فبالإضافة إلى الجداول الملخصة المعتادة، يمكن أن تتضمن لوحات المعلومات والرسوم البيانية ووثائق PDF التي يتم إنشاؤها تلقائيًا والتي تجمع عناصر المشروع حسب حالة التفتيش. يمكن أن يلعب الترميز بالألوان دورًا داعمًا هنا: يمكن أن يشير اللون الأخضر إلى العناصر التي تم التحقق من صحتها بنجاح، ويمكن أن يشير اللون الأصفر إلى العناصر التي تتطلب اهتمامًا إضافيًا، ويمكن أن يشير اللون الأحمر إلى العناصر التي بها أخطاء فادحة أو تفتقد إلى بيانات رئيسية.

في مثالنا (الشكل1-4.4)، نقوم بتحليل البيانات من كل نظام خطوة بخطوة: من CAD (BIM) وإدارة الممتلكات إلى الجداول الزمنية اللوجستية والتركيب (الشكل16-4.4). بعد التدقيق، يتم إنشاء تنبيهات فردية أو مستندات التقارير تلقائيًا لكل متخصص، على سبيل المثال بتنسيق PDF (الشكل17-4.4). إذا كانت البيانات صحيحة، يتلقى المتخصص رسالة قصيرة: "شكرًا لك على العمل معًا". إذا تم العثور على تناقضات، يتم إرسال تقرير مفصل بالصيغة التالية: "يسرد هذا المستند العناصر ومعرفاتها وسماتها وقيمها التي لم يتم التحقق من توافقها".

الشكل17-4.4 التحقق من صحة البيانات وإنشاء التقارير التلقائية يسرّع عملية العثور على أوجه القصور في البيانات وفهمها بالنسبة للمتخصص الذي يقوم بإنشاء البيانات.

بفضل عملية التحقق التلقائي من الصحة - بمجرد اكتشاف خطأ أو فجوة في البيانات، يتم إرسال إشعار فوري في شكل رسالة دردشة أو بريد إلكتروني أو مستند PDF - إلى الشخص المسؤول عن إنشاء أو معالجة الكيانات ذات الصلة وسماتها (الشكل18-4.4)، مع قائمة بالعناصر وأوصاف السمات التي لم يتم التحقق من صحتها.

الشكل18-4.4 تقارير الفحص التلقائي تسهل فهم الأخطاء وتسرع من عمل استكمال بيانات المشروع.

على سبيل المثال، في حالة وصول مستند إلى نظام إدارة الممتلكات (بعد الهيكلة) مع ملء سمة "فترة الضمان" بشكل

غير صحيح، يتلقى مدير الممتلكات تنبيهًا بقائمة من السمات التي يجب التحقق منها وتصحيحها.

وبالمثل، سيؤدي أي قصور في الجدول الزمني للتركيب أو البيانات اللوجستية إلى إنشاء تقرير تلقائي، وعلى سبيل المثال، إرسال إشعار عبر الدردشة أو رسالة بريد إلكتروني بنتائج الفحص إلى المختص المعني.

بالإضافة إلى المستندات والرسوم البيانية التي تحتوي على النتائج بصيغة PDF ، من الممكن إنشاء لوحات معلومات ونماذج تفاعلية ثلاثية الأبعاد (الشكل6-7.1 ، الشكل12-7.2) تبرز العناصر ذات السمات الناقصة، مما يسمح للمستخدمين باستخدام الأشكال الهندسية ثلاثية الأبعاد للعناصر بصريًا لتصفية وتقييم جودة واكتمال هذه العناصر في المشروع.

> إن تصور نتائج الفحص في شكل مستندات أو رسوم بيانية أو لوحات معلومات يتم إنشاؤها تلقائيًا يبسط إلى حد كبير تفسير البيانات ويسهل التواصل الفعال بين المشاركين في المشروع.

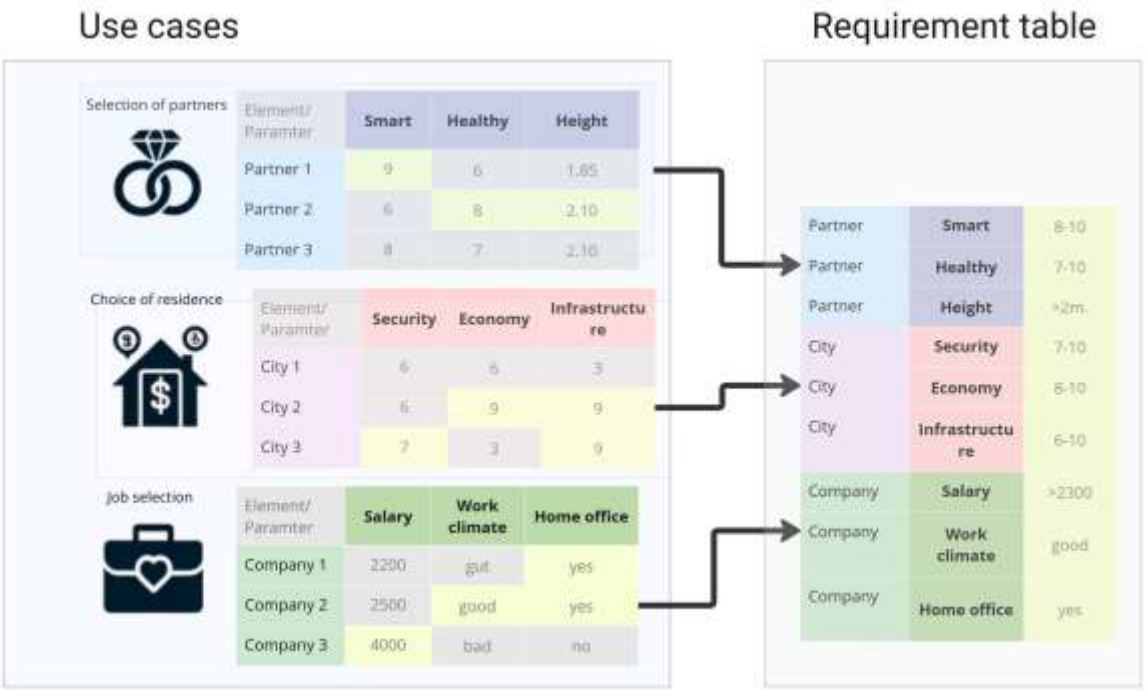
يمكن مقارنة عملية التحقق التلقائي من البيانات من مختلف الأنظمة ومصادر المعلومات بعملية اتخاذ القرارات المستنيرة في الحياة اليومية. فكما تأخذ الشركات في صناعة البناء والتشييد في الحسبان العديد من المتغيرات - بدءًا من موثوقية البيانات المدخلة إلى تأثيرها على توقيت وتكلفة وجودة تنفيذ المشروع - كذلك الأمر عند اتخاذ قرارات مهمة، على سبيل المثال، عند اختيار مكان للعيش، يزن الشخص مجموعة كاملة من العوامل: إمكانية الوصول إلى وسائل النقل والبنية التحتية والتكلفة والسلامة وجودة الحياة. كل هذه الاعتبارات تشكل منظومة من المعايير التي تشكل الأساس للقرارات النهائية التي تشكل حياتنا.

مقارنة فحوصات جودة البيانات مع احتياجات الحياة البشرية

على الرغم من التطوير المستمر لأساليب وأدوات مراقبة جودة البيانات، إلا أن المبدأ الأساسي للامتثال للمعلومات لم يتغير. هذا المبدأ مدمج في أساس نظام الإدارة الناضج، سواء في الأعمال التجارية أو في الحياة اليومية.

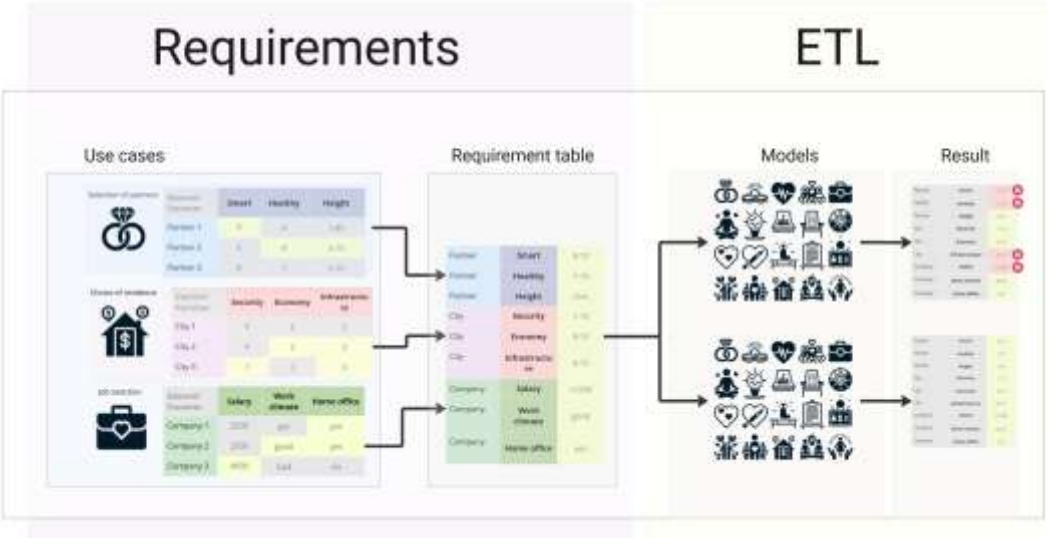
> إن عملية التحقق التكراري من صحة البيانات تشبه إلى حد كبير عملية اتخاذ القرار التي يواجهها الجميع بشكل يومي. في كلتا الحالتين، نحن نعتمد على الخبرة والبيانات والمعلومات الجديدة عند توفرها. ويتم اتخاذ المزيد والمزيد من القرارات الحياتية والمهنية - من القرارات الاستراتيجية إلى القرارات اليومية - بناءً على البيانات.

على سبيل المثال، عندما نختار مكانًا للعيش أو شريك الحياة، فإننا نشكل بشكل بديهي في أذهاننا جدولًا من المعايير والخصائص التي نقارن بها البدائل (الشكل19-4.4). وتمثل هذه الخصائص - سواء كانت صفات شخصية لشخص ما أو معايير لعقار ما - سمات تؤثر على القرار النهائي.



الشكل4.4-19 يعتمد اختيار الإقامة أو العمل أو الشراكة على متطلبات السمات الفردية.

ويسهم استخدام البيانات المنظمة والنهج الرسمي لوصف المتطلبات (الشكل4.4-20) في اتخاذ خيارات أكثر استنارة واستنارة في الحياة المهنية والشخصية على حد سواء.

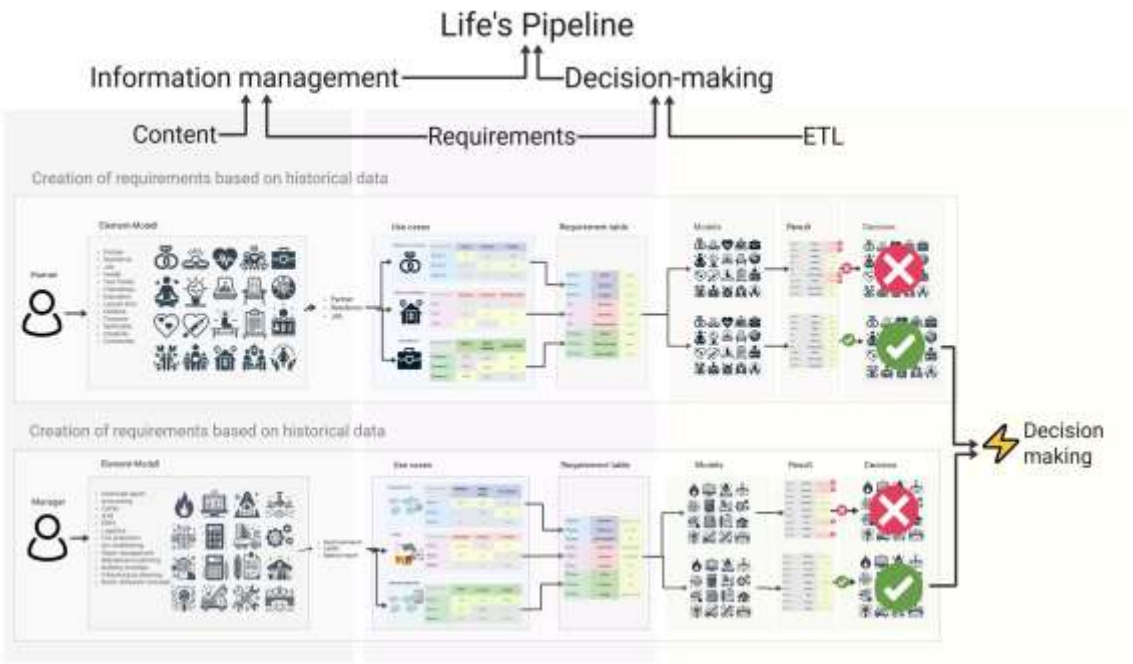


الشكل4.4-20 يسمح إضفاء الطابع الرسمي على المتطلبات بإضفاء الطابع المنهجي على تصور الحياة وقرارات العمل.

لا يعد نهج اتخاذ القرارات المستند إلى البيانات أداة تجارية حصرية. بل هو مدمج بسلاسة في الحياة اليومية أيضًا، باتباع خطوات معالجة البيانات الشائعة (الشكل4.4-21) على غرار عملية ETL (استخلاص وتحويل وتحميل) التي سبق أن ناقشناها في بداية هذا الجزء عند هيكلة البيانات والتي سندرسها بالتفصيل في سياق أتمتة المهام في الجزء السابع من الكتاب:

- **البيانات كأساس (مقتطف)**: في أي مجال - سواء كان العمل أو الحياة الشخصية - نقوم بجمع المعلومات. في مجال العمل، يمكن أن تكون تقارير وأرقام وبيانات السوق؛ وفي الحياة الشخصية، يمكن أن تكون تجارب شخصية، ونصائح من أحبائنا، وملاحظات وملاحظات.
- **معايير التقييم (التحويل):** يتم تفسير المعلومات التي يتم جمعها على أساس معايير محددة مسبقًا. في العمل، هذه هي مؤشرات الأداء (مؤشرات الأداء الرئيسية)، وقيود الميزانية والمعايير؛ وفي الحياة الشخصية، معايير مثل السعر، والملاءمة، والموثوقية، والكاريزما، وما إلى ذلك.
- التنبؤ وتحليل المخاطر (التحميل): تتضمن المرحلة الأخيرة اتخاذ القرارات بناءً على تحليل البيانات المحولة ومقارنة النتائج المحتملة. وهذا يشبه العمليات التجارية، حيث تمر البيانات من خلال منطق الأعمال ومرشح المخاطر.

فالقرارات التي نتخذها - بدءًا من التفضيلات التافهة مثل ما نأكله على الفطور إلى الأحداث الحياتية الكبرى مثل اختيار مهنة أو شريك حياة - هي بطبيعتها نتيجة لمعالجة البيانات وتقييمها.



الشكل21-4.4 الأعمال والحياة بشكل عام هي سلسلة من القرارات المستندة إلى البيانات حيث تعتبر جودة البيانات المستخدمة في اتخاذ القرارات عاملاً رئيسيًا.

كل شيء في حياتنا مترابط، ومثلما تتبع الكائنات الحية، بما في ذلك البشر، قوانين الطبيعة، وتتطور وتتكيف مع الظروف المتغيرة، فإن العمليات البشرية، بما في ذلك كيفية جمع البيانات وتحليلها، تعكس هذه المبادئ الطبيعية. إن العلاقة الوثيقة بين الطبيعة والنشاط البشري لا تؤكد اعتمادنا على الطبيعة فحسب، بل تؤكد أيضًا رغبتنا في تطبيق القوانين التي صقلتها ملايين السنين من التطور لإنشاء بنى وعمليات وأنظمة البيانات لاتخاذ القرارات.

تُعد التقنيات الجديدة، خاصة في مجال البناء، مثالاً ساطعًا على كيفية استلهام البشرية من الطبيعة مرة تلو الأخرى لابتكار حلول أفضل وأكثر استدامة وكفاءة.

الخطوات التالية: تحويل البيانات إلى حسابات وخطط دقيقة

تناولنا في هذا الجزء كيفية تحويل البيانات غير المنظمة إلى تنسيق منظم، وتطوير نماذج البيانات وتنظيم عمليات التحقق من جودة المعلومات في مشاريع البناء. تعتبر إدارة البيانات وتوحيدها وتصنيفها عملية أساسية تتطلب نهجاً منهجياً وفهماً واضحاً لمتطلبات العمل. تسمح التقنيات والأدوات التي تمت مناقشتها في هذا الجزء بالتكامل الموثوق بين الأنظمة المختلفة طوال دورة حياة الكائن بأكملها.

لتلخيص هذا الجزء، دعنا نسلط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق المناهج التي تمت مناقشتها في مهامك اليومية:

- ابدأ بتنظيم المتطلبات
  - ☐ إنشاء سجل للسمات والمعلمات للعناصر الرئيسية لمشاريعك وعمليات
  - ☐ توثيق القيم الحدية لكل سمة
  - ☐ تصور العمليات والعلاقات بين الفئات والأنظمة والسمات باستخدام المخططات الانسيابية (على سبيل المثال في Miro وCanva وVisio)
- تحويل البيانات تلقائيًا
  - ☐ تحقق من أي من مستنداتك التي يتم استخدامها بشكل متكرر في العمليات يمكن رقمنتها باستخدام مكتبات التعرف الضوئي على الحروف وتحويلها إلى شكل جدولي
  - ☐ تحقق من أدوات الهندسة العكسية لاستخراج البيانات من CAD (BIM)
  - ☐ حاول إعداد الاسترداد التلقائي للبيانات من المستندات أو التنسيقات التي تستخدمها بشكل متكرر في

عملك إلى نموذج جدول بيانات

- ☐ إعداد التحويلات التلقائية بين تنسيقات البيانات المختلفة
- ■ إنشاء قاعدة معرفية للتصنيف
- ☐ تطوير مصنف داخلي أو استخدام مصنف عناصر موجود حاليًا يتماشى مع معايير الصناعة
- ☐ توثيق العلاقات المتبادلة بين أنظمة التصنيف المختلفة
- ☐ ناقش مع فريقك موضوع استخدام نظام موحد لتحديد العناصر وتصنيفها بشكل لا لبس فيه
- ☐ ابدأ في بناء عملية للتحقق من صحة البيانات تلقائيًا - سواء تلك التي تعمل بها داخل الفريق أو تلك التي يتم تمريرها إلى الأنظمة الخارجية

وباستخدام هذه الأساليب، يمكنك تحسين جودة بياناتك بشكل كبير وتبسيط معالجتها وتحويلها لاحقاً. في الأجزاء التالية من هذا الكتاب، سنبحث في كيفية تطبيق البيانات المهيكلة والمعدة بالفعل لإجراء الحسابات الآلية وتقدير التكاليف والجدولة وإدارة مشاريع البناء.

الجزء V

حسابات التكلفة والوقت: دمج البيانات في عمليات الإنشاءات

الجزء الخامس مخصص للجوانب العملية لاستخدام البيانات لتحسين تقدير التكاليف والتخطيط لمشاريع البناء. ويتم تحليل الطريقة القائمة على الموارد لتقدير التكاليف وأتمتة عمليات التقدير بالتفصيل. كما يتم النظر في طرق الحصول الآلي على طريقة الحصول على الكمية المأخوذة) من نماذج (BIM) CAD وتكاملها مع أنظمة الحساب. يتم استكشاف تقنيات النمذجة 4D و 5D لجدولة الوقت وإدارة تكاليف البناء، مع أمثلة محددة لتطبيقها. كما يتم عرض تحليل لطبقات المعلومات الموسعة 6D -8D ، التي توفر نهجًا متكاملًا لتقييم استدامة وتشغيل وسلامة المنشآت العقارية. كما يتم النظر بالتفصيل في طرق حساب البصمة الكربونية ومؤشرات البيئة والصحة والسلامة لمشاريع البناء في سياق المتطلبات والمعايير البيئية الحديثة. يتم تقييم إمكانيات وقيود أنظمة تخطيط موارد المؤسسات التقليدية ونظام إدارة المشاريع في إدارة عمليات البناء تقييماً نقدياً، مع تحليل تأثيرها على شفافية التسعير. ويجري التنبؤ بآفاق الانتقال من الحلول المغلقة إلى المعايير المفتوحة وأدوات تحليل البيانات المرنة القادرة على ضمان كفاءة أكبر لعمليات التشييد.

الفصل 5.1.

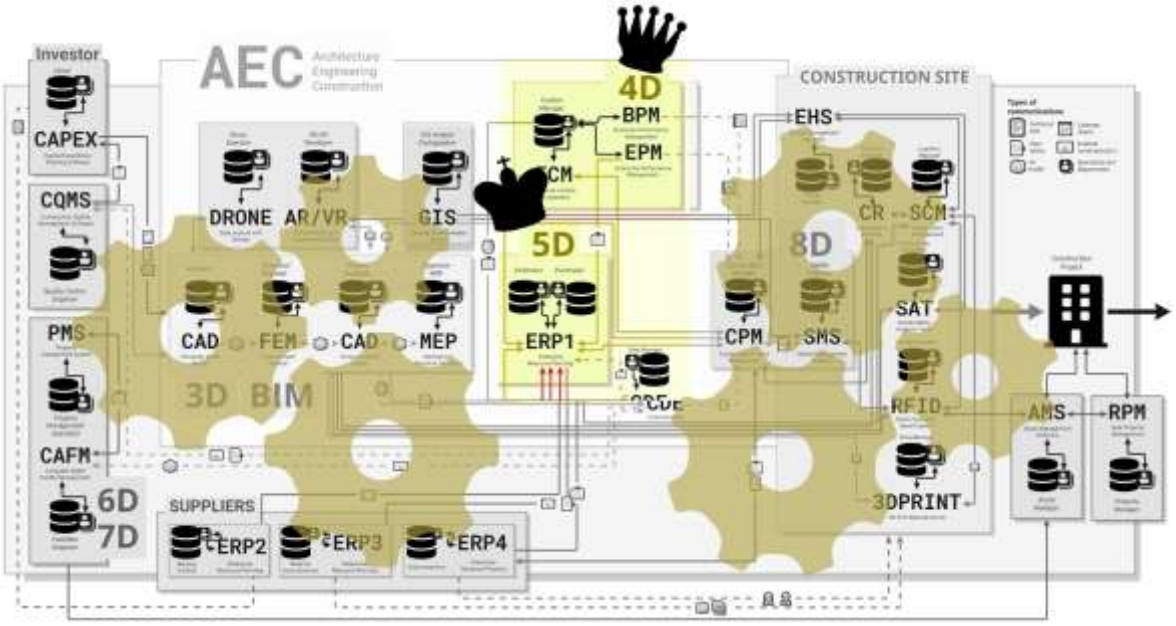
حسابات وتقديرات التكلفة لمشاريع الإنشاءات

أساسيات الإنشاءات: تقدير الكمية والتكلفة والوقت

من بين العديد من العمليات التجارية التي تحدد استدامة الشركة في صناعة البناء والتشييد، تكتسب عمليات التقدير الدقيق لعدد العناصر وتكلفة المشروع ووقت التسليم أهمية خاصة - كما كانت منذ آلاف السنين - (الشكل 5.1-1).

كان تطور الكتابة نتيجة لمجموعة من العوامل، بما في ذلك الحاجة إلى تسجيل المعاملات الاقتصادية والتجارة وإدارة الموارد في المجتمعات المبكرة. وقد استُخدمت أولى الوثائق ذات الأهمية القانونية، وهي الألواح الطينية التي تحتوي على حسابات تكاليف المواد ورسوم العمالة، في سياق التجارة والبناء. وسجلت هذه الألواح التزامات الأطراف في تشييد المباني وتم الاحتفاظ بها كدليل على الاتفاقات والعلاقات المالية والتجارية.

على مدى آلاف السنين، ظل نهج التقدير دون تغيير إلى حد كبير: كانت الحسابات تُجرى يدويًا، بالاعتماد على خبرة وحدس المهندس المقدر. ومع ذلك، مع ظهور أنظمة تخطيط موارد المؤسسات المعيارية وأدوات التصميم بمساعدة الحاسوب، بدأ النهج التقليدي لتقدير الكمية والتكلفة والوقت في التحول بسرعة. تتيح التقنيات الرقمية اليوم إمكانية أتمتة الحسابات الرئيسية للوقت والتكلفة بشكل كامل، مما يتيح مزيدًا من الدقة والسرعة والشفافية في تخطيط الموارد لمشاريع البناء.



الشكل5.1-5.1 من بين العديد من الأنظمة المختلفة، تعتبر الأدوات المسؤولة عن مقاييس الحجم والتكلفة والوقت هي الأكثر أهمية في مجال الأعمال.

ينصب تركيز شركات الإنشاءات على دقة بيانات الوقت والتكلفة. وهذه بدورها تعتمد على كمية المواد والعمالة المستخدمة، وتؤثر شفافيتها على الربحية. ومع ذلك، فإن تعقيد عمليات الحساب وافتقارها إلى الشفافية غالباً ما يؤديان إلى ارتفاع تكاليف المشروع وفوات المواعيد النهائية وحتى الإفلاس.

> ووفقًا لتقرير KPMG "مشاكل مألوفة - مقاربات جديدة" (2023)، فإن 50% فقط من مشاريع البناء يتم إنجازها في الوقت المحدد، و87% من الشركات تفيد بزيادة التحكم في اقتصاديات المشاريع الرأسمالية. ترتبط المشاكل الرئيسية بنقص الموظفين المؤهلين وصعوبة التنبؤ بالمخاطر [2].

يتم جمع بيانات التكاليف التاريخية وبيانات وقت العمليات أثناء إنشاء المشاريع السابقة طوال عمر شركة الإنشاءات وإدخالها في قواعد بيانات الأنظمة المختلفة (ERP ، نظام إدارة المشاريع BPM، EPM ، إلخ).

> يعد امتلاك بيانات جيدة النوعية لتقدير التكاليف التاريخية ميزة تنافسية كبيرة لمؤسسة الإنشاءات، مما يؤثر بشكل مباشر على قدرتها على البقاء.

يتم إنشاء أقسام التقدير وتقدير التكاليف في شركات الإنشاءات والهندسة لجمع وتخزين وتحديث البيانات التاريخية المتعلقة بحسابات المشاريع. وتتمثل وظيفتها الرئيسية في تجميع وتنظيم خبرة الشركة، مما يسمح بتحسين دقة تقدير نطاق وتوقيت وتكلفة المشاريع الجديدة بمرور الوقت. ويساعد هذا النهج على تقليل الأخطاء في الحسابات المستقبلية استناداً إلى ممارسة ونتائج المشاريع المنفذة بالفعل.

طرق حساب التكلفة التقديرية للمشاريع

يستخدم أخصائيو تقدير التكاليف مجموعة متنوعة من طرق التقدير التي يركز كل منها على نوع معين من البيانات وتوافر المعلومات ومستوى تفاصيل المشروع. وتشمل أكثرها شيوعاً ما يلي:

- **الطريقة القائمة على الموارد**: تقدير التكلفة التقديرية للمشروع بناءً على تحليل مفصل لجميع الموارد المطلوبة، مثل المواد والمعدات والعمالة. وتتطلب هذه الطريقة قائمة مفصلة بجميع المهام والموارد المطلوبة لتنفيذ كل مهمة، يليها حساب تكلفتها. هذه الطريقة دقيقة للغاية وتستخدم على نطاق واسع في تقدير التكاليف.
- **الطريقة البارامترية**: تستخدم النماذج الإحصائية لتقدير التكاليف بناءً على معايير المشروع. وقد يشمل ذلك تحليل التكلفة لكل وحدة قياس، مثل مساحة المبنى أو نطاق العمل، وتكييف هذه القيم مع ظروف المشروع المحددة. وتكون هذه الطريقة فعالة بشكل خاص في المراحل المبكرة عندما لا تتوفر معلومات مفصلة بعد.
- طريقة الوحدة (**طريقة** تكلفة الوحدة): تحسب التكلفة التقديرية للمشروع على أساس التكلفة لكل وحدة قياس (على سبيل المثال لكل متر مربع أو متر مكعب). يوفر ذلك طريقة سريعة وسهلة لمقارنة وتحليل تكلفة المشاريع المختلفة أو أجزاء من المشاريع.
- حكم **الخبراء** (أسلوب دلفي): يستند إلى آراء الخبراء الذين يستخدمون خبرتهم ومعرفتهم لتقدير قيمة

المشروع. ويكون هذا النهج مفيداً عندما لا تتوفر بيانات أساسية دقيقة أو عندما يكون المشروع فريداً من نوعه.

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن تكييف الطريقة البارامترية وأحكام الخبراء مع نماذج التعلم الآلي. يسمح ذلك بالتوليد التلقائي لتوقعات تكلفة المشروع والجدول الزمني بناءً على عينات التدريب. وترد مناقشة أمثلة على تطبيق هذه النماذج بمزيد من التفصيل في الفصل المعنون "مثال على استخدام التعلم الآلي لإيجاد تكلفة المشروع وجدوله الزمني" (الشكل-9.3 5).

ومع ذلك، تظل الطريقة القائمة على الموارد هي الأكثر شيوعًا والأكثر استخدامًا في الممارسة العالمية. وهي لا توفر تقييماً دقيقاً للتكلفة التقديرية فحسب، بل تسمح أيضاً بحساب مدة العمليات الفردية في موقع البناء والمشروع بأكمله (مزيد من التفاصيل في الفصل "جداول البناء وبيانات المشروع 4D - بيانات المشروع").

الطريقة المستندة إلى الموارد تقدير التكاليف وتقديرها في البناء

حساب التكاليف على أساس الموارد هو طريقة للمحاسبة الإدارية تستند فيها تكلفة المشروع إلى حساب مباشر لجميع الموارد المعنية. وفي مجال البناء، يتضمن هذا النهج تحليلاً وتقييماً مفصلاً لجميع الموارد المادية والعمالية والتقنية اللازمة لأداء العمل.

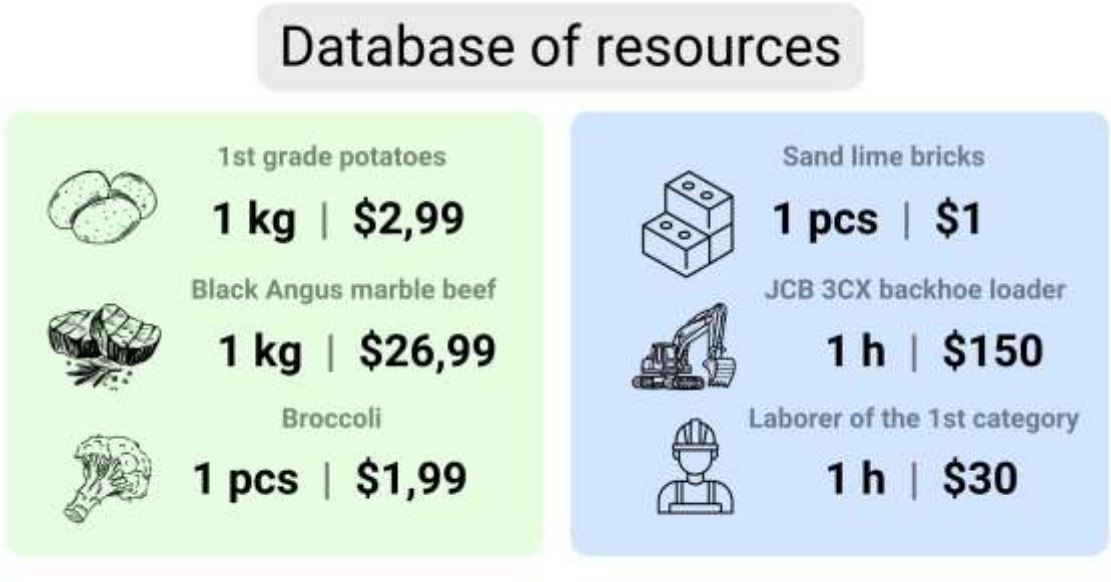
وتوفر الطريقة القائمة على الموارد ، درجة عالية من الشفافية والدقة في تخطيط الميزانية، حيث إنها تركز على الأسعار الفعلية للموارد وقت التقدير. ويكتسي هذا الأمر أهمية خاصة في بيئة اقتصادية غير مستقرة حيث يمكن أن تؤثر تقلبات الأسعار بشكل كبير على التكلفة الإجمالية للمشروع.

في الفصول التالية سنتناول بالتفصيل عملية تقدير التكاليف على أساس الموارد. ولفهم مبادئها في البناء بشكل أفضل، سنقوم بتشبيهها بعملية حساب تكلفة العشاء في مطعم. يقوم مدير المطعم، وهو يخطط للأمسية بإعداد قائمة بالمنتجات اللازمة، ويأخذ في الاعتبار وقت طهي كل طبق، ثم يضرب التكاليف في عدد الضيوف. في البناء، تكون العملية مماثلة: لكل فئة من عناصر المشروع (العناصر)، يتم إنشاء تقديرات مفصلة وصفات ، ويتم تحديد التكلفة الإجمالية للمشروع من خلال جمع كل التكاليف في فاتورة إجمالية - التقدير النهائي حسب الفئة.

تتمثل المرحلة الأساسية والأولية للنهج القائم على الموارد في إنشاء قاعدة البيانات الأولية للشركة. في المرحلة الأولى من تقدير التكاليف، يتم تجميع قائمة منظمة لجميع الأصناف والمواد وأنواع العمل والموارد التي تمتلكها الشركة في مشاريعها الإنشائية - من مسمار في المستودع إلى وصف الأشخاص من خلال مؤهلاتهم وأجرهم بالساعة -. **تُنظم هذه المعلومات في "قاعدة بيانات موارد ومواد البناء" - وهي عبارة عن سجل مجدول يحتوي على بيانات عن الأسماء والخصائص ووحدات القياس والأسعار الحالية. وقاعدة البيانات هذه هي التي تصبح المصدر الرئيسي والأساسي للمعلومات لجميع حسابات الموارد اللاحقة - سواء من حيث التكلفة أو توقيت الأعمال.**

قاعدة بيانات موارد البناء: كتالوج مواد البناء والأعمال الإنشائية

قاعدة بيانات أو جدول لموارد ومواد البناء - يتضمن معلومات مفصلة عن كل عنصر يمكن استخدامه في مشروع بناء - منتج أو صنف أو مادة أو خدمة، بما في ذلك اسمه ووصفه ووحدة قياسه وتكلفة الوحدة، مسجلة في شكل منظم. ويمكنك أن تجد في هذا الجدول كل شيء بدءًا من الأنواع المختلفة للوقود والمواد المستخدمة في المشاريع إلى قوائم مفصلة للمتخصصين في شكل فئات مختلفة مع وصف لأسعار الساعة (الشكل2-5.1).

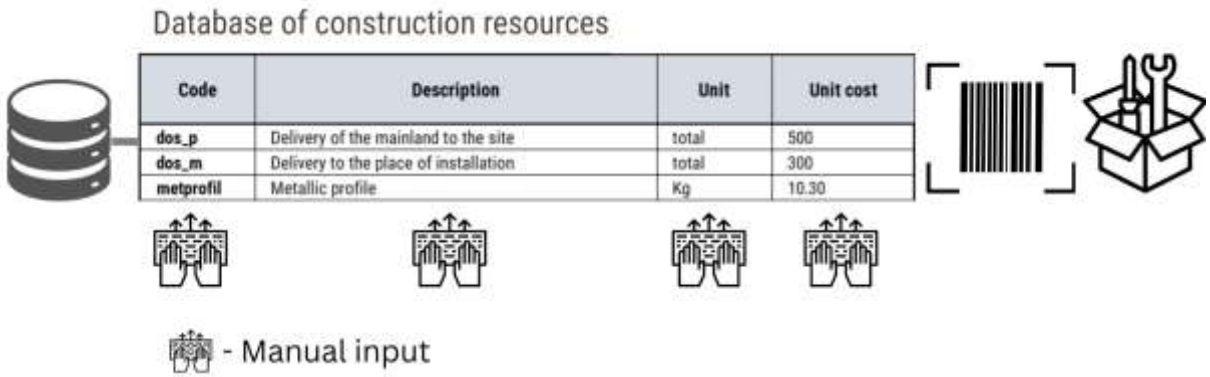


الشكل5.1-2.5 جدول الموارد هو قائمة مكونات تصف المادة والخدمة مع تكلفة الوحدة.

تشبه "قاعدة بيانات الموارد" كتالوج المنتجات في المتجر الإلكتروني، حيث يحتوي كل عنصر على وصف تفصيلي لسماته. وهذا يسهل على مقدري التكاليف اختيار الموارد المناسبة (مثل اختيار المنتجات عند الإضافة إلى سلة التسوق) اللازمة لحساب عمليات بناء محددة في شكل حسابات (الطلب النهائي في المتجر الإلكتروني).

يمكن أيضًا اعتبار قاعدة بيانات الموارد كقائمة بجميع المكونات في كتاب طبخ مطعم. كل مواد البناء والمعدات والخدمات تشبه المكونات المستخدمة في الوصفات. "قاعدة بيانات الموارد" هي قائمة مفصلة بجميع المكونات - مواد البناء والخدمات، بما في ذلك تكلفتها لكل وحدة: قطعة، متر، ساعة، لتر، إلخ.

يمكن إضافة عناصر الكيانات الجديدة إلى جدول "قواعد بيانات موارد البناء" بطريقتين - يدويًا (الشكل5.1-3) أو تلقائيًا عن طريق التكامل مع أنظمة إدارة المخزون أو قواعد بيانات الموردين الخاصة بالشركة.



الشكل3-1-5.1 يتم ملء قاعدة بيانات الموارد يدويًا أو تعتمد تلقائيًا البيانات من قواعد البيانات الأخرى.

تستخدم شركة إنشاءات نموذجية متوسطة الحجم قاعدة بيانات تحتوي على آلاف وأحيانًا عشرات الآلاف من العناصر ذات الأوصاف التفصيلية التي يمكن استخدامها في مشاريع البناء. ثم يتم استخدام هذه البيانات تلقائيًا في العقود ووثائق المشروع لوصف تكوين العمل والعمليات بدقة

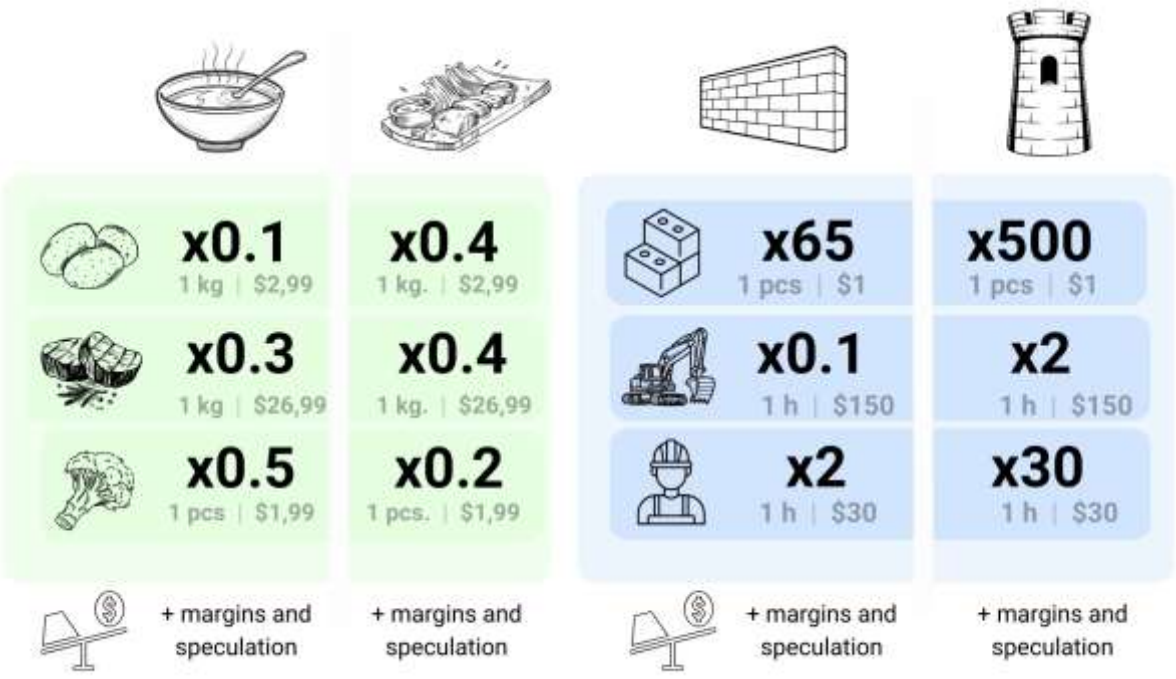
ولمواكبة ظروف السوق المتغيرة مثل التضخم، يتم تحديث سمة "تكلفة الوحدة" لكل منتج (سلعة أو خدمة) في قاعدة بيانات الموارد (الشكل3-1-5) بانتظام يدويًا أو عن طريق تنزيل الأسعار الحالية تلقائيًا من أنظمة أخرى أو منصات إلكترونية أخرى.

قد يتم تحديث تكلفة الوحدة لمورد ما شهرياً أو فصلياً أو سنوياً، وذلك حسب طبيعة المورد والتضخم والمناخ الاقتصادي الخارجي. وتعد هذه التحديثات ضرورية للحفاظ على دقة الحسابات والتقديرات، حيث أن هذه العناصر الأساسية هي نقطة الانطلاق لعمل مقدري التكاليف. يتم استخدام البيانات المحدثة لإنشاء تقديرات وميزانيات وجداول زمنية تعكس ظروف السوق الحقيقية وتقلل من مخاطر الأخطاء في حسابات المشروع اللاحقة.

تجميع الحسابات وتقدير تكاليف الأعمال على أساس قاعدة الموارد

بعد ملء "قاعدة بيانات موارد البناء" (الشكل3-5.1) بالحد الأدنى من كيانات الوحدات، يمكنك البدء في إنشاء الحسابات ، والتي يتم حسابها لكل عملية أو عمل في موقع البناء لوحدات قياس معينة: على سبيل المثال، لكل متر مكعب من الخرسانة أو متر مربع من الجص الجصي أو لكل متر من الرصيف أو لكل تركيب نافذة.

على سبيل المثال، لبناء جدار من الطوب مساحته 1 متر مربع (الشكل4-5.1)، استنادًا إلى الخبرة المكتسبة من المشاريع السابقة، يلزم حوالي 65 طوبة (الكيان "طوب السيليكات") بتكلفة دولار واحد للقطعة الواحدة (السمة "التكلفة لكل قطعة")، أي ما مجموعه 65 دولارًا. أيضًا، من واقع خبرتي، يلزم استخدام معدات البناء (الكيان "JCB 3CX Loader") لمدة 10 دقائق لوضع الطوب بالقرب من منطقة العمل. نظرًا لأن تكلفة استئجار المعدات تبلغ 150 دولارًا لكل ساعة، فإن تكلفة استخدام 6 دقائق من الاستخدام تبلغ 15 دولارًا تقريبًا. وبالإضافة إلى ذلك، ستكون هناك حاجة إلى مقاول لوضع الطوب لمدة ساعتين، بمعدل 30 دولارًا في الساعة وإجمالي 60 دولارًا.



الشكل4-5-1.5 تقدم حسابات التكلفة قائمة مفصلة بمواد البناء والخدمات المطلوبة لتنفيذ الأعمال والعمليات.

يتم تشكيل تركيبة الحسابات (ما يسمى "الوصفات") على أساس الخبرة التاريخية المتراكمة لدى الشركة في عملية أداء حجم كبير من الأعمال المماثلة. وعادة ما تتراكم هذه الخبرة العملية من خلال التغذية المرتدة من موقع البناء. وعلى وجه الخصوص، يقوم رئيس العمال بجمع المعلومات مباشرةً في موقع البناء، وتسجيل تكاليف العمالة الفعلية واستهلاك المواد والفروق الدقيقة في العمليات التكنولوجية. وبالتعاون مع قسم التقدير، يتم بعد ذلك تنقيح هذه المعلومات بشكل متكرر: يتم تنقيح أوصاف العمليات، وتعديل مزيج الموارد، وتحديث التكاليف لتعكس البيانات الفعلية من المشاريع الأخيرة.

> تمامًا كما تصف الوصفة المكونات والكميات اللازمة لإعداد طبق، فإن تقدير التكلفة يوفر قائمة مفصلة بجميع مواد البناء والموارد والخدمات المطلوبة لإكمال عمل أو عملية معينة.

ويتيح العمل المنجز بانتظام للعمال ورؤساء العمال والمقدرين توجيه أنفسهم في الكمية المطلوبة من الموارد: المواد

والوقود ووقت العمل وغيرها من المعالم المطلوبة لأداء وحدة عمل ما (الشكل5-5.1). يتم إدخال هذه البيانات في أنظمة التقدير في شكل جداول، حيث يتم وصف كل مهمة وعملية من خلال الحد الأدنى من عناصر قاعدة الموارد (مع تحديث الأسعار باستمرار)، مما يضمن دقة الحسابات.

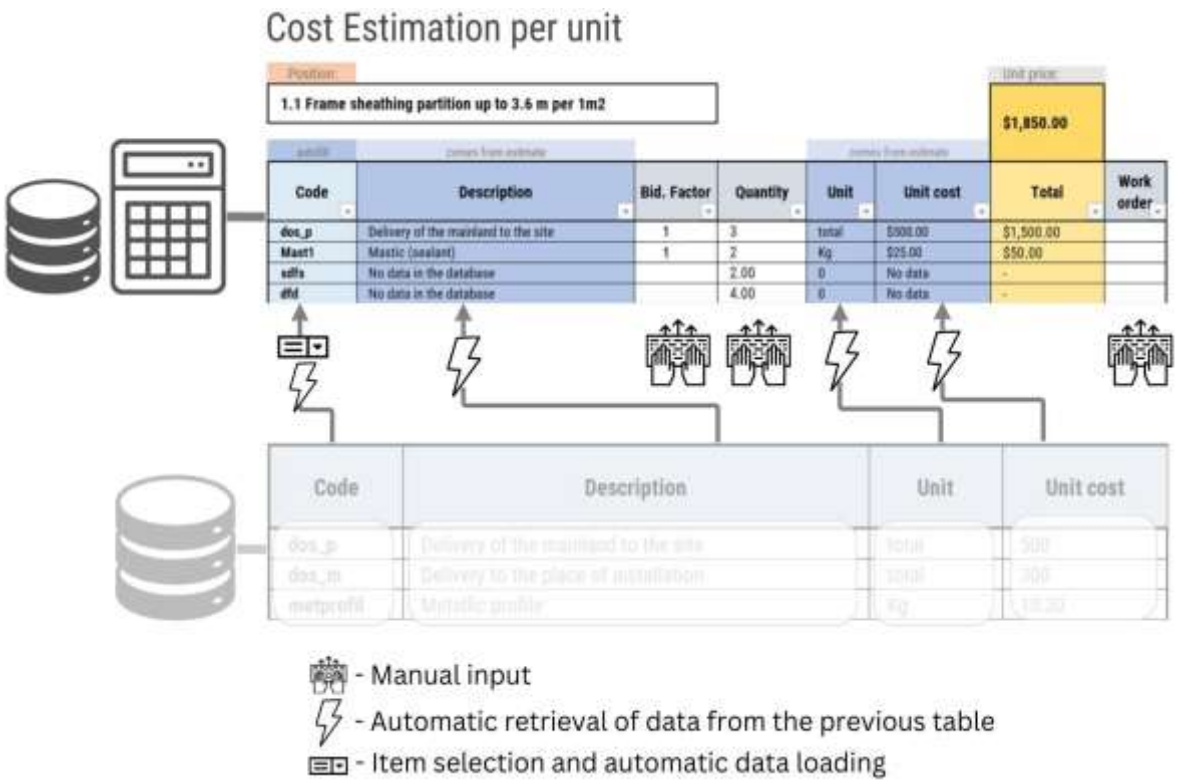
الشكل5-1-5 يتم جمع معدلات الوحدة لكل وظيفة، حيث يتم ضرب سمة الحجم للكيان في كميته مع إضافة نسبة مئوية للربح.

للحصول على التكلفة الإجمالية لكل عملية أو نشاط (كائن تقدير التكاليف)، يتم ضرب سمة التكلفة في عددها ومعاملاتها. يمكن أن تأخذ المعاملات في الاعتبار عوامل مختلفة، مثل مدى تعقيد العمل، والخصائص الإقليمية، ومعدل التضخم، والمخاطر المحتملة (النسبة المئوية للنفقات العامة المتوقعة) أو المضاربة (عامل الربح الإضافي).

يقوم المُقدّر، بصفته محللاً، بتحويل خبرة وتوصيات رئيس العمال إلى تقديرات موحدة ، واصفًا عمليات البناء من خلال كيانات الموارد في شكل جداول. في جوهرها، تتمثل مهمة المُقدِّر في جمع وهيكلة المعلومات الواردة من موقع البناء، من خلال المعلمات والمعاملات.

وبالتالي، فإن التكلفة النهائية لكل وحدة عمل (على سبيل المثال متر مربع أو متر مكعب، أو تركيب وحدة واحدة) لا تشمل فقط التكاليف المباشرة للمواد والعمالة، بل تشمل أيضًا هوامش الربح الخاصة بالشركة والنفقات العامة والتأمين وعوامل أخرى (الشكل6-5.1)

في الوقت نفسه، لم يعد علينا أن نقلق بشأن الأسعار الفعلية في حسابات (الوصفة)، حيث إن الأسعار الحقيقية تنعكس دائمًا في "قاعدة الموارد" (جدول المكونات). على مستوى العمليات الحسابية يتم تحميل البيانات من قاعدة الموارد تلقائيًا في الجدول (على سبيل المثال عن طريق رمز العنصر أو معرّفه الفريد)، والذي يقوم بتحميل الوصف والسعر الفعلي لكل وحدة، والذي بدوره يمكن تحميله تلقائيًا من المنصات الإلكترونية أو المتجر الإلكتروني لمواد البناء. لا يتعين على المُقدِّر على مستوى الحسابات يعمل فقط على وصف العمل أو العملية من خلال سمة "كمية الموارد" والعوامل الإضافية.



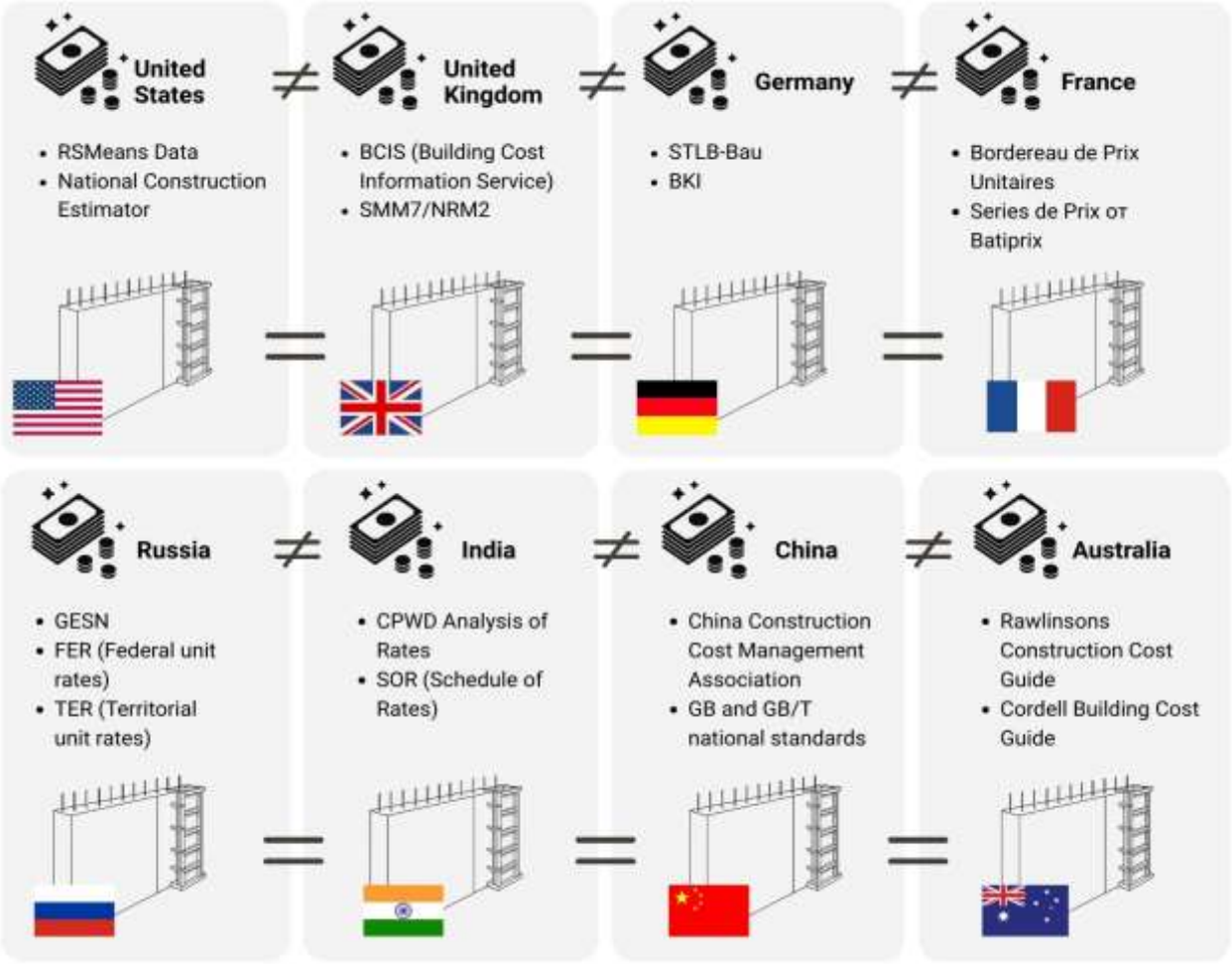
الشكل6-5.1 في مرحلة حساب تكلفة وحدة العمل، يتم ملء سمات عدد الموارد المطلوبة فقط، ويتم تحميل كل شيء آخر تلقائيًا من قاعدة بيانات الموارد.

يتم تخزين تكاليف الوظائف التي تم إنشاؤها في شكل جداول قوالب للمشاريع النموذجية، والتي ترتبط مباشرةً بقاعدة بيانات موارد ومواد البناء. وتمثل هذه القوالب وصفات موحدة لأنواع الأعمال المتكررة للمشاريع المستقبلية، مما يضمن توحيد الحسابات في جميع أنحاء الشركة.

عندما تتغير تكلفة أي مورد في قاعدة البيانات (الشكل3-5.1) - سواء يدويًا أو تلقائيًا عن طريق تنزيل أسعار السوق الحالية (على سبيل المثال في ظروف التضخم) - تنعكس التحديثات على الفور في جميع التكاليف المرتبطة (الشكل6-5.1). وهذا يعني أنه لا يلزم تغيير سوى قاعدة الموارد، بينما تظل قوالب تقدير التكاليف والتقديرات دون تغيير بمرور الوقت. ويضمن هذا النهج ثبات الحسابات وقابليتها للتكرار بالنسبة لأي تقلبات في الأسعار، والتي لا تؤخذ في الحسبان إلا في جدول موارد بسيط نسبيا (الشكل3-1-5).

لكل مشروع جديد، يتم إنشاء نسخة من قالب تقدير التكاليف القياسي، مما يسمح لك بإجراء تغييرات وتعديل الأنشطة لتلبية متطلبات محددة دون تغيير القالب الأصلي الذي اعتمدته الشركة. يوفر هذا النهج المرونة في تكييف الحسابات: يمكنك أن تأخذ في الاعتبار خصوصيات موقع البناء، ورغبات العميل، وإدخال معاملات المخاطرة أو الربحية (المضاربة) - كل ذلك دون الإخلال بمعايير الشركة. وهذا يساعد الشركة على إيجاد توازن بين تعظيم الربح ورضا العملاء والحفاظ على قدرتها التنافسية.

في بعض البلدان، يتم توحيد نماذج تقدير التكاليف هذه، التي تراكمت على مدى عقود، على المستوى الوطني وتصبح جزءًا من معايير نظام تقدير تكاليف البناء الوطني (الشكل7-5.1).



الشكل7-5.1 لدى مختلف البلدان في جميع أنحاء العالم قواعدها الخاصة بتقدير التكاليف مع وجود خلاصات ومعايير (إلزامية) خاصة بها لأعمال البناء لتقدير تكلفة العنصر نفسه.

وتعتبر قواعد الموارد الموحدة هذه للتقديرات (الشكل7-5.1) إلزامية للاستخدام جميع المشاركين في السوق، وخاصة بالنسبة للمشاريع الممولة من القطاع العام. ويضمن هذا التوحيد الشفافية وقابلية المقارنة والإنصاف في تشكيل الأسعار والالتزامات التعاقدية للعميل

التقدير النهائي لتكاليف المشروع: من التقديرات إلى الميزانيات

وتؤدي معايير التقدير الخاصة بالدولة والصناعة أدواراً مختلفة في ممارسات البناء في مختلف البلدان. ففي حين أن بعض البلدان تتطلب الالتزام الصارم بمعيار واحد، فإن معظم الاقتصادات المتقدمة تعتمد نهجاً أكثر مرونة. في اقتصادات السوق، عادة ما تكون معايير البناء الحكومية بمثابة خط أساس فقط. تقوم شركات الإنشاءات بتكييف هذه المعايير مع نماذجها التشغيلية أو تقوم بمراجعتها بالكامل، مع استكمالها بعواملها الخاصة بها. وتعكس هذه التعديلات خبرة الشركات وكفاءة إدارة الموارد، وغالباً ما تعكس هذه التعديلات عوامل قد تؤخذ فيها أرباح المضاربة للشركة على سبيل المثال.

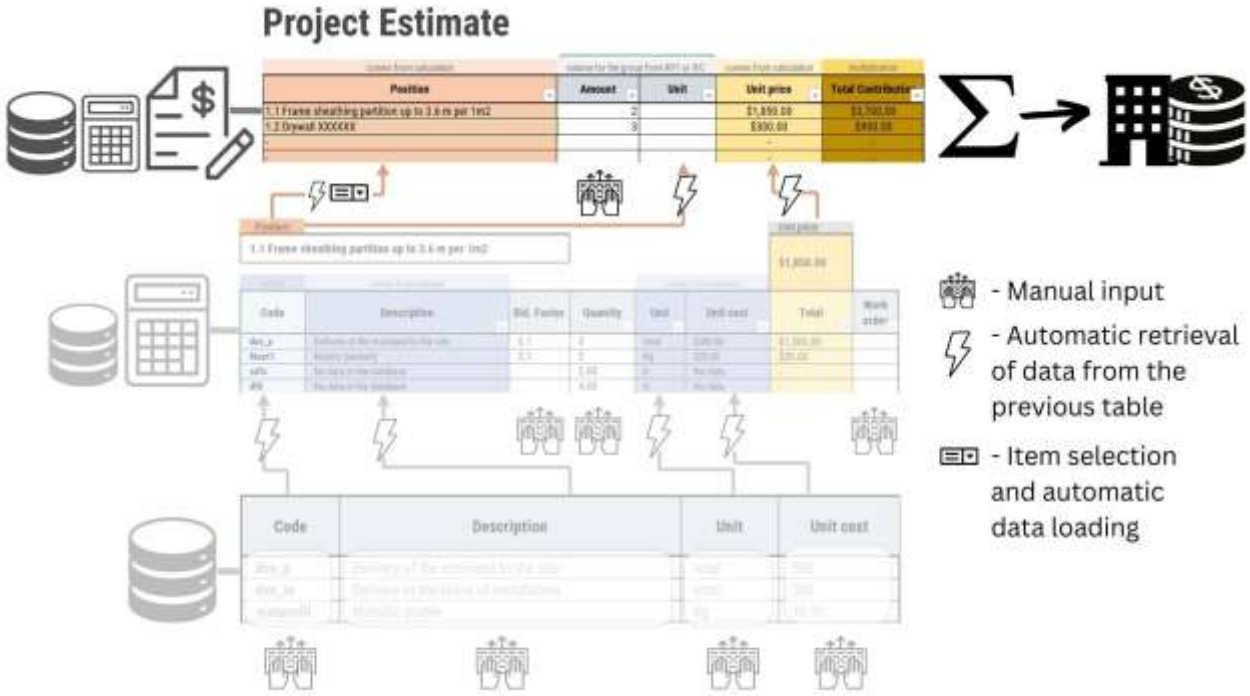
> ونتيجة لذلك، يمكن أن يؤدي مستوى المنافسة والطلب في السوق والهوامش المستهدفة وحتى العلاقات مع عملاء محددين إلى انحرافات كبيرة عن المعايير الموحدة. وتوفر هذه الممارسة مرونة في السوق، ولكنها أيضاً تجعل من الصعب مقارنة العطاءات المقدمة من المقاولين المختلفين بشفافية، مما يدخل عنصر التسعير التخميني في صناعة الإنشاءات في هذه المرحلة من عملية الحساب.

وبمجرد إعداد نماذج الحساب للأنشطة والعمليات الفردية - أو، في كثير من الأحيان، يتم نسخها ببساطة من التقديرات الحكومية القياسية (الشكل7-5.1) مع إضافة معاملات تعكس "خصوصيات" شركة معينة - فإن الخطوة الأخيرة هي ضرب تكلفة كل عنصر في السمة المقابلة لنطاق العمل أو العمليات في المشروع الجديد.

عند حساب التكلفة الإجمالية لمشروع بناء جديد، فإن الخطوة الرئيسية هي تلخيص تكاليف جميع بنود التكلفة ، مضروبة في حجم بنود العمل هذه في المشروع.

لإنشاء التكلفة الإجمالية للمشروع، في مثالنا المبسط، نبدأ بحساب تكلفة بناء متر مربع واحد من الجدران ونضرب تكلفة حسابه (على سبيل المثال العمل "تركيب عناصر الجدران بمساحة 1 متر مربع قياسي") في إجمالي عدد الأمتار المربعة من الجدران في المشروع (على سبيل المثال سمة "المساحة" أو "الكمية" (الشكل8-5.1) لكيان من نوع "عناصر الجدران" من CAD للمشروع أو حسابات رئيس العمال).

وبالمثل، نقوم بحساب التكلفة لجميع عناصر المشروع (الشكل8-5.1): نأخذ التكلفة لكل وحدة عمل ونضربها في حجم عنصر معين أو مجموعة عناصر في المشروع. ما على المُقدِّر سوى إدخال عدد هذه العناصر أو الأنشطة أو العمليات في المشروع في في شكل حجم أو كمية. وهذا يسمح بإنشاء تقدير بناء كامل تلقائيًا.



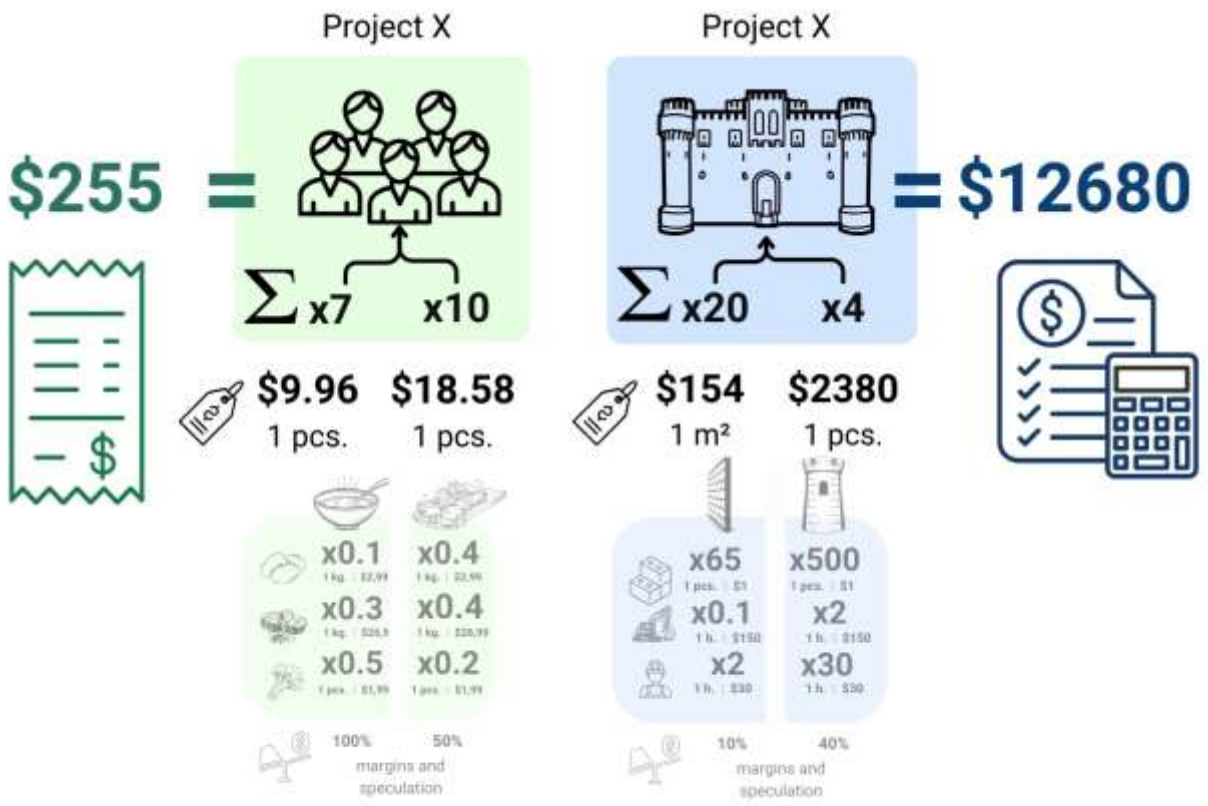
الشكل8-5.1 في مرحلة إنشاء التقدير، ندخل فقط نطاق العمل.

كما في حالة الحسابات، نقوم في هذا المستوى بتحميل العناصر المحسوبة الجاهزة تلقائيًا (من قالب الحساب أو العناصر الجديدة المنسوخة من القالب وتحريرها)، والتي تجلب معها تلقائيًا التكلفة الحالية لكل وحدة عمل (والتي يتم تحديثها تلقائيًا من قاعدة بيانات الموارد (الشكل8-5.1 الجدول السفلي)). وفقًا لذلك، في حالة حدوث أي تغيير في البيانات في قاعدة بيانات الموارد أو جداول تقدير التكاليف - سيتم تحديث البيانات في التقدير تلقائيًا لليوم الحالي، دون الحاجة إلى تغيير التكلفة أو التقدير نفسه.

في سياق المطعم، تُحسب التكلفة النهائية للحدث بطريقة مماثلة وتساوي التكلفة النهائية للعشاء بأكمله، حيث تُضاف تكلفة كل طبق مضروبة في عدد الضيوف إلى التكلفة الإجمالية للشيك (الشكل9-5.1). وكما هو الحال في البناء، قد لا تتغير وصفات الطهي في المطعم لعقود من الزمن. على عكس الأسعار، حيث يمكن أن تتغير تكلفة المكونات كل ساعة.

> تماماً كما يقوم صاحب المطعم بضرب تكلفة كل وجبة في عدد الوجبات والأشخاص لتحديد التكلفة الإجمالية للحدث، يقوم مدير تقدير التكاليف بجمع تكلفة جميع مكونات المشروع للوصول إلى تقدير كامل للإنشاءات.

وبالتالي، يتم تحديد التكلفة النهائية لكل نشاط في المشروع (الشكل9-5.1)، والتي، مضروبة في حجم سمة الكيان المقابل لهذا النشاط - تعطي تكلفة مجموعات الأنشطة، والتي يتم الحصول منها على التكلفة النهائية للمشروع بأكمله.



الشكل9-5.1 يتم حساب التقدير النهائي عن طريق جمع سمة تكلفة عمل كل عنصر بخاصية النطاق الخاصة به.

توفر التكلفة الإجمالية للمشروع (الشكل8-5.1) صورة مالية للمشروع، مما يسمح للعملاء أو المستثمرين أو مؤسسات التمويل بفهم إجمالي الميزانية والموارد المالية المطلوبة لتسليم المشروع في أي يوم معين، مع مراعاة الأسعار الحالية.

وإذا كانت عمليات تجميع قواعد الموارد والحسابات والتقديرات (وصفات العمليات) قد تم وضعها بالفعل، وهي شبه آلية وشحذها منذ عشرات الآلاف من السنين وتم تسجيلها على مستوى الدولة، فإن الحصول التلقائي على المعلومات النوعية حول حجم وكمية العناصر للمرحلة الأخيرة من التقدير النهائي - لا يزال اليوم عنق الزجاجة في عمليات جميع حسابات سمات التكلفة والوقت للمشروع، وبشكل عام الميزانية الإجمالية للمشروع.

على مدى آلاف السنين، كانت الطريقة التقليدية لحساب الأحجام هي الطرق اليدوية لقياس الحجم والكمية باستخدام الرسومات المسطحة. ومع ظهور العصر الرقمي، اكتشفت الشركات أنه يمكن الآن استخراج معلومات الحجم والكمية تلقائيًا من البيانات الهندسية الموجودة في نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب ، مما أحدث ثورة في الطرق القديمة التي تعود إلى آلاف السنين للحصول على البيانات الكمية.

تنطوي الأساليب الحديثة لتقدير وتقدير العمليات على الاستخراج التلقائي للسمات الحجمية والكمية من قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب، والتي يمكن تحميلها وربطها بعملية تقدير التكاليف للحصول على أحدث أحجام مجموعة المشروع في أي مرحلة من مراحل التصميم وحتى التشغيل.

الفصل 5.2.

أخذ الكمية وإنشاء التقديرات والجداول الزمنية تلقائيًا

الانتقال من ثلاثي الأبعاد إلى رباعي الأبعاد وخماسي الأبعاد: استخدام المعلمات الحجمية والكمية

مع وجود جداول تقدير التكاليف مع العمليات الموصوفة من خلال الموارد (الشكل8-5.1)، فإن الخطوة التالية هي الحصول تلقائيًا على معاملات الحجم أو الكمية لمجموعة من العناصر اللازمة للحسابات وللتقدير النهائي.

يمكن استخراج الخصائص الحجمية لعناصر المشروع - مثل الجدران أو الألواح - تلقائيًا من قواعد بيانات CAD. يتم تحويل الكائنات البارامترية التي تم إنشاؤها في برامج CAD عن طريق نواة الهندسة إلى قيم عددية للطول والعرض والمساحة والحجم وغيرها من المعلمات. ستتم مناقشة عملية الحصول على الأحجام استنادًا إلى الهندسة ثلاثية الأبعاد بمزيد من التفصيل في الجزء السادس التالي (الشكل3-6.3)، المخصص للعمل مع CAD (BIM). بالإضافة إلى الأحجام، يمكن أيضًا الحصول على عدد العناصر المتشابهة من قاعدة بيانات نموذج CAD من خلال تصفية وتجميع العناصر حسب الفئات والخصائص. تصبح هذه المعلمات، التي تسمح بالتجميع، أساسًا لربط عناصر المشروع من خلال حسابات الموارد بالحسابات والتقديرات النهائية والميزانية للمشروع بأكمله.

وبالتالي، يتم تعزيز نموذج البيانات المستخرج من نموذج (CAD) ثلاثي الأبعاد (CAD) بطبقات معلمات جديدة، يُشار إليها بـ 4D و5D. في طبقات سمة الكيانات الجديدة، 4D (الوقت) و5D (التكلفة)، يتم استخدام البيانات الهندسية ثلاثية الأبعاد كمصدر لقيم سمة حجم الكيان.

- 4D **عبارة عن طبقة معلومات معلمات تضيف معلومات حول مدة عمليات الإنشاء إلى المعلمات ثلاثية الأبعاد للعناصر. هذه البيانات ضرورية لتخطيط الجداول الزمنية وإدارة الجداول الزمنية للمشروع**
- 5D **هو المستوى التالي من امتداد نموذج البيانات، حيث يتم استكمال العناصر بخصائص التكلفة. وهذا يضيف جانبًا ماليًا إلى المعلومات الهندسية: تكلفة المواد والأعمال والمعدات، مما يتيح حسابات الميزانية وتحليلات الربحية وإدارة التكاليف أثناء عملية البناء.**

يتم وصف بيانات سمات التكلفة والسمات ثلاثية الأبعاد ، و4D و5D لمجموعات كيانات المشروع بطريقة مماثلة للحسابات في نظم تخطيط موارد المؤسسات المعيارية لتخطيط موارد المؤسسات أو نظام إدارة المعلومات المالية (أو أدوات شبيهة ببرنامج Excel) وتستخدم لتقدير التكاليف وتخطيط الميزانية تلقائيًا لكل من المجموعات الفردية وميزانية المشروع الكاملة.

سمات 5D والحصول على أحجام السمات من CAD

عند إعداد التقدير النهائي لمشروع إنشائي، والذي ناقشنا إعداده في الفصول السابقة (الشكل8-5.1)، يتم جمع سمات الحجم لكل فئة من عناصر المشروع إما يدوياً أو يتم استخلاصها من مواصفات سمات الحجم التي يوفرها برنامج التصميم بمساعدة الحاسوب.

> تنطوي الطريقة اليدوية التقليدية لحساب الكميات على قيام رئيس العمال والمُقدِّر بتحليل الرسومات التي كانت تُعرض منذ آلاف السنين كخطوط على الورق وعلى مدى الثلاثين عامًا الماضية في صيغ رقمية مثل (PLT) PDF أو DWG. وبالاعتماد على الخبرة المهنية، يقومون بقياس كميات العمل والمواد المطلوبة، وغالبًا ما يكون ذلك باستخدام مسطرة ومنقلة. وتتطلب هذه الطريقة جهدًا ووقتًا كبيرين، بالإضافة إلى اهتمام خاص بالتفاصيل.

يمكن أن يستغرق تحديد سمات النطاق بهذه الطريقة ما بين بضعة أيام إلى عدة أشهر، اعتمادًا على نطاق المشروع. وبالإضافة إلى ذلك، ونظرا لأن جميع القياسات والحسابات تتم يدويا، فهناك خطر حدوث خطأ بشري يمكن أن يؤدي إلى بيانات غير دقيقة، مما يؤثر بالتالي على الأخطاء في تقدير وقت المشروع وتكلفته، وهو ما تتحمل الشركة بأكملها المسؤولية عنه.

تعمل الطرق الحديثة القائمة على استخدام قواعد بيانات CAD على تبسيط حساب الأحجام إلى حد كبير. في نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب، تتضمن هندسة العناصر بالفعل سمات الحجم التي يمكن حسابها تلقائيًا (عبر نواة الهندسة (الشكل3-6.3)) وعرضها أو تصديرها في شكل جداول.

في مثل هذا السيناريو، يطلب قسم التقدير من مصمم التصميم بمساعدة الحاسوب بيانات عن خصائص الكمية والحجم لعناصر المشروع. يتم تصدير هذه البيانات في شكل جداول بيانات أو دمجها مباشرةً في قواعد بيانات تقدير التكاليف - سواء كانت أنظمة Excel أو ERP أو PMIS. لا تبدأ هذه العملية غالبًا بطلب رسمي، ولكن بحوار موجز بين العميل (البادئ) والمهندس المعماري والمُقدِّر من شركة الإنشاءات أو شركة التصميم. فيما يلي مثال مبسط يوضح كيف يتم تشكيل جدول منظم للحسابات التلقائية (QTO) من التواصل اليومي:

- العميل - "أريد إضافة طابق آخر إلى المبنى، بنفس تكوين الطابق الأول"
- مهندس معماري (CAD) - "إضافة طابق ثالث، التكوين هو نفسه الموجود في الطابق الثاني". وبعد هذه الرسالة ترسل نسخة CAD جديدة من المشروع إلى المُقدِّر.
- يقوم المُقدِّر بإجراء التجميع والحساب تلقائيًا (تخطيط موارد المؤسسة، نظام معلومات إدارة المشاريع ، برنامج Excel) - "سأقوم بتشغيل المشروع من خلال جدول بيانات Excel مع قواعد QTO (تخطيط موارد المؤسسة، نظام معلومات إدارة المشاريع)، والحصول على الأحجام حسب الفئة للطابق الجديد وإنشاء تقدير"

ونتيجة لذلك، يتم تحويل الحوار النصي إلى بنية جدول مع قواعد التجميع:

العنصر	الفئة	الطابق الأرضي
التداخل	الطوابق_الأرضيات	3
العمود	OST_StructuralColumns	3
السلالم	OST_Stairs	3

بعد عملية التجميع التلقائي لنموذج التصميم بمساعدة الحاسوب من المصمم وفقًا لقواعد QTO للمقدِّر والضرب التلقائي للأحجام بحسابات الموارد (الشكل8-5.1) نحصل على النتائج التالية، والتي يتم إرسالها إلى العميل:

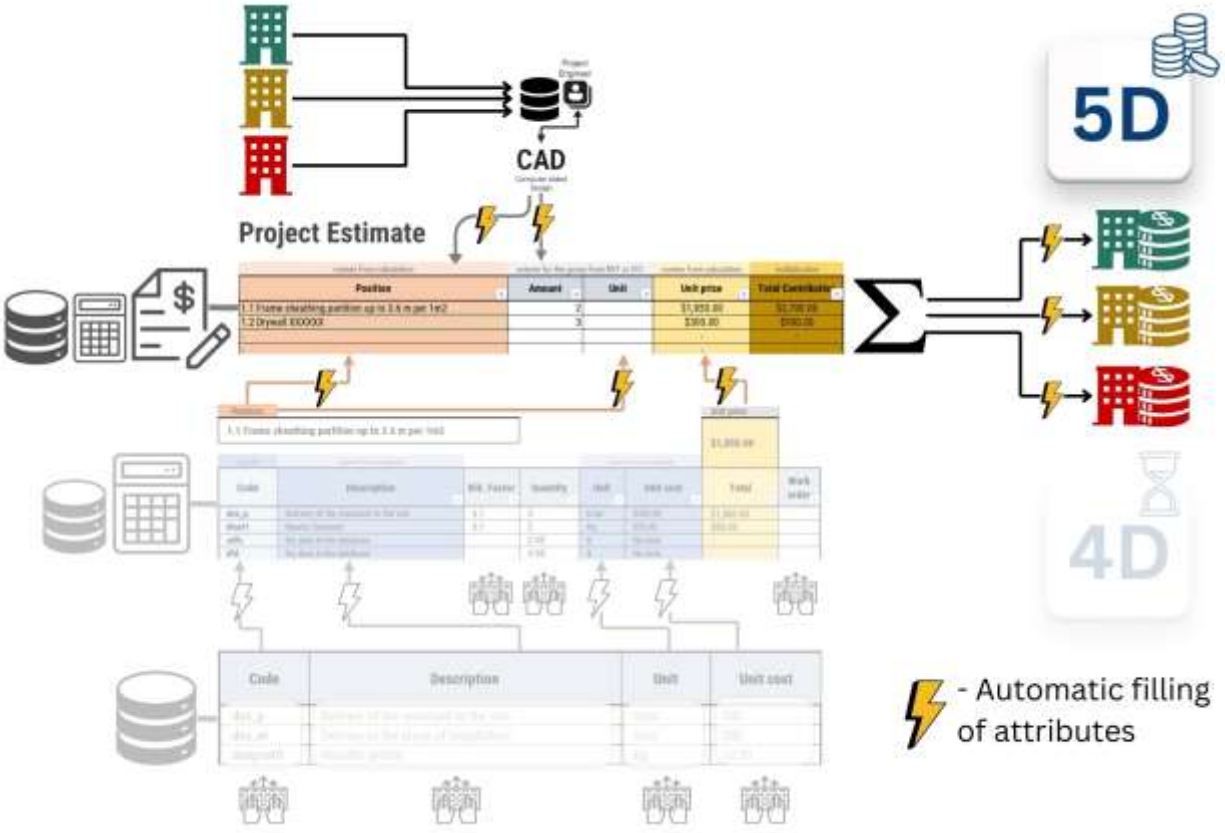
العنصر	الحجم	الطابق الأرضي	السعر لكل وحدة.	التكلفة الإجمالية
التداخل	420 م²	3	150 €/م²	**63 000 €**
العمود	4 قطع	3	2450 يورو/قطعة 2450	**9 800 €**
السلالم	2 قطعة	3	4,300 يورو للقطعة الواحدة.	**8 600 €**
المجموع:	-	-	-	**81 400 €**

العميل - "شكرًا لك، هذا كثير جدًا، نحن بحاجة إلى قطع بعض الغرف". وتكرر الدورة نفسها عدة مرات.

يمكن أن يتكرر هذا السيناريو عدة مرات، خاصةً في مرحلة الموافقة، حيث يتوقع العميل الحصول على تعليقات فورية. ولكن في الممارسة العملية، يمكن أن تستمر هذه العمليات لأيام أو حتى أسابيع. أما اليوم، وبفضل إدخال قواعد التجميع والحساب التلقائي، فإن الأنشطة التي كانت تستغرق وقتًا طويلاً يجب أن تكتمل في دقائق. لا يؤدي الاكتساب الآلي للكميات، من خلال قواعد التجميع، إلى تسريع العمليات الحسابية والتقديرات فحسب، بل يقلل من احتمال حدوث أخطاء من خلال تقليل العامل البشري، مما يوفر تقييمًا شفافًا ودقيقًا لتكاليف المشروع.

إذا تم أخذ متطلبات قسم التقدير في البداية في الاعتبار عند إنشاء النموذج ثلاثي الأبعاد في نظام CAD (وهو أمر لا يزال نادرًا في الممارسة العملية)، وتم تعيين أسماء ومعرّفات مجموعات العناصر وسمات تصنيفها في شكل معلمات تتطابق مع هياكل مجموعات وفئات التقدير، فيمكن عندئذٍ نقل السمات الحجمية تلقائيًا إلى أنظمة التقدير دون تحويلات إضافية.

يسمح الاستخراج التلقائي للسمات الحجمية من التصميم بمساعدة الحاسوب في شكل جداول مواصفات بالحصول بسرعة على بيانات محدثة عن تكلفة الأعمال الفردية والمشروع ككل (الشكل5-2-1). من خلال تحديث ملف التصميم بمساعدة الحاسوب فقط مع أحجام المشروع في عملية الحساب أو في نظام الحساب، يمكن للشركة إعادة حساب التقدير بسرعة مع مراعاة أحدث التغييرات، مما يضمن دقة عالية واتساق جميع الحسابات اللاحقة.



الشكل5-2-1-5 سمات الحجم من جداول التصميم بمساعدة الحاسوب أو قواعد البيانات يتم إدخالها تلقائيًا في التقدير، مما يتيح لك حساب التكلفة الإجمالية للمشروع على الفور.

ومع تزايد تعقيد المشاريع الرأسمالية، يصبح حساب الميزانية الكاملة وتحليل التكلفة الإجمالية للمشاريع في ظل هذا السيناريو (الشكل5-2-1) - أداة رئيسية لاتخاذ قرارات مستنيرة.

> وفقًا لدراسة أكسنتشر "خلق المزيد من القيمة من خلال المشاريع الرأسمالية (2024)" [20]، تعمل الشركات الرائدة على دمج تحليلات البيانات في المبادرات الرقمية، باستخدام المعلومات التاريخية للتنبؤ بالنتائج وتحسينها. تُظهر الأبحاث أن المزيد من الشركات المالكة والمشغلة تطبق تحليلات البيانات الضخمة للتنبؤ باتجاهات السوق وتقييم الجدوى التجارية قبل بدء التصميم. ويتم تحقيق ذلك من خلال تحليل مستودعات البيانات من محفظة المشاريع الحالية. بالإضافة إلى ذلك، يقوم 79 في المائة من المشغلين المالكين بتطبيق تحليلات تنبؤية "قوية" لتقييم أداء المشروع ودعم اتخاذ القرارات التشغيلية في الوقت الفعلي.

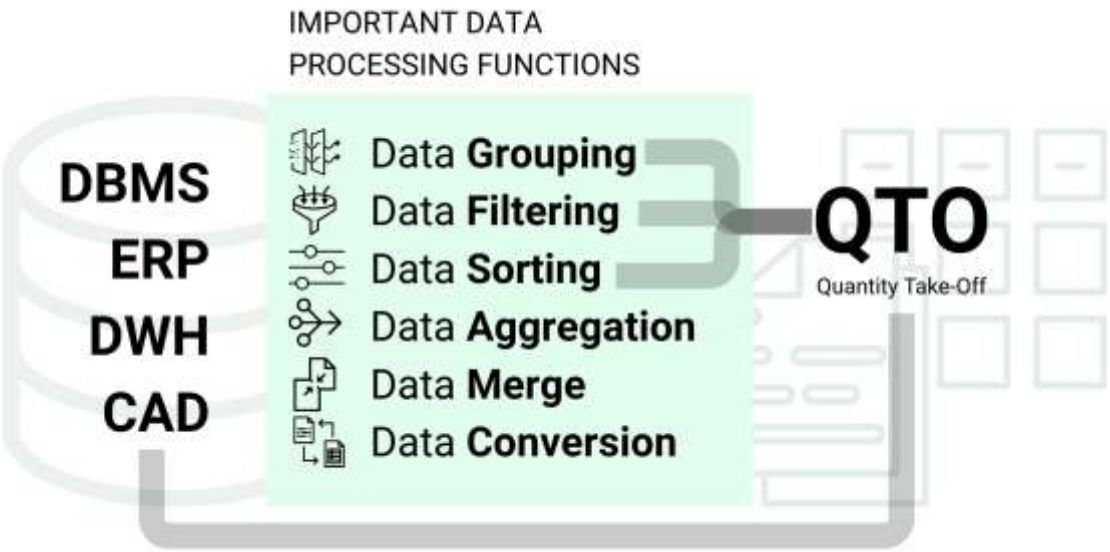
ترتبط الإدارة الفعالة الحديثة لمشاريع الإنشاءات ارتباطًا وثيقًا بمعالجة وتحليل كميات كبيرة من المعلومات في جميع مراحل التصميم وتلك العمليات التي تسبق التصميم. يسمح استخدام مستودعات البيانات وحسابات الموارد والنماذج التنبؤية والتعلم الآلي ليس فقط بتقليل المخاطر في الحسابات، ولكن أيضًا باتخاذ قرارات استراتيجية بشأن تمويل المشروع في المراحل المبكرة من التصميم. سنتحدث أكثر عن مستودعات البيانات والنماذج التنبؤية التي ستكمل الحسابات في الجزء التاسع من الكتاب.

يتم الحصول تلقائيًا على المعلمات الحجمية للعناصر من مشاريع التصميم بمساعدة الحاسوب ، وهي ضرورية لإعداد التقديرات، بمساعدة أدوات التجميع QTO (أخذ الكمية). تعمل أدوات QTO من خلال تجميع جميع كائنات المشروع حسب معرّفات العناصر الخاصة أو معلمات سمات العنصر، باستخدام المواصفات والجداول التي تم إنشاؤها في قاعدة بيانات CAD.

كيو تي أو أخذ الكمية: تجميع بيانات المشروع حسب السمات

QTO (أخذ الكمية) في مجال الإنشاءات هي عملية استخراج كميات العناصر المطلوبة لتنفيذ المشروع. وفي الممارسة العملية، غالبًا ما تكون عملية QTO عملية شبه يدوية تنطوي على جمع البيانات من مصادر مختلفة: مستندات PDF ورسومات DWG ونماذج التصميم بمساعدة الحاسوب الرقمية.

عند العمل مع البيانات المستخرجة من قواعد بيانات CAD، يتم تنفيذ عملية QTO كسلسلة من عمليات التصفية والفرز والتجميع والتجميع. يتم اختيار عناصر النموذج وفقًا لمعايير الأصناف والفئات والأنواع، وبعد ذلك يتم تلخيص سماتها الكمية - مثل الحجم أو المساحة أو الطول أو الكمية - وفقًا لمنطق الحساب (الشكل2-2-2-5).



الشكل2-2-2-5 تجميع البيانات وتصفيتها هي أكثر الوظائف شيوعًا المطبقة على قواعد البيانات ومستودعات البيانات.

تسمح عملية QTO (التصفية والتجميع) بتنظيم البيانات وتشكيل المواصفات وإعداد معلومات المدخلات لحساب التقديرات والمشتريات وجداول العمل. أساس عملية التصفية والتجميع الكمي هو تصنيف العناصر حسب نوع السمات

المقاسة. لكل عنصر أو مجموعة من العناصر، يتم تحديد معلمة القياس الكمي المقابلة. على سبيل المثال:

- **سمة الطول** (حجر الرصيف - بالأمتار)
- **سمة المساحة** (أعمال الجبس - بالمتر المربع)
- **سمة الحجم** (الأعمال الخرسانية - بالأمتار المكعبة)
- **سمة الكمية** (النوافذ - لكل قطعة)

وبالإضافة إلى الخصائص الحجمية التي يتم إنشاؤها رياضيًا على أساس الخصائص الهندسية، غالبًا ما يتم تطبيق عوامل التجاوز (الشكل12-5.2 على سبيل المثال 1.1 لحساب 10 في المائة للخدمات اللوجستية والتركيب) في الحسابات بعد تجميع QTO - وهي قيم تصحيحية تأخذ في الاعتبار الفاقد أو التركيب أو التخزين أو النقل. وهذا يجعل من الممكن التنبؤ بالاستهلاك الفعلي للمواد بشكل أكثر دقة وتجنب كل من النقص والإفراط في التخزين في موقع البناء.

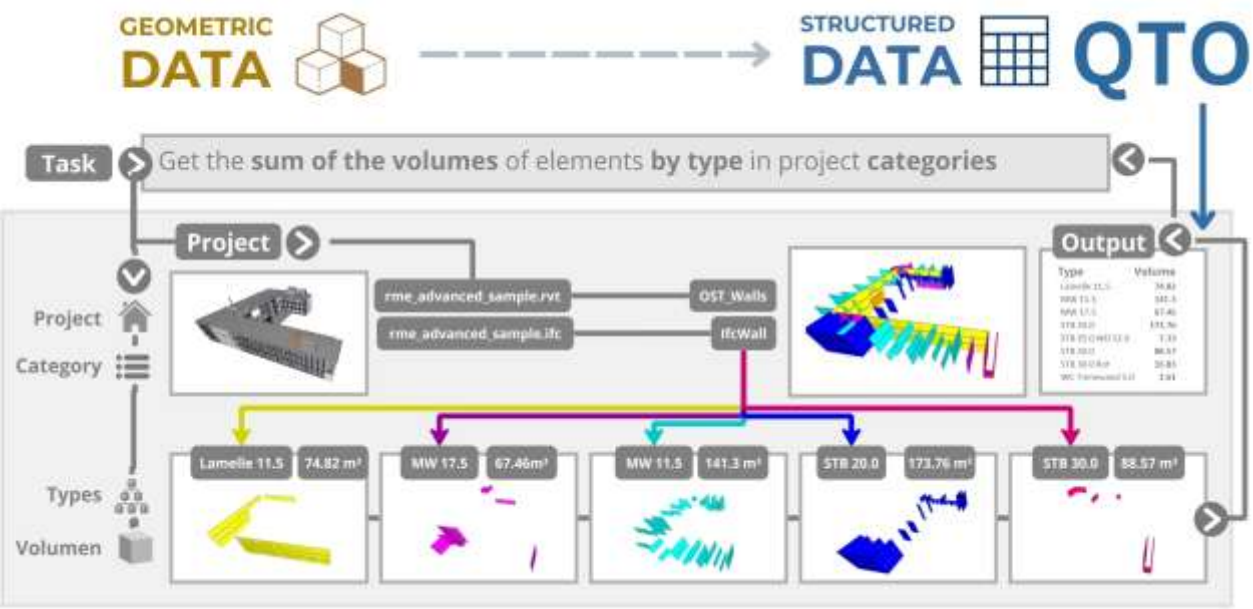
> تُعدّ عملية الإقلاع الكمي المؤتمتة (QTO) ضرورية لإنتاج حسابات وتقديرات دقيقة وتقليل الأخطاء البشرية في عمليات تحديد الحجم ومنع الإفراط أو التفريط في طلب المواد.

كمثال على عملية QTO، دعونا ننظر في حالة شائعة عندما يكون من الضروري أن نعرض من قاعدة بيانات CAD جدول مواصفات الأحجام حسب أنواع العناصر لفئة معينة، فئات العناصر. دعونا نجمع جميع عناصر المشروع حسب النوع من فئة حائط مشروع التصميم بمساعدة الحاسوب ونلخص سمات الحجم لكل نوع لتقديم النتيجة كجدول مواصفات حجم QTO (الشكل3-5.2).

في مثال مشروع نموذجي للتصميم بمساعدة الحاسوب (الشكل3-5.2)، يتم تجميع جميع عناصر فئة الجدار داخل قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب حسب نوع الجدار، على سبيل المثال "Lamelle 11.5" و"MW 11.5" و"STB 20.0"، ولها سمات حجم محددة جيدًا ممثلة في مكعبات مترية.

يتمثل هدف المدير، الذي يكون في الواجهة بين المصممين والمتخصصين في الحسابات، في الحصول على جدول آلي للأحجام حسب نوع العنصر في الفئة المحددة. ليس فقط لمشروع محدد، ولكن أيضًا في شكل عالمي قابل للتطبيق على مشاريع أخرى ذات بنية نموذجية مماثلة. يتيح ذلك أن يكون النهج قابلاً للتطوير ويسمح بإعادة استخدام البيانات دون تكرار الجهد.

لقد ولّت الأيام التي كان فيها المصممون ذوو الخبرة والمقدّرون يتسلحون بالمسطرة، ويقيسون بعناية كل خط على الورق أو على مخطط PDF - وهو تقليد لم يتغير على مدى آلاف السنين الماضية. ومع تطور النمذجة ثلاثية الأبعاد - النمذجة، حيث يتم الآن ربط هندسة كل عنصر مباشرةً بالسمات الحجمية المحسوبة آليًا، أصبحت عملية تحديد الأحجام والكميات QTO آلية.



الشكل5.2-3.5 الحصول على سمات الحجم والكمية من مشروع ما يتضمن تجميع عناصر المشروع وتصفيتها.

في مثالنا، تتمثل المهمة في "تحديد فئة من الجدران في مشروع ما، وتجميع جميع العناصر حسب النوع، وتقديم معلومات حول سمات الحجم في شكل جدول منظم ومنظم" بحيث يمكن استخدام هذا الجدول من قبل عشرات

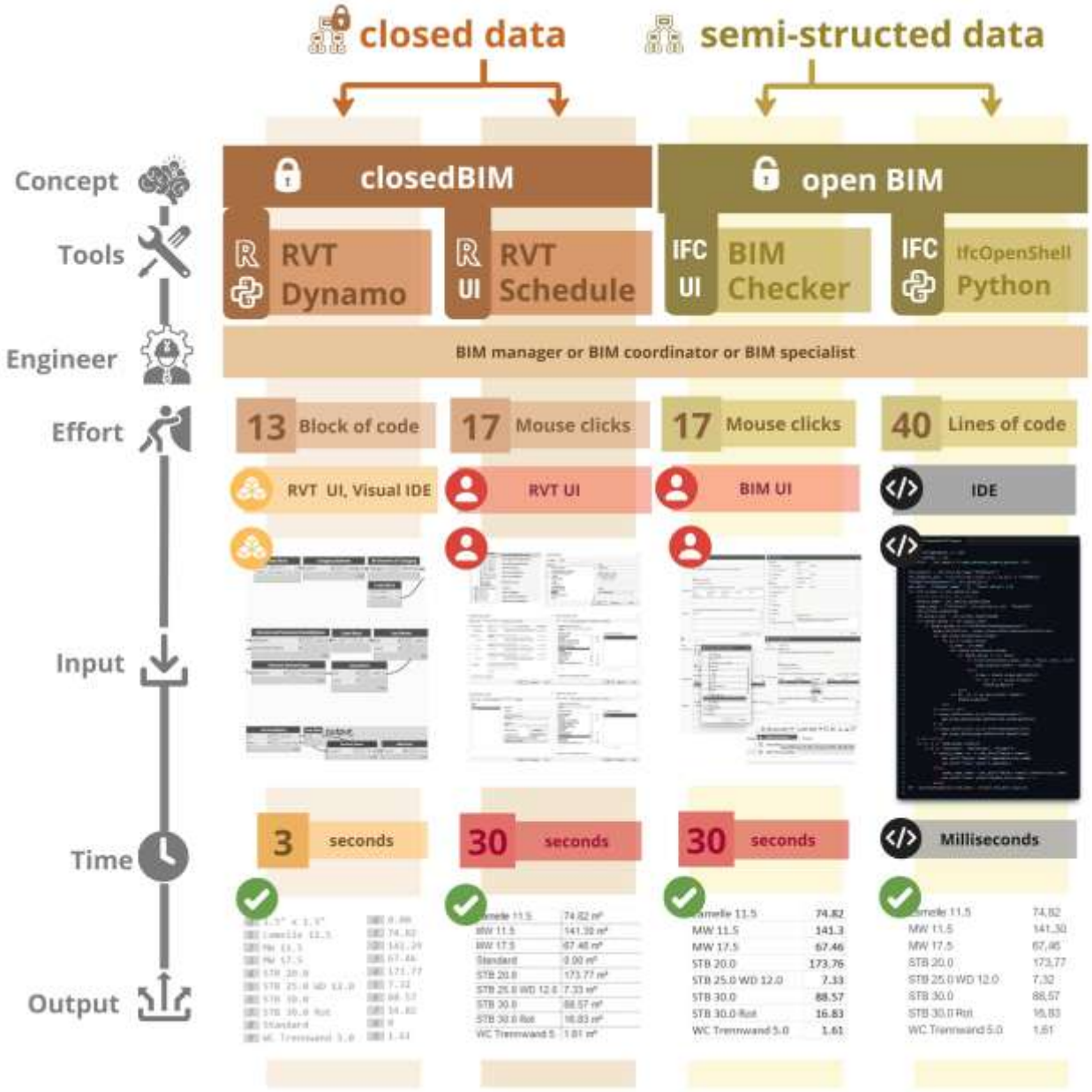
المتخصصين الآخرين لحسابات التكاليف واللوجستيات وجداول العمل وحالات العمل الأخرى (الشكل3-6.1).

نظرًا للطبيعة المغلقة لبيانات التصميم بمساعدة الحاسوب لا يمكن لكل متخصص اليوم استخدام الوصول المباشر إلى قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (ترد أسباب وحلول مشكلة الوصول إلى قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب مفصلة في الجزء السادس من الكتاب). لذلك، يتعين على العديد من الأشخاص اللجوء إلى أدوات BIM المتخصصة القائمة على مفاهيم BIM المفتوحة و BIM المغلقة [63]. عند العمل باستخدام أدوات BIM المتخصصة أو مباشرةً في بيئة برمجيات التصميم بمساعدة الحاسوب، يمكن إنشاء الجدول مع نتائج QTO (أخذ الكمية) بطرق مختلفة - اعتمادًا على ما إذا كان يتم استخدام واجهة يدوية أو أتمتة البرمجيات.

على سبيل المثال، باستخدام واجهة مستخدم برنامج CAD (BIM)، يكفي تنفيذ حوالي 17 إجراءً (نقرات على الأزرار) للحصول على جدول جاهز للأحجام (الشكل4-5.2). ومع ذلك، يجب أن يكون لدى المستخدم فهم جيد لبنية النموذج ووظائف برنامج CAD (BIM).

إذا تم تطبيق الأتمتة عبر كود البرنامج أو عبر المكونات الإضافية وأدوات واجهة برمجة التطبيقات داخل برامج CAD، يتم تقليل عدد الخطوات اليدوية للحصول على جداول الحجم، ولكن يجب كتابة 40 إلى 150 سطرًا من الكود، اعتمادًا على المكتبة أو الأداة المستخدمة:

- **IfcOpSh (فتح BIM)** أو **Dynamo IronPython (BIM مغلق)** - يتيح لك الحصول على جدول QTO من تنسيق CAD أو برنامج CAD في حوالي 40 سطرًا فقط من التعليمات البرمجية.
- **IFC_js (فتح BIM)** - يتطلب ما يقرب من 150 سطرًا من التعليمات البرمجية لاستخراج سمات ضخمة من نموذج IFC.
- **واجهة أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)** - تتيح لك الحصول على النتيجة نفسها يدويًا، في 17 نقرة بالماوس.



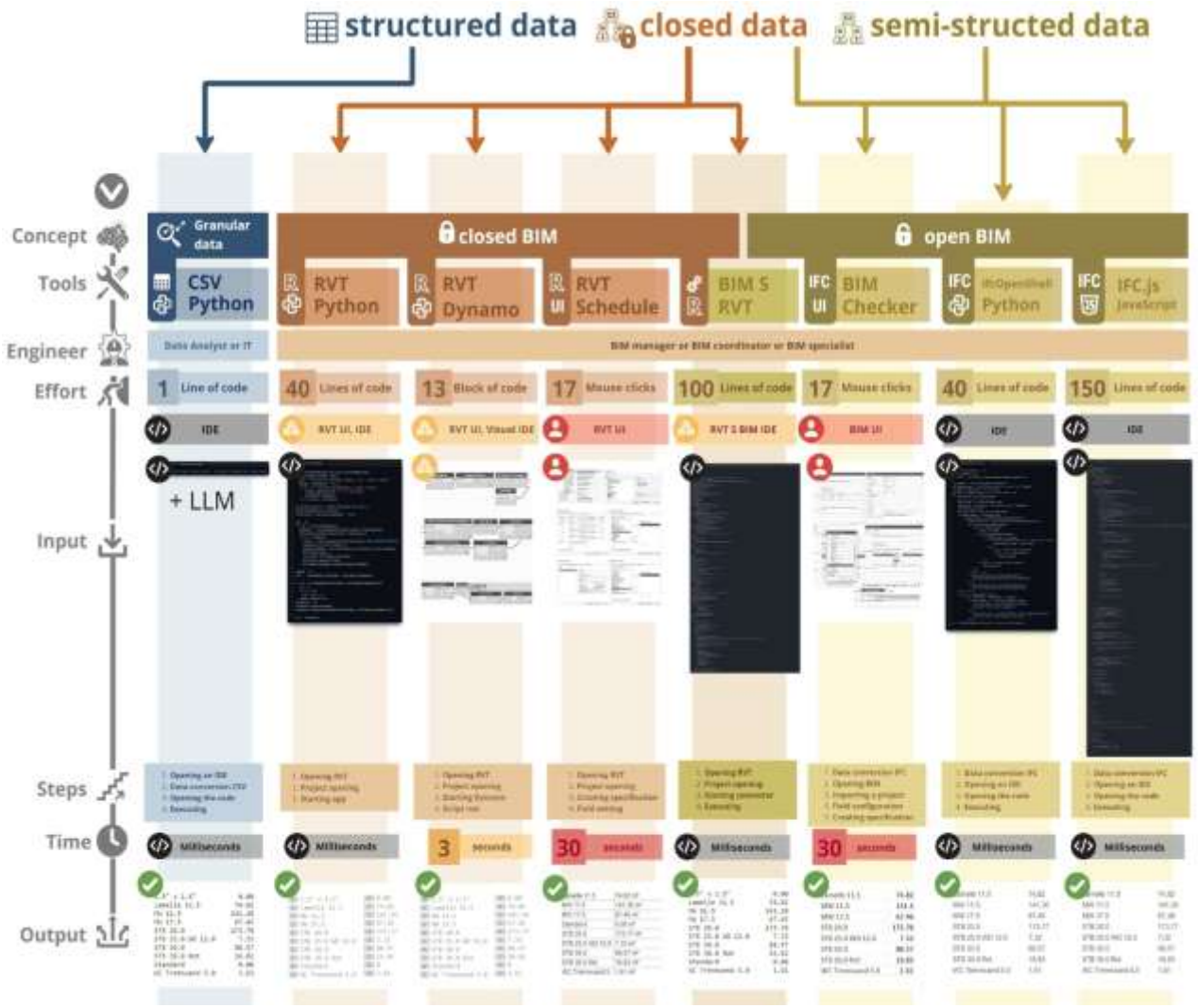
الشكل(BIM) CAD 5.2-5-4 يستخدم المصممون والمديرون من 40 إلى 150 سطرًا من التعليمات البرمجية أو عشرات من ضغطات المفاتيح لإنشاء جداول

والنتيجة هي نفسها - جدول منظم مع سمات حجم لمجموعة من العناصر. والفرق الوحيد هو تكلفة العمالة ومستوى الخبرة الفنية التي يحتاجها المستخدم (الشكل5.2-4). تعمل الأدوات الحديثة، فيما يتعلق بالتجميع اليدوي للأحجام،

على تسريع عملية التجميع اليدوي للأحجام بشكل كبير وتقلل من احتمالية حدوث أخطاء. فهي تسمح باستخراج البيانات مباشرةً من نموذج المشروع، مما يلغي الحاجة إلى إعادة حساب الأحجام يدويًا من الرسومات، كما كان يحدث في الماضي.

وبغض النظر عن الطريقة المستخدمة - سواء أكانت مفتوحة BIM أو مغلقة BIM - من الممكن الحصول على جدول QTO - جدول بأحجام عناصر المشروع (الشكل4-5.2). ومع ذلك، عند العمل مع بيانات المشروع في التصميم بمساعدة الحاسوب - (BIM-)، يعتمد المستخدمون على أدوات متخصصة وواجهات برمجة التطبيقات المقدمة من البائعين (الشكل13-3.2). وهذا يخلق طبقات إضافية من التبعية ويتطلب تعلم مخططات بيانات فريدة مع الحد من الوصول المباشر إلى البيانات.

نظرًا للطبيعة المغلقة لبيانات التصميم بمساعدة الحاسوب، فإن الحصول على جداول QTO وغيرها من المعلمات يعقد أتمتة الحسابات والتكامل مع الأنظمة الخارجية. وباستخدام أدوات للوصول المباشر إلى قواعد البيانات ونقل بيانات CAD - بيانات المشروع عن طريق أدوات الهندسة العكسية إلى تنسيق إطار بيانات منظم مفتوح (الشكل 13-4.1)، يمكن الحصول على جدول QTO متطابق بسطر واحد فقط من التعليمات البرمجية (الشكل5-5.2 - البديل مع البيانات الحبيبية).



الشكل5-5.2 تنتج الأدوات المختلفة نفس النتائج في شكل جداول سمات كيانات المشروع، ولكن بتكاليف عمل مختلفة.

عند استخدام البيانات المهيكلة المفتوحة من مشاريع CAD ، كما هو مذكور في فصل "تحويل بيانات (BIM) CAD إلى شكل منظم"، يتم تبسيط عملية التجميع، QTO، إلى حد كبير.

تتحرر النُهج القائمة على استخدام البيانات المنظمة المفتوحة أو الوصول المباشر إلى قواعد بيانات نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب من القيود التسويقية المرتبطة بمختصر BIM. وهي تعتمد على أدوات مثبتة تستخدم منذ فترة طويلة في صناعات أخرى (الشكل10-7.3 عملية ETL).

> وفقًا لدراسة ماكنزي "البيانات المفتوحة: أطلق العنان للابتكار والإنتاجية باستخدام تدفق المعلومات" [102] التي أجريت في عام 2013، فإن استخدام البيانات المفتوحة يمكن أن يخلق فرصًا لتحقيق وفورات تتراوح بين 30 و50 مليار دولار سنويًا في تصميم وهندسة ومشتريات وبناء مرافق توليد الطاقة. وهذا يترجم إلى وفورات بنسبة 15 في المائة في التكاليف الرأسمالية للبناء.

يعمل العمل مع البيانات المنظمة المفتوحة (الحبيبية) على تبسيط استرجاع المعلومات ومعالجتها، ويقلل من الاعتماد على منصات نمذجة معلومات البناء المتخصصة ويفتح الطريق إلى الأتمتة دون الحاجة إلى استخدام أنظمة خاصة أو نماذج بيانات بارامترية ومعقدة من تنسيقات التصميم بمساعدة الحاسوب.

أتمتة QTO باستخدام LLM والبيانات المهيكلة

تعمل ترجمة البيانات غير المنظمة إلى شكل منظم على تحسين كفاءة العمليات المختلفة بشكل كبير: فهي تبسط معالجة البيانات (الشكل1-1-4.1 ، الشكل2-4.1) وتسرع عملية التحقق من الصحة من خلال جعل متطلبات واضحة وشفافة، كما سبق أن ناقشنا في الفصول السابقة. وبالمثل، فإن ترجمة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) إلى شكل مفتوح منظم (الشكل12-4.1 ، الشكل13-4.1) يسهل عملية تجميع السمات وعملية التحقق من الجودة.

يحتوي جدول السمات QTO على شكل منظم، لذلك عند استخدام بيانات CAD المهيكلة، فإننا نعمل مع نموذج بيانات واحد (الشكل5-5.2)، مما يلغي الحاجة إلى تحويل وترجمة نماذج بيانات المشروع وقواعد التجميع إلى قاسم مشترك. يتيح لنا ذلك تجميع البيانات حسب سمة واحدة أو أكثر بسطر واحد فقط من التعليمات البرمجية. وعلى النقيض من ذلك، في نمذجة معلومات البناء المفتوحة ونمذجة معلومات البناء المغلقة، حيث يتم تخزين البيانات بتنسيقات شبه منظمة أو بارامترية أو مغلقة، تتطلب المعالجة عشرات أو حتى مئات الأسطر من التعليمات البرمجية، واستخدام واجهة برمجة التطبيقات للتفاعل مع معلومات الهندسة والسمات.

مثال على تجميع مشروع منظم QTO حسب سمة واحدة. استعلام نصي في أي غرفة دردشة LLM (QWEN ، Claude ، Grok ، DeepSeek Mistral ، Mistral ، LlaMa ،ChatGP أو أي شيء آخر):

> لديّ CAD -مشروع كـ DataFrame - يرجى تصفية بيانات المشروع للحصول على العناصر التي تحتوي على معلمة "النوع" التي تحتوي على قيمة "النوع 1فقط. ⏎

من المحتمل جدًا أن تكون إجابة LLM في شكل كود Python باستخدام Pandas:

الشكل6-5.2 سطر واحد من التعليمات البرمجية المكتوبة باستخدام LLM ، يسمح لك بتجميع مشروع CAD بأكمله حسب سمة "النوع" والحصول على مجموعة العناصر المطلوبة.

وبفضل البنية البسيطة لإطار البيانات ثنائي الأبعاد DataFrame ، لا نحتاج إلى شرح مخطط LLM ونموذج البيانات، مما يختصر خطوات التفسير ويسرّع من إنشاء الحلول النهائية. في السابق، كانت كتابة حتى التعليمات البرمجية البسيطة تتطلب تعلم لغات البرمجة، ولكن الآن تسمح لنا النماذج اللغوية الحديثة (LLMs) بترجمة منطق العملية تلقائيًا إلى تعليمات برمجية عند العمل مع البيانات المنظمة باستخدام الاستعلامات النصية.

> يمكن لأتمتة LLM ونماذج اللغة أن تلغي تمامًا حاجة المهنيين الذين يعملون مع (BIM) CAD تجميع البيانات ومعالجتها من الاضطرار إلى تعلم لغات البرمجة أو أدوات BIM من خلال توفير القدرة على حل المشاكل باستخدام الاستعلامات النصية.

يبدو الاستعلام نفسه - تجميع جميع عناصر المشروع من فئة "الجدران" وحساب الأحجام لكل نوع (الشكل5-5.2) - والذي يتطلب في بيئة التصميم بمساعدة الحاسوب 17 (BIM) نقرة في الواجهة أو كتابة 40 سطرًا من التعليمات البرمجية، في أدوات معالجة البيانات المفتوحة (مثل SQL أو Pandas) استعلامًا بسيطًا وبديهيًا:

- بسطر واحد في Pandas:

```
()df[df['Category'].isin(['OST_Walls'])].groupby('Type')['Volume'].sum
```

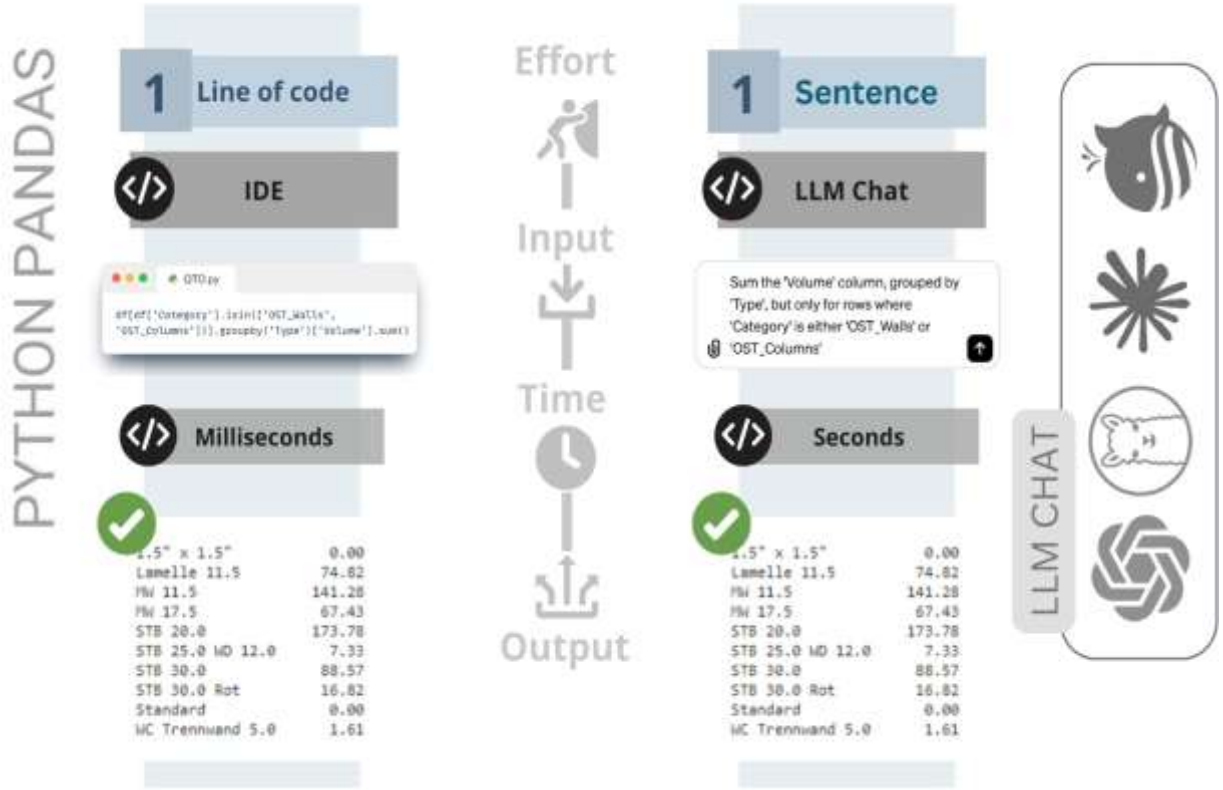
فك الشفرة: خذ من (DataFrame) df العناصر، التي تحتوي على قيم عمود السمة "الفئة" من السمة "OST_Walls"، وقم بتجميع جميع العناصر التي تم الحصول عليها حسب عمود السمة "النوع" وجمع مجموعة العناصر التي تم الحصول عليها سمة "الحجم".

- تجميع مشروع منظم مسترجع من CAD باستخدام SQL:

```
حدد النوع، مجموع (الحجم) كحجم إجمالي الحجم
من العناصر
حيث الفئة = 'OST_Walls'
تجميع حسب النوع;
```

- بمساعدة LLMيمكننا كتابة طلب تجميع إلى قاعدة بيانات المشروع كمرجع نصي بسيط - مطالبة (الشكل-5.2 7):

بالنسبة لإطار بيانات المشروع، قم بتجميع العناصر حسب معلمة "النوع"، ولكن فقط للعناصر التي تحتوي على معلمة "الفئة" التي تساوي "OST_Walls" أو "OST_Walls" ويرجى جمع معلمة العمود "الحجم" الناتجة ⏎

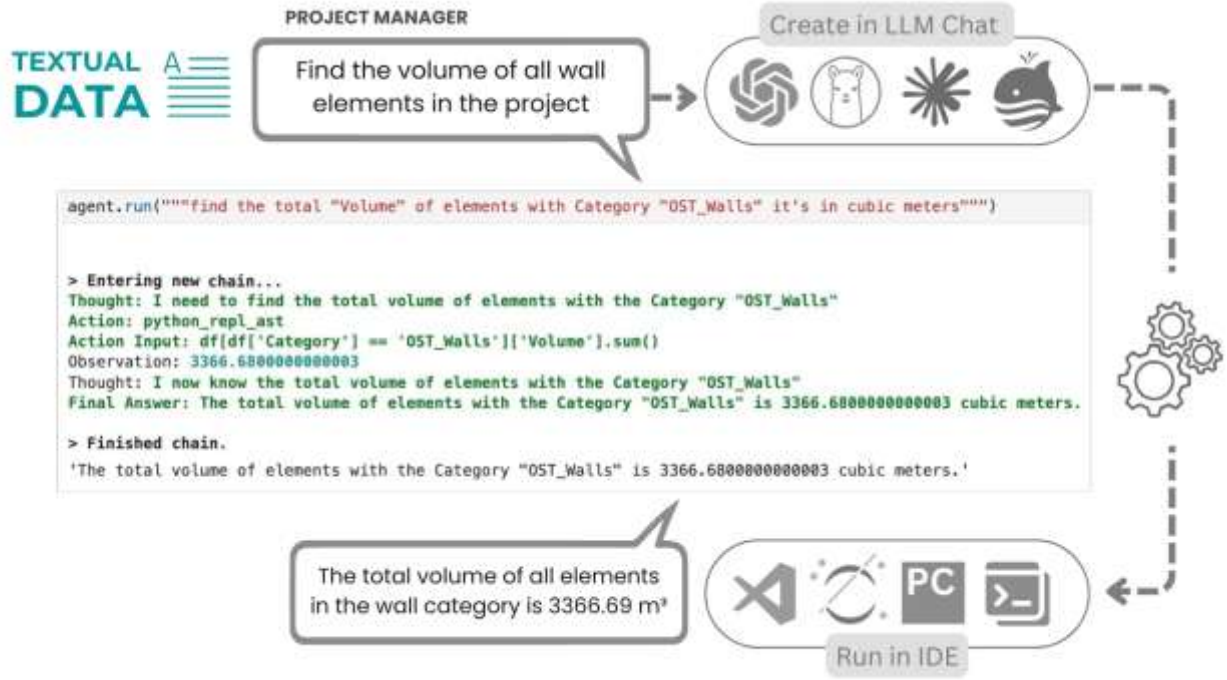


الشكل7-5.2 باستخدام SQL و Pandas و LLM أصبح من الممكن الآن أتمتة معالجة البيانات ببضعة أسطر من التعليمات البرمجية والاستعلامات النصية.

إن الحصول على QTO من بيانات CAD باستخدام أدوات LLaMa ، ChatGPT) LLM، وMistral ، وClaude ، وDebSeek ، وQWEN ، وGrok)، يغير بشكل كبير الطرق التقليدية لاستخراج معلومات السمات والبيانات الكمية والحجمية للأجسام الفردية ومجموعات الأجسام.

الآن حتى مديري المشاريع أو أخصائيي التكاليف أو اللوجستيات الذين ليس لديهم معرفة عميقة بالتصميم وليس لديهم برامج CAD متخصصة - (BIM-) بائعي برامج CAD، يمكنهم الوصول إلى قاعدة بيانات CAD الحصول على الحجم الإجمالي لعناصر فئة الجدران أو غيرها من الأشياء في غضون ثوانٍ، ببساطة عن طريق كتابة أو إملاء استعلام.

في الاستعلامات النصية (الشكل8-5.2) وكيل LLM للنموذج طلب المستخدم بتطبيق دالة معينة على معلمة أو أكثر - أعمدة الجدول. ونتيجة لذلك، يتلقى المستخدم في اتصاله مع وكيل LLM إما معلمة عمود جديدة بقيم جديدة أو قيمة محددة بعد التجميع



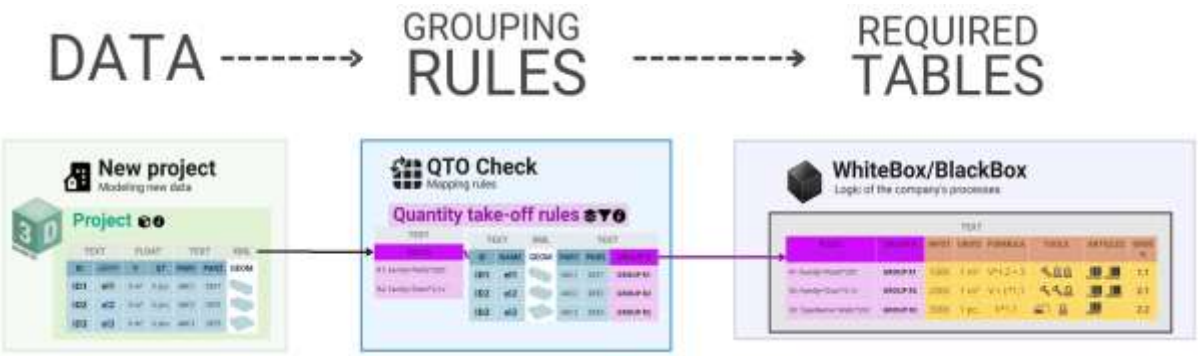
الشكل8-5.2 8-5.2 نموذج LLM ، عند العمل مع البيانات المهيكلة، يفهم من سياق الاستعلام النصي ما هي التجميعات والسمات التي يسأل عنها المستخدم.

إذا كان من الضروري الحصول على الكميات لمجموعة واحدة فقط من العناصر، يكفي إجراء استعلام بسيط من QTO (الشكل7-5.2) على بيانات نموذج التصميم بمساعدة الحاسوب. ومع ذلك، عند حساب ميزانية أو تقدير لمشروع كامل يتألف من العديد من مجموعات العناصر، غالبًا ما يكون من الضروري استخراج الكميات لجميع أنواع العناصر (الفئات0 حيث تتم معالجة كل فئة من العناصر بشكل منفصل - مع التجميع حسب السمات ذات الصلة.

في ممارسة المقدرين والمقيمين، يتم استخدام قواعد التجميع والحساب الفردية لأنواع مختلفة من الكائنات. على سبيل المثال، عادةً ما يتم تجميع النوافذ حسب الطوابق أو المناطق (معلمة التجميع - السمة المستوى، الغرف)، والجدران - حسب المادة أو نوع البناء (معلمة المادة، النوع). لأتمتة عملية التجميع، يتم وصف هذه القواعد مسبقًا في في شكل جداول قواعد التجميع. تعمل هذه الجداول كقوالب تهيئة تحدد السمات التي يجب استخدامها في الحسابات لكل مجموعة من العناصر في المشروع.

حساب QTO للمشروع بأكمله باستخدام قواعد المجموعة من جدول بيانات Excel

في مشاريع البناء الحقيقية، غالبًا ما يكون من الضروري إجراء التجميع حسب عدة سمات في وقت واحد ضمن مجموعة واحدة من العناصر. على سبيل المثال، عند العمل مع فئة "النوافذ" (حيث تحتوي سمة الفئة على قيم مثل OST_Windows أو IfcWindows)، يمكن تجميع العناصر ليس فقط حسب النوع - على سبيل المثال، حسب القيمة الموجودة في حقل اسم النوع أو النوع - ولكن أيضًا حسب خصائص إضافية، مثل مستوى التوصيل الحراري المحدد في السمة المقابلة. يتيح هذا التجميع متعدد الأبعاد الحصول على نتائج أكثر دقة لمجموعة معينة. وبالمثل، عند حساب فئات الجدران أو الأرضيات، يمكن استخدام مجموعات عشوائية من السمات - مثل المادة والمستوى والأرضية ومقاومة الحريق وغيرها من البارامترات - كمرشحات أو معايير تجميع (الشكل9-5.2).



الشكل5.2-9 لكل مجموعة أو فئة من الكيانات في مشروع ما، هناك صيغة تجميع مختلفة تتكون من معيار واحد أو أكثر.

وتشبه عملية تحديد قواعد التجميع هذه عملية إنشاء متطلبات البيانات الموضحة في فصل "إنشاء المتطلبات والتحقق من الجودة البيانات " (الشكل5-4-4)، حيث ناقشنا العمل مع نماذج البيانات بالتفصيل. تضمن قواعد التجميع والحساب هذه دقة وملاءمة النتائج لحساب السمات الإجمالية لكمية أو حجم فئة من الكيانات تلقائيًا، مع مراعاة جميع الشروط الضرورية التي يجب أخذها في الاعتبار في العمليات الحسابية والحسابات.

- يقوم نموذج التعليمات البرمجية التالي بتصفية جدول المشاريع بحيث تحتوي مجموعة البيانات الناتجة فقط على الكيانات التي يحتوي عمود السمة "الفئة" فيها على القيم "OST_Windows" أو "IfcWindows" وفي نفس الوقت يحتوي عمود السمة "النوع" على القيمة "النوع 1":

لديّ مشروع DataFrame - مشروع DataFrame - تصفية البيانات بحيث تبقى فقط العناصر التي تحتوي على سمة "الفئة" التي تحتوي على القيم "OST_Windows" أو "IfcWindows" وفي نفس الوقت تحتوي سمة النوع على القيمة "النوع 1في مجموعة البيانات ⏎

رد LLM:

الشكل10-5.2 يسمح لك سطر واحد من التعليمات البرمجية، على غرار صيغة Excel ، بتجميع جميع كيانات المشروع حسب عدة سمات.

يمكن تشغيل الكود الناتج (الشكل10-5.2) بعد ترجمة بيانات CAD بتنسيقات مفتوحة منظمة (الشكل13-4.1) يمكن تشغيلها في إحدى بيئات التطوير المتكاملة (IDE) الشائعة التي ذكرناها أعلاه في وضع عدم الاتصال بالإنترنت: PyCharm، أو Visual Studio Code (VS Code)، أو Jupyter Notebook ، أو Spyder، أو Atom، أو Sublime Text، أو Eclipse مع مكون PyDev الإضافي، أو Thonny، أو Wing IDE، أو IntelliJ IDEA مع مكون Python الإضافي ، أو JupyterLab، أو الأدوات الشائعة عبر الإنترنت: Kaggle.كوم، Microsoft Azure، Google Collab، Notebooks، Amazon SageMaker.

لاسترداد كيانات المشروع في نموذج QTO DataFrame تحت فئة "Windows" فقط مع قيمة توصيل حراري محددة، يمكننا استخدام الاستعلام التالي إلى LLM:

> لديّ مشروع DataFrame - مشروع DataFrame - قم بتصفية البيانات بحيث تبقى فقط السجلات التي تحتوي على قيم "الفئة" التي تحتوي على "OST_Windows" أو "IfcWindows" في مجموعة البيانات، وفي نفس الوقت يجب أن يكون لعمود ThermalConductivity قيمة 0.⏎

رد LLM:

الشكل11-5.2 تتيح لك لغة استعلام Pandas البسيطة للغاية Python تشغيل QTOs لأي عدد من المشاريع في وقت واحد.

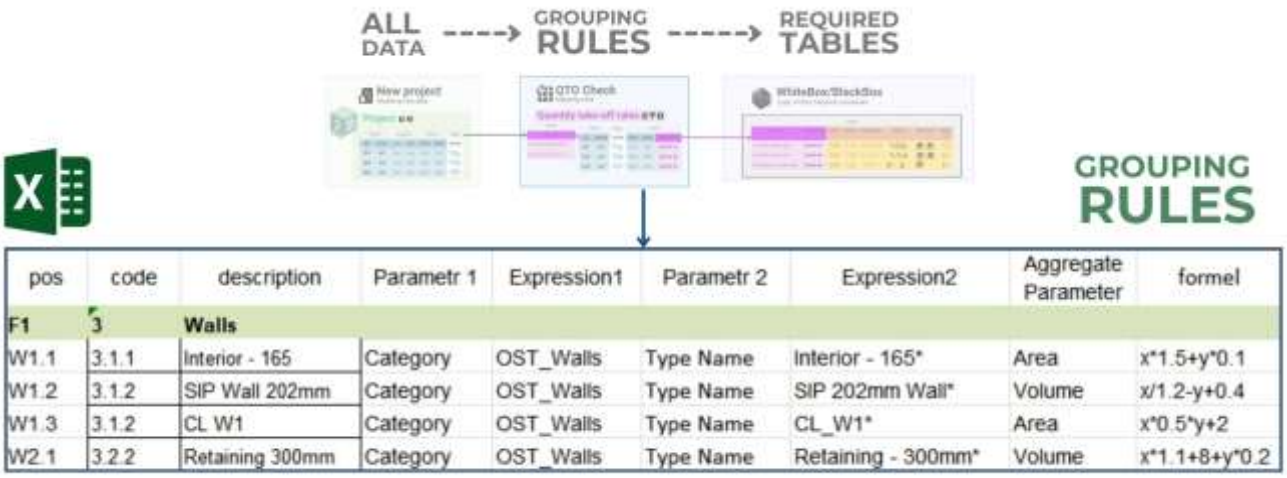
في الرد الوارد من LLM (الشكل11-5.2)، يستخدم الشرط المنطقي "&" للجمع بين معيارين: قيمة التوصيل الحراري والانتماء إلى إحدى الفئتين. وتتحقق طريقة "isin" مما إذا كانت قيمة عمود السمة "الفئة" واردة في القائمة المقدمة.

في المشاريع التي تحتوي على عدد كبير من مجموعات العناصر، مع منطق تجميع مختلف - لكل فئة من كيانات المشروع (على سبيل المثال: النوافذ والأبواب والبلاطات) يجب وضع قواعد تجميع فردية، والتي قد تتضمن معاملات إضافية أو صيغ حساب السمة الإجمالية. وتأخذ هذه الصيغ (الشكل12-5.2 "فورميل" السمة (الشكل 12-5.2، على سبيل المثال: قيمة س للكمية وحجم ص للمجموعة) والمعاملات في الاعتبار الخصائص الفريدة لكل مجموعة، على سبيل المثال:

- النسبة المئوية للإضافات إلى حجم المواد لحساب التجاوزات
- الكمية الإضافية الثابتة من المواد
- التعديلات المتعلقة بالمخاطر المحتملة والأخطاء الحسابية المحتملة في شكل معادلات

وحالما تتم صياغة قواعد التصفية والتجميع في شكل صيغ بارامترات لكل فئة من فئات البنود، يمكن تخزينها في شكل جدول سطر بسطر - على سبيل المثال، في شكل برنامج إكسل (الشكل12-2-5). من خلال تخزين هذه

القواعد في شكل منظم، يمكن أتمتة عملية استخراج بيانات المشروع وتصفيتها وتجميعها بشكل كامل. فبدلاً من كتابة العديد من الاستعلامات المنفصلة يدويًا، يقوم النظام ببساطة بقراءة جدول المعلمات وتطبيق القواعد المناسبة على النموذج (إطار بيانات المشروع الكلي (الشكل13-4.1)، مما يؤدي إلى إنشاء جداول QTO النهائية لكل فئة من عناصر المشروع.



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

الشكل12-5.2 جدول تجميع السمات يضع قواعد لتجميع عناصر المشروع، ويوفر رقمًا إجماليًا دقيقًا ونطاقًا دقيقًا لكل فئة.

ستسمح لك القواعد المجمعة بتجميع المشروع بأكمله وإجراء جميع الحسابات اللازمة، بما في ذلك التعديلات على سمات الحجم. ونتيجة لذلك، يتم إحضار الأحجام إلى "الحجم الحقيقي"، الذي يُستخدم في العمليات الحسابية والحسابية، وليس تلك التي كانت في الأصل في مرحلة التصميم في نموذج CAD.

> في عملية إنشاء جداول حجم QTO للمشروع بأكمله تلقائيًا، يجب على التطبيق أن يمر على جميع فئات جدول قواعد التجميع، ويأخذ سمات التجميع، ويجمع كل عناصر المشروع حسبها، ويجمع سمة الحجم لتلك المجموعة، بالإضافة إلى ضربها في عامل أو معامل تكرير.

دعونا نطلب من LLM أن يكتب لنا كودًا لمثل هذا الحل، حيث سيتعين على الكود تحميل جدولين - جدول قواعد

التجميع (الشكل12-5.2) وجدول البيانات من المشروع نفسه (الشكل13-4.1)، ثم تطبيق قواعد التجميع، وتجميع العناصر وفقًا للقواعد المحددة، وحساب القيم المجمعة وحفظ النتائج في ملف Excel جديد.

أرسل طلباً نصياً إلى محادثة LLM:

> أحتاج إلى كود لقراءة بيانات المشروع من الملف 'basic_sample_project.xlsx' ثم قواعد من 'تجميع_قواعد_QTO.xlsx' يتم من خلالها تجميع كل البيانات حسب 'المعلمة 1' و 'المعلمة 2'، وتجميع 'المعلمة التجميعية'، والتصفية حسب 'التعبير2'، وإجراء العمليات الحسابية من 'النموذج1' وحفظ جدول QTO في 'QTQ_table2.xlsx'⏎

رد LLM:

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

الشكل13-5.2 كود بايثون كود بايثون بانداس يعالج بيانات التصميم من مشروع CAD ، ويجمعها وفقًا لقواعد محددة في Excel.

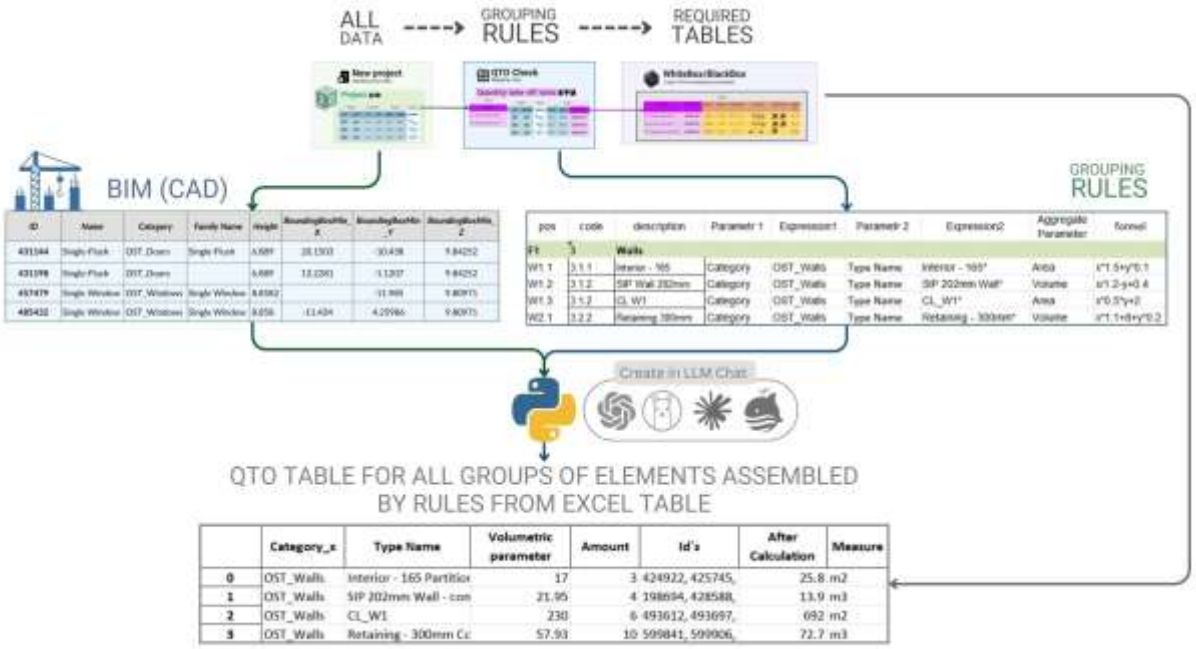
ستكون النتيجة النهائية لتنفيذ الكود (الشكل13-5.2) عبارة عن جدول مجموعة كيانات لا يحتوي فقط على سمات الحجم المعممة من نموذج (BIM-) CAD- الأصلي، ولكن أيضًا سمة حجم حقيقية جديدة تأخذ في الاعتبار جميع متطلبات لإنشاء حسابات وتقديرات بشكل صحيح (مثال الشكل14-5.2).

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

الشكل5.2-14 تتم إضافة سمة "بعد الحساب" إلى جدول الملخص بعد تنفيذ التعليمات البرمجية التي ستحسب الحجم الفعلي تلقائيًا.

يمكن تشغيل الرمز الناتج (الشكل5.2-13) في أحد برامج IDE الشهيرة (التي ذكرناها أعلاه) وتطبيقه على أي عدد من المشاريع الواردة الحالية أو الجديدة (DGN، NWS ، DWG ، IFC ، RVT إلخ)، سواء أكان ذلك في عدد قليل من المشاريع أو ربما مئات المشاريع بصيغ مختلفة في شكل منظم (الشكل5.2-15).



الشكل5.2-15 تربط عملية التجميع التلقائي لبيانات البناء (CAD) بجداول منظمة التجارة العالمية عبر قواعد من جدول بيانات Excel.

وتتيح عملية جمع البيانات الحجمية المخصصة والمحددة البارامترات (الشكل15-5.2) جمع البيانات المتعلقة بالسمات الكمية وأحجام عناصر المشروع بشكل آلي بالكامل من أجل مواصلة العمل بها، بما في ذلك تقدير التكاليف واللوجستيات وجداول العمل وحساب البصمة الكربونية وغيرها من المهام التحليلية.

بعد أن تعلمنا الأدوات التي تتيح لنا تنظيم مجموعات عناصر المشروع وتجميعها بسهولة وفقًا لسمات معينة، أصبحنا الآن جاهزين لدمج المشاريع المجمعة والمصفاة مع مختلف حسابات الشركة وسيناريوهات العمل.

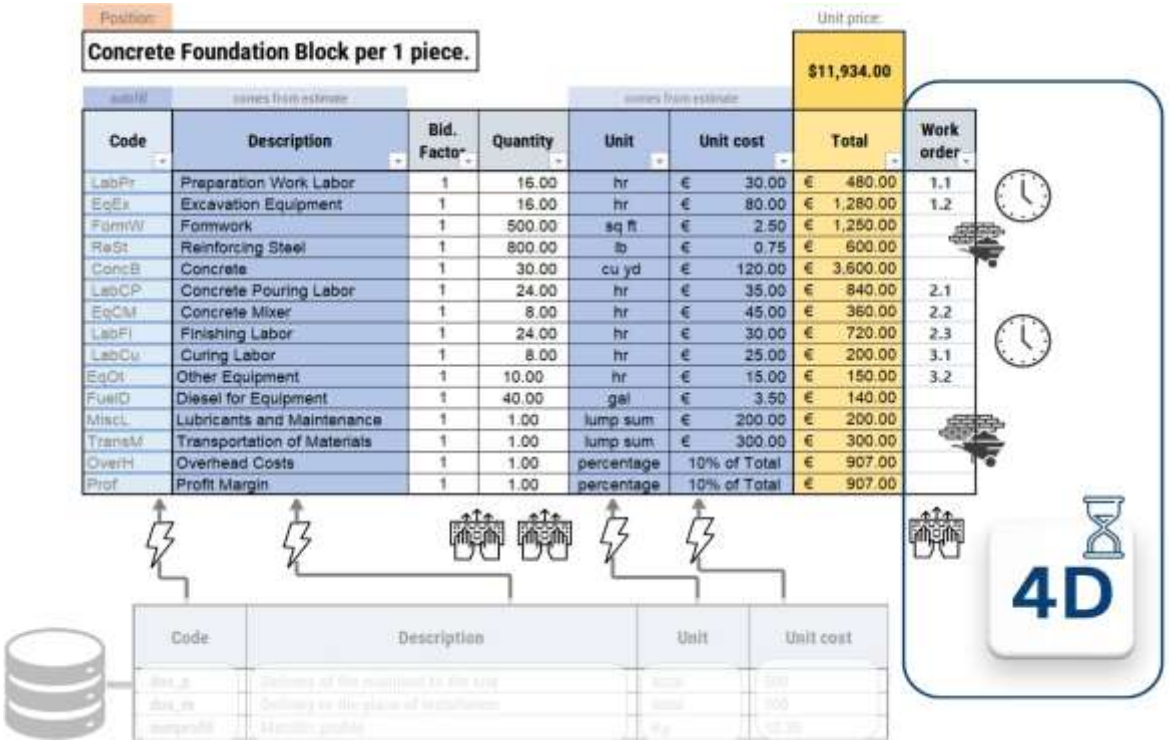
الفصل 5.3.

4d ، 6d -8d وحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون co_2

النموذج رباعي الأبعاد: دمج الوقت في تقديرات الإنشاءات

وبالإضافة إلى تقدير التكاليف، فإن أحد التطبيقات الرئيسية لبيانات التصميم في مجال الإنشاءات هو تحديد معايير الوقت - سواء لعمليات الإنشاء الفردية أو للمشروع بأكمله. وغالباً ما تستخدم طريقة التقدير المستند إلى الموارد وقاعدة البيانات الحسابية المرتبطة بها، والتي تمت مناقشتها بالتفصيل في الفصل السابق "الحسابات والتقديرات لمشاريع البناء"، كأساس للحساب الآلي للوقت وإنشاء جدول زمني لتنفيذ العمل.

ولا يأخذ النهج القائم على الموارد في الحسبان التكاليف المادية فحسب، بل يأخذ في الحسبان أيضا الموارد الزمنية. وفي تقدير التكاليف، يمكن تعيين سمة لأمر العمل لكل عملية (الشكل1-3-5 - بارامتر أمر العمل) ومقدار الوقت والتكلفة المرتبطين بتنفيذ تلك العملية. وتكتسب هذه البارامترات أهمية خاصة لوصف العمليات التي ليس لها سعر سوقي ثابت ولا يمكن شراؤها مباشرة - مثل استخدام معدات البناء أو توظيف العمال أو العمليات اللوجستية (والتي عادة ما يتم التعبير عنها عادةً بالساعات). وفي مثل هذه الحالات، لا يتم تحديد التكلفة من قبل إدارة المشتريات بل من قبل الشركة المنفذة مباشرة على أساس المعايير الداخلية أو معدلات الإنتاج (الشكل1-3-5).



الشكل1-5-3.5 تشمل حسابات العمل في طريقة التقدير القائمة على الموارد توقيت ساعات العمل.

وبالتالي، فإن الحسابات على مستوى تقدير التكاليف لا تشمل فقط تكلفة الوقود والمواد (تكلفة الشراء)، ولكن أيضًا الوقت الذي يقضيه السائقون والفنيون والعمال المساعدون في الموقع. في المثال الـمعطى (الشكل1-5.3)، يمثل جدول التكلفة في المثال المذكور (الشكل 5.3-1)، جدول التكلفة حساب تكلفة تركيب كتلة أساس، بما في ذلك المراحل المكونة للعمل، مثل التحضير وتركيب الإطار وصب الخرسانة، وكذلك المواد والعمالة المطلوبة. ومع ذلك، فإن بعض العمليات، مثل أعمال التحضير، قد لا تنطوي على تكاليف مادية، ولكنها قد تحتوي على تكاليف عمالة مؤقتة كبيرة معبراً عنها بساعات العمل.

لتخطيط تسلسل العمل (لجدول العمل) في موقع البناء، تتم إضافة سمة "أمر العمل" يدويًا إلى جدول الحساب (الشكل 5.3-1). يتم تحديد هذه السمة في عمود إضافي فقط للعناصر التي يتم التعبير عن وحدة قياسها بالوقت (ساعة، يوم). تُضاف هذه السمة إلى رمز العمل والوصف والكمية ووحدة القياس (المعلمة "الوحدة") والتكاليف. يسمح لك التسلسل العددي (معلمة "أمر العمل") للأنشطة بتحديد الترتيب الذي يتم به تنفيذ المهام في موقع الإنشاء واستخدامه في الجدولة.

الجدول الزمني للبناء وأتمتته بناءً على بيانات تقدير التكاليف

الجدول الزمني للإنشاءات هو تمثيل مرئي لخطة العمل والعمليات التي سيتم تنفيذها كجزء من تنفيذ المشروع. ويتم إنشاؤه على أساس حسابات الموارد التفصيلية (الشكل1-3-5)، حيث يتم جدولة كل مهمة - عمل، بالإضافة إلى تكلفة الموارد، حسب الوقت والتسلسل الزمني.

على النقيض من نهج حساب المتوسط، حيث تستند تقديرات الوقت إلى الساعات النموذجية لتركيب المواد أو المعدات، في الطريقة القائمة على الموارد، يستند التخطيط في الطريقة القائمة على الموارد إلى البيانات الفعلية في تقدير التكاليف. يعتمد كل بند من التقدير المتعلق بتكاليف العمالة على التقويم المطبق الذي يأخذ في الاعتبار الظروف الفعلية لاستخدام الموارد خلال فترة العمل. ويتيح تعديل الساعات الإنتاجية من خلال معاملات على مستوى تقدير التكاليف (الشكل1-5.3 معامِل "عامل العرض")، مراعاة الفروق في الإنتاجية والخصائص الموسمية التي تؤثر على توقيت العمل.

لتحديد تواريخ بداية ونهاية العملية لجدول الإنشاءات في مخطط جانت، نأخذ قيم سمة مقدار الوقت لكل عنصر من تكلفة كتلة الأساس ونضربها في عدد الكتل (في هذه الحالة، عدد كتل الأساس الخرسانية). تعطي هذه العملية الحسابية مدة كل مهمة. ثم نقوم بعد ذلك برسم هذه المدد على جدول زمني، بدءًا من تاريخ بدء المشروع، لإنشاء رسم بياني والنتيجة هي تمثيل مرئي يوضح متى يجب أن تبدأ كل مهمة وتنتهي. بالإضافة إلى ذلك، تسمح لنا معلمة "ترتيب العمل" للعمليات بفهم ما إذا كانت عملية العمل تعمل بالتوازي ("ترتيب العمل" على سبيل المثال 1.1-1.1) أو بالتتابع (1.1-1.2).

Gantt Chart هي أداة رسومية للتخطيط وإدارة المشاريع تمثل المهام على شكل أشرطة أفقية على جدول زمني. يمثل كل شريط مدة المهمة وبدايتها ونهايتها.

يساعد الجدول الزمني، أو مخطط جانت، مديري المشروع والعمال على فهم واضح للوقت والتسلسل الذي يجب أن يتم فيه تنفيذ مراحل البناء المختلفة، مما يضمن الاستخدام الفعال للموارد والوفاء بالمواعيد النهائية.

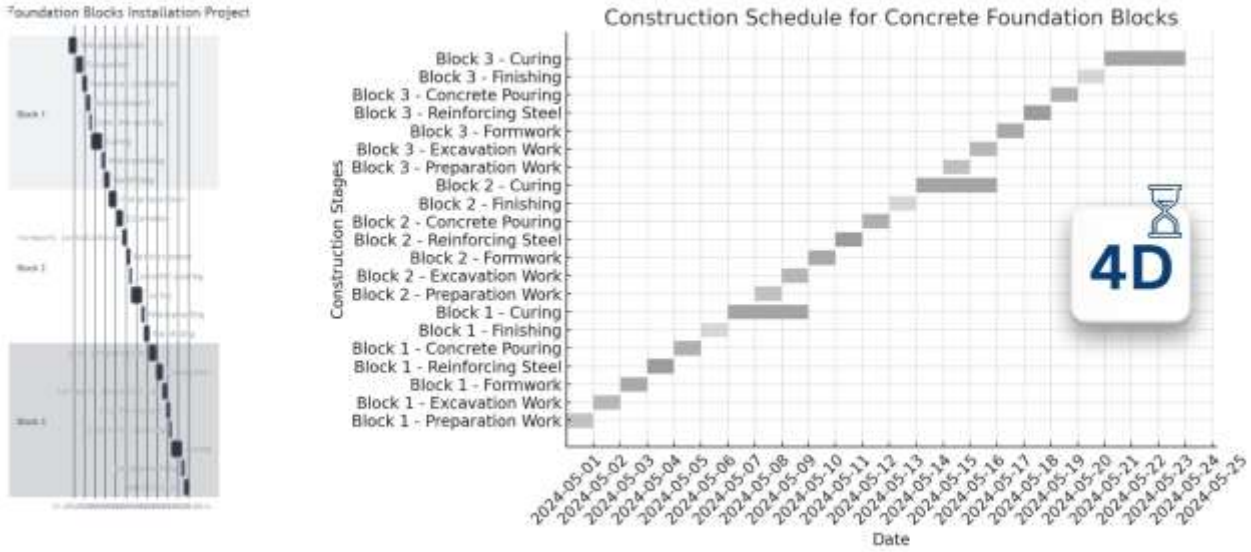
لنقدم جدولًا زمنيًا لتركيب ثلاث كتل أساس خرسانية باستخدام الحسابات الواردة في الجدول أعلاه. وباستخدام جدول التكاليف (الشكل1-3-5) من المثال أعلاه، اطلب من LLM جدولة تركيب عناصر كتل الأساس الثلاثة، على سبيل المثال في أول أيار/مايو 2024.

لإرسال تقدير التكاليف إلى LLM ، يمكننا تحميل جدول تقدير التكاليف بتنسيق XLSX أو ببساطة إدراج لقطة شاشة لصورة JPEG لتقدير التكاليف مباشرةً في دردشة LLM (الشكل1-5.3). سيجد برنامج LLM بشكل مستقل مكتبة لتصور صورة الجدول، ومن خلال ضرب السمات الزمنية للأنشطة من الجدول في حجمها، سيضيف جميع البيانات في رسم بياني.

إرسال طلب نصي إلى LLM:

> قم بإنشاء جدول عمل في شكل مخطط جانت باستخدام القيم من الجدول المتعلق بالوقت (الشكل1-5.3 في شكل JPEG في الملحق) لتركيب 3 كتل أساس. يتم تنفيذ الأعمال لكل كتلة بالتتابع. يتم تحديد بداية الأعمال اعتبارًا من 2024/05/01 ⏎

رد LLM

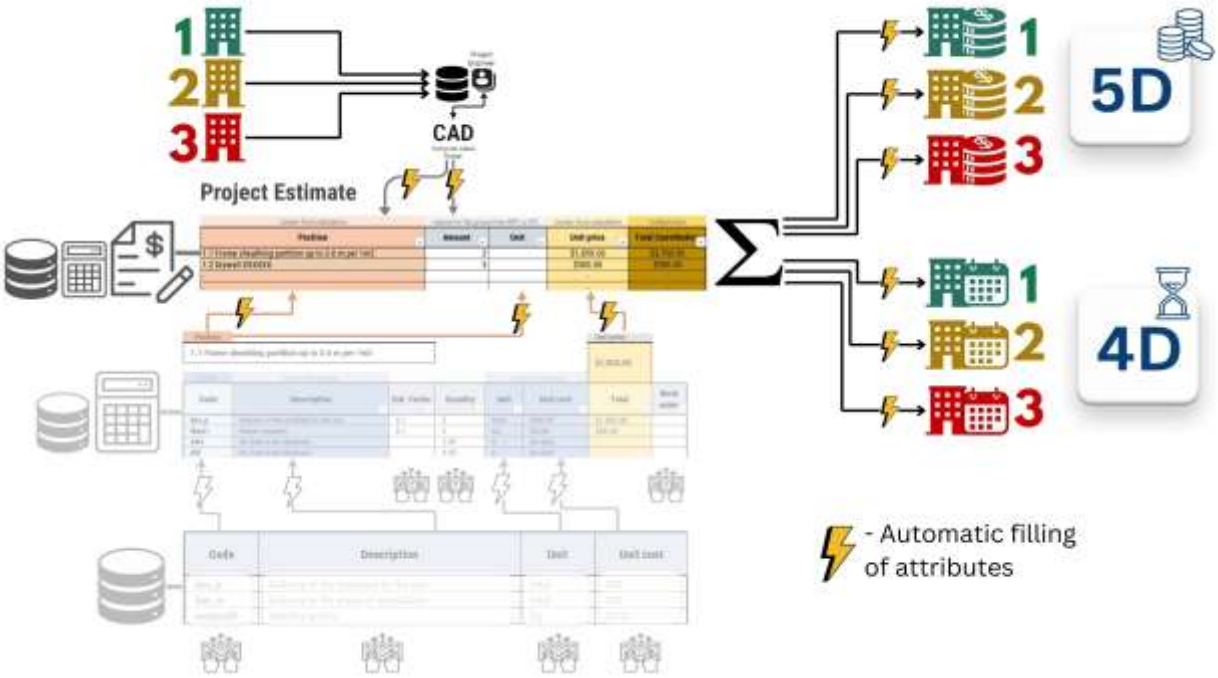


الشكل2-5.3 التي تم إنشاؤها تلقائيًا بواسطة عدة وحدات LLM مخطط جانت يوضح مراحل بناء ثلاث كتل خرسانية، وفقًا للشروط الواردة في المطالبة.

الرسم البياني الناتج (الشكل2-5.3) هو رسم بياني زمني يتوافق فيه كل شريط أفقي مع مرحلة معينة من العمل على كتلة الأساس ويوضح تسلسل العمليات (معلمة "ترتيب العمل")، مثل التجهيز، والحفر، وتركيب القوالب، والتسليح، وصب الخرسانة والتشطيب، أي تلك العمليات التي تم ملء معاملات الوقت والتسلسل في الحسابات.

لا يأخذ هذا الجدول الزمني (الشكل2-5.3) في الاعتبار القيود المتعلقة بأيام العمل أو المناوبات أو معايير وقت العمل، ولكنه مخصص فقط للتصور النظري للعملية. يمكن استكمال الجدول الزمني الدقيق الذي يعكس التوازي في العمل بتعليمات مناسبة أو تعليمات إضافية داخل غرفة المحادثة

باستخدام تقدير تكلفة واحدة (الشكل1-5.3)، وبفضل سمات الحجم من الهندسة ثلاثية الأبعاد -الهندسة يمكن تقدير تكلفة المشروع تلقائيًا من خلال تقديرات الآلية وفي نفس الوقت حساب الخصائص الزمنية للمجموعات في شكل جداول أو رسوم بيانية لمختلف متغيرات المشروع (الشكل3-5.3).



الشكل3-3-5.3 الحساب التلقائي، يسمح بالتنبؤ الفوري والتلقائي بالتكلفة والوقت لخيارات المشروع المختلفة.

وتستخدم النظم المعيارية الحديثة لتخطيط موارد المؤسسات - نظم تخطيط موارد المؤسسات الحديثة (الشكل-4-5 4)، التي تقوم بتحميل البيانات من نماذج CAD أساليب حساب الوقت الآلية المماثلة التي تقلل إلى حد كبير من عملية اتخاذ القرار. يتيح لك ذلك التخطيط الفوري والدقيق لجداول العمل وحساب الوقت الإجمالي المطلوب لإكمال جميع المهام في تنفيذ المشروع، مع مراعاة الأسعار الحقيقية.

طبقات السمات الموسعة 6 د -8 د: من كفاءة الطاقة إلى ضمان السلامة

6D و 7D و 8D هي مستويات موسعة لنمذجة المعلومات، كل منها يساهم بطبقات إضافية من السمات في نموذج معلومات المشروع الشامل، وأساس منها هو سمات النموذج ثلاثي الأبعاد - النموذج مع عددها ونطاقها.

تقدم كل طبقة إضافية معلمات محددة مطلوبة لمزيد من التجميع أو لمزيد من التحديد في أنظمة أخرى، مثل أنظمة إدارة الممتلكات (PMS)، وإدارة المرافق بمساعدة الحاسوب (CAFM)، وإدارة مشاريع البناء (CPM) وأنظمة إدارة السلامة (SMS).

الشكل4-5.3 الشكل 4-5.3 توسع السمات 6 د و7 د و8 د في نموذج معلومات البيانات النظر في مختلف جوانب المشروع، من كفاءة الطاقة إلى السلامة.

- في **6D**بالإضافة إلى قاعدة بيانات المشروع (أو إطار البيانات (الشكل13-4.1) مع السمات الهندسية والحجمية للعناصر، تتم إضافة معلومات (أعمدة السمات) عن الاستدامة البيئية. ويشمل ذلك المعلومات المتعلقة بكفاءة الطاقة، والبصمة الكربونية، وقابلية إعادة تدوير المواد، واستخدام التقنيات الصديقة للبيئة. وتسمح هذه البيانات بتقييم الأثر البيئي للمشروع، وتحسين قرارات المشروع وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

- 7D السمات المكملة للسمات المطلوبة لإدارة صيانة المباني. وهي بيانات عن جداول الصيانة ودورات حياة المكونات والوثائق الفنية وتاريخ الإصلاح. تضمن هذه المجموعة من المعلومات إمكانية دمج النموذج مع أنظمة الصيانة (إدارة المرافق، نظام إدارة المرافق، نظام إدارة المعدات)، وتسمح بالتخطيط الفعال للصيانة واستبدال المعدات وتوفر الدعم طوال دورة حياة المرفق بأكملها.

- 8D طبقة سمات إضافية - تشمل المعلومات المتعلقة بالسلامة - سواء في مرحلة الإنشاء أو أثناء التشغيل اللاحق. يتضمن النموذج تدابير سلامة الأفراد وتعليمات الطوارئ وأنظمة الإخلاء ومتطلبات الحماية من الحرائق. يساعد دمج هذه البيانات في النموذج الرقمي على أخذ المخاطر في الحسبان مسبقاً وتطوير الحلول المعمارية والهندسية والتنظيمية التي تراعي متطلبات الصحة والسلامة.

في شكل جدولي منظم، تمثل الطبقات 4D إلى 8D سمات إضافية في شكل أعمدة ذات قيم مأهولة (الشكل5-5.3) تضاف إلى سمات النماذج ثلاثية الأبعاد المأهولة بالفعل مثل الاسم والفئة والنوع والخصائص الحجمية. تحتوي القيم في طبقات السمات 6D ، و7D و8D على بيانات نصية ورقمية إضافية مثل النسبة المئوية لإعادة التدوير، والبصمة الكربونية، وفترة الضمان، ودورة الاستبدال، وتاريخ التركيب، وبروتوكولات السلامة، وما إلى ذلك.

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

الشكل8D- 6D 5-5.3 إضافة طبقات السمات إلى نموذج معلومات البيانات، الذي يحتوي بالفعل على سمات هندسية وحجمية من النموذج ثلاثي الأبعاد.

بالنسبة لنافذتنا الجديدة (الشكل1-4.4)، يمكن أن يكون للعنصر الذي يحمل المعرف W-NEW (الشكل5-5.3) السمات التالية ثلاثية الأبعاد -8D:

ثلاثي الأبعاد - السمات - المعلومات الهندسية التي تم الحصول عليها من أنظمة CAD:

- "اسم النوع" - عنصر "النافذة"

- "العرض" - 120 سم
- بالإضافة إلى ذلك، يمكنك إضافة نقاط "المربع الحدودي " لعنصر ما أو "هندسته BREP / MESH " كسمة منفصلة

- الاستدامة البيئية:

- معدل إعادة التدوير بنسبة 90 في المائة
- "البصمة الكربونية - 1,622 كجم من ثاني أكسيد الكربون

السمات 7 د - بيانات إدارة الكائنات:

- "فترة الضمان" - 8 سنوات
- "دورة الاستبدال" عمرها 20 سنة
- "الصيانة" - مطلوبة سنوياً

سمات 8D - ضمان الاستخدام الآمن للمباني وتشغيلها:

- تم التثبيت" - من قبل شركة "XYZ Windows"
- "معيار السلامة" - يتوافق مع ISO 45001

جميع المعلمات المسجلة في قاعدة البيانات أو مجموعة البيانات (الشكل5-5.3) يحتاجها المتخصصون في مختلف الأقسام للتجميع أو البحث أو الحسابات. ويوفر مثل هذا الوصف المتعدد الأبعاد القائم على السمات لعناصر المشروع صورة كاملة لدورة حياتها ومتطلباتها التشغيلية والعديد من الجوانب الأخرى اللازمة لتصميم المشروع وبنائه وتشغيله.

تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من مشاريع البناء

وإلى جانب موضوع استدامة مشاريع التشييد في المرحلة 6 د (الشكل5-5.3)، يركز البناء الحديث على الاستدامة البيئية للمشاريع، حيث يصبح أحد الجوانب الرئيسية تقييم وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تحدث خلال مراحل دورة حياة المشروع (مثل التصنيع والتركيب).

> إن تقدير وحساب انبعاثات الكربون من مواد البناء هي عملية يتم بموجبها تحديد إجمالي انبعاثات الكربون بضرب السمات الحجمية لعنصر أو مجموعة من العناصر المستخدمة في مشروع ما بعامل انبعاثات الكربون المناسب للفئة.

يضيف النظر في انبعاثات الكربون في تقييم مشاريع البناء كجزء من معايير ESG الأوسع نطاقاً (المعايير البيئية والاجتماعية والحوكمة) مستوى جديد من التعقيد إلى التحليل. ويكتسب هذا الأمر أهمية خاصة بالنسبة للعميل-المستثمر في الحصول على الشهادات ذات الصلة مثل LEED® (الريادة في الطاقة والتصميم البيئي) أو BREEAM® (طريقة التقييم البيئي لمؤسسة أبحاث البناء) أو DGNB® (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen). يمكن أن يؤدي الحصول على إحدى هذه الشهادات إلى زيادة قابلية تسويق العقار بشكل كبير، وتبسيط عملية التكليف وضمان الامتثال لمتطلبات المستأجرين الموجهين نحو الاستدامة (ESG). واعتمادًا على متطلبات المشروع، يمكن أيضًا استخدام معيار HQE (معيار الجودة البيئية العالية، وهو المعيار الفرنسي للمباني الخضراء) وWELL (معيار WELL للمباني الذي يركز على صحة المستخدم وراحته) وGRESB (المعيار العالمي للاستدامة العقارية)

البيئة والاجتماعية والحوكمة ESG (البيئة والاجتماعية والحوكمة) هي مجموعة واسعة من المبادئ التي يمكن استخدامها لتقييم حوكمة الشركات والتأثير الاجتماعي والبيئي للأعمال التجارية داخليًا وخارجيًا.

، الذي تم تطويره في الأصل في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين من قبل الصناديق المالية لتزويد المستثمرين بمعلومات عن المعايير البيئية والاجتماعية والحوكمة الواسعة، وقد تطور ليصبح مؤشرًا رئيسيًا لتقييم كل من الشركات والمشاريع، بما في ذلك مشاريع البناء. وفقًا لأبحاث أجرتها شركات استشارية كبرى، أصبحت الاعتبارات البيئية والاجتماعية والحوكمة جزءًا لا يتجزأ من صناعة البناء والتشييد.

ووفقًا لتقرير EY (2023) "الطريق إلى الحياد الكربوني"، فإن الشركات التي تطبق بنشاط المبادئ البيئية والاجتماعية والحوكمة - المبادئ، لا تقلل من المخاطر طويلة الأجل فحسب، بل تزيد أيضًا من كفاءة نماذج أعمالها، وهو أمر مهم بشكل خاص في التحول العالمي للأسواق [103]. ويشير تقرير الوعي بمبادئ الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية والحوكمة الصادر عن شركة برايس ووترهاوس كوبرز إلى أن وعي الشركات بأهمية المبادئ البيئية والاجتماعية والحوكمة يتراوح بين 67% و97%، حيث ترى معظم المؤسسات أن هذه الاتجاهات هي مفتاح الاستدامة في المستقبل [104] وأن الشركات في معظمها تشهد ضغوطًا كبيرة من أصحاب المصلحة لدمج مبادئ الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية والحوكمة.

وبالتالي، فإن دمج المبادئ البيئية والاجتماعية والحوكمة في مشاريع البناء لا يساهم فقط في الحصول على شهادات الاستدامة الدولية مثل LEED وBREEAM وDGNB، بل يضمن أيضًا الاستدامة والقدرة التنافسية للشركات في الصناعة على المدى الطويل.

من أهم العوامل التي تؤثر على البصمة الكربونية الإجمالية لمشروع البناء هي مراحل الإنتاج والخدمات اللوجستية لمواد

ومكونات البناء. فغالباً ما يكون للمواد المستخدمة في الموقع تأثير حاسم على إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ، خاصة في المراحل الأولى من دورة حياة المشروع - من استخراج المواد الخام إلى التسليم إلى موقع البناء.

ويتطلب حساب الانبعاثات حسب فئة أو نوع عنصر البناء استخدام عوامل انبعاثات الكربون المرجعية التي تعكس كمية ثاني أكسيد الكربون المتولدة من إنتاج مواد مختلفة. وتشمل هذه المواد الخرسانة والطوب والصلب المعاد تدويره والألومنيوم وغيرها. تُستخرج هذه القيم عمومًا من مصادر موثوقة وقواعد بيانات دولية مثل UK ICE 2015 (قائمة جرد الكربون والطاقة) ووكالة حماية البيئة الأمريكية 2006 (وكالة حماية البيئة الأمريكية) [105]. يلخص الجدول التالي (الشكل6-5.3) عوامل الانبعاثات الأساسية لمجموعة من مواد البناء الشائعة. ويرد بارامتران رئيسيان لكل مادة: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المحددة (بالكيلوغرام لكل كيلوغرام من المادة) وعوامل التحويل من الحجم إلى الوزن (بالكيلوغرام لكل متر مكعب)، وهي ضرورية لدمج الحسابات في نموذج التصميم والربط بتجميع بيانات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

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**

الشكل6-5.3 كمية الكربون المنبعثة في إنتاج مواد البناء المختلفة، وفقًا لقاعدة بيانات معهد الهندسة البيئية في المملكة المتحدة ووكالة حماية البيئة الأمريكية.

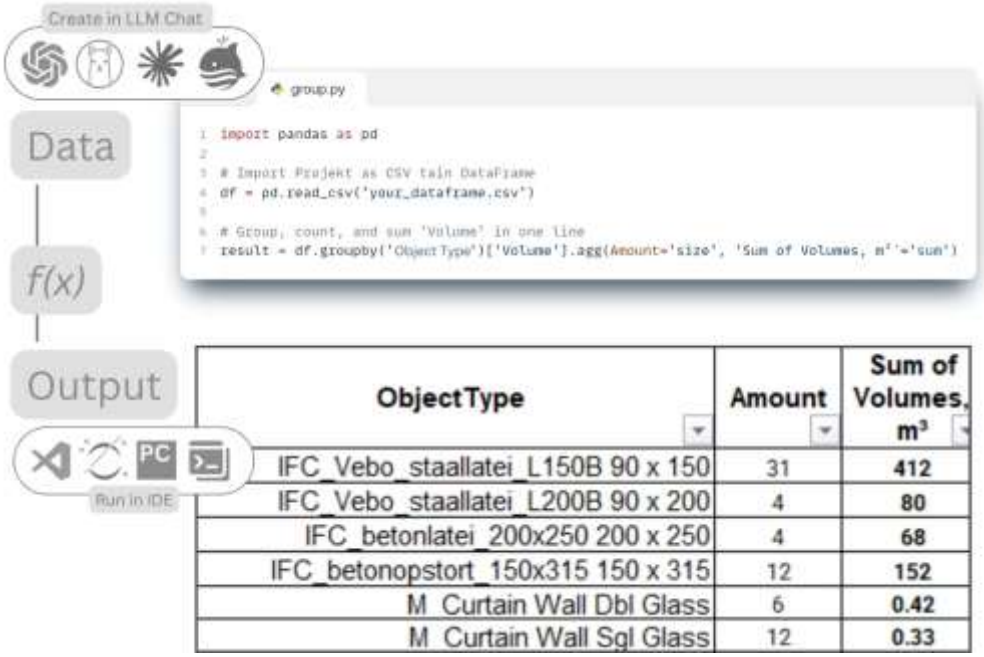
ولحساب إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لمشروع ما، كما هو الحال مع حسابات 4D و5D ، من الضروري تحديد أحجام السمات لكل مجموعة من المرافق. يمكن القيام بذلك باستخدام أدوات التحليل الكمي (QTO) عن طريق الحصول على أحجام السمات بالأمتار المكعبة، كما هو موضح بالتفصيل في القسم الخاص بـ "أخذ الكمية". ثم تُضرب هذه الأحجام

بعد ذلك في المعاملات المناسبة لخاصية "انبعاثات عملية ثاني أكسيد الكربون" لكل مجموعة مواد.

دعونا نستخرج جدول الأحجام تلقائيًا حسب نوع العنصر من مشروع CAD (BIM) من خلال تجميع جميع بيانات المشروع كما سبق القيام به في الفصول السابقة. لتنفيذ هذه المهمة، دعونا نرجع إلى LLM.

> يرجى تجميع جدول DataFrame الجدول من مشروع CAD (BIM) حسب معلمة العمود "اسم الكائن" (أو "النوع") وإظهار عدد العناصر في كل مجموعة، وتلخيص معلمة "الحجم" لجميع العناصر في النوع. ⏎

رد LLM:



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

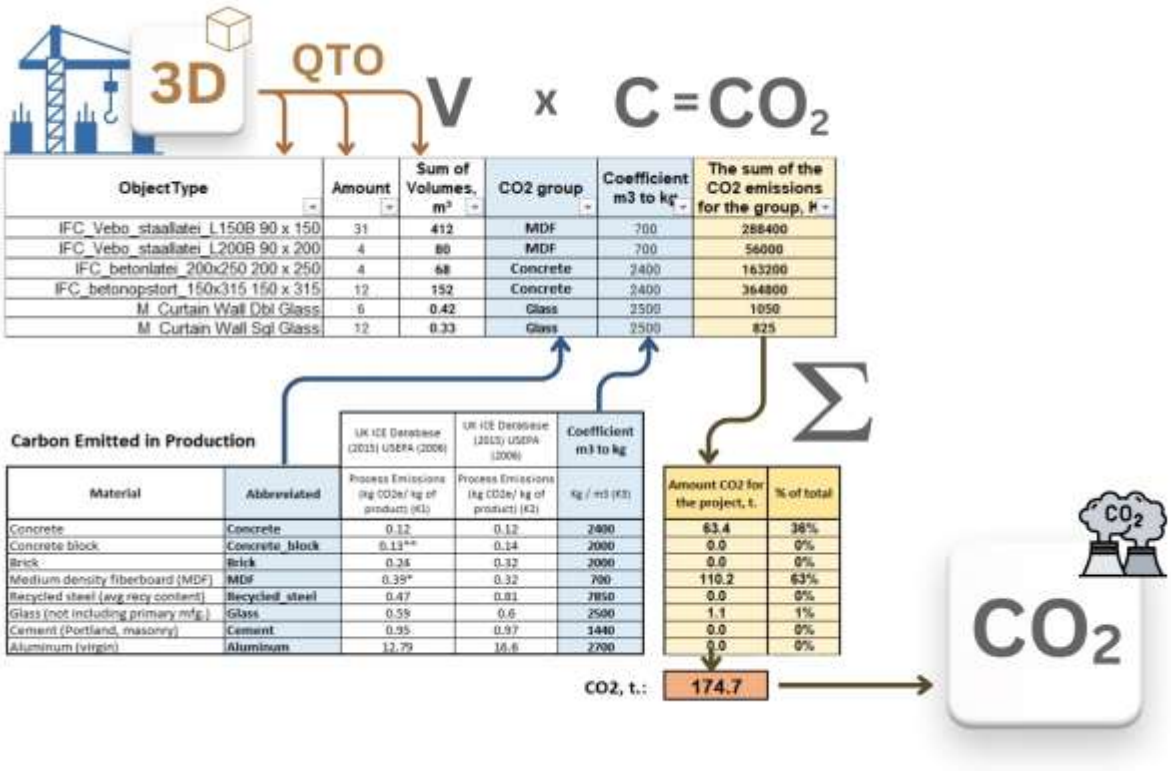
الشكل7-5.3 قام الرمز الذي تم إنشاؤه في LLM بتجميع كيانات المشروع لنا حسب النوع (ObjectType) مع تلخيص السمة "الحجم".

لأتمتة حساب إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون$_2$ للمشروع بأكمله، ما عليك سوى إعداد تعيين البيانات التلقائي في الجدول أو ربط أنواع العناصر يدويًا (الشكل7-5.3) بأنواع المواد المقابلة (الشكل6-5.3) من جدول عوامل الانبعاثات.

يمكن العثور على الجدول النهائي الذي يحتوي على عوامل الانبعاثات والصيغ، بالإضافة إلى التعليمات البرمجية لاسترداد الأحجام من تنسيقات (BIM) CAD وأتمتة تحديد ثاني أكسيد الكربون على GitHub من خلال البحث عن "CO_2calculating-the-embodied-carbon. DataDrivenConstruction." [106].

وبالتالي، فإن تكامل البيانات بعد تجميع عناصر QTO من قاعدة بيانات CAD يسمح بالحساب التلقائي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (الشكل8-5.3) لخيارات التصميم المختلفة. هذا يجعل من الممكن تحليل تأثير المواد المختلفة في المتغيرات المختلفة واختيار فقط تلك الحلول التي تلبي متطلبات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاصة للحصول على شهادة معينة عند تشغيل المبنى

يعد تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق ضرب العوامل في أحجام عناصر المشروع المجمعة مثال نموذجي لمهمة في عملية حصول شركة إنشاءات على تصنيف ESG (على سبيل المثال، شهادة LEED) لمنشأة ما.



Object Type	Amount	Sum of Volumes, m³	CO2 group	Coefficient m3 to kg*	The sum of the CO2 emissions for the group, kg
IFC_Vebo_staallatei_L150B 90 x 150	31	412	MDF	700	288400
IFC_Vebo_staallatei_L200B 90 x 200	4	80	MDF	700	56000
IFC_betonlatei_200x250 200 x 250	4	68	Concrete	2400	163200
IFC_betonopstort_150x315 150 x 315	12	152	Concrete	2400	364800
M_Curtain Wall Dbl Glass	6	0.42	Glass	2500	1050
M_Curtain Wall Sgl Glass	12	0.33	Glass	2500	825

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)	Amount CO2 for the project, t.	% of total
Concrete	Concrete	0.12	0.12	2400	63.4	36%
Concrete block	Concrete_block	0.13**	0.14	2000	0.0	0%
Brick	Brick	0.24	0.32	2000	0.0	0%
Medium density fiberboard (MDF)	MDF	0.39*	0.32	700	110.2	63%
Recycled steel (avg recy content)	Recycled_steel	0.47	0.81	7850	0.0	0%
Glass (not including primary mfg.)	Glass	0.59	0.6	2500	1.1	1%
Cement (Portland, masonry)	Cement	0.95	0.97	1440	0.0	0%
Aluminum (virgin)	Aluminum	12.79	16.6	2700	0.0	0%

الشكل8-5.3 دمج مجموعات المنظمة الكمية من قواعد بيانات التصميم الحاسوبي يوفر الدقة والأتمتة في اشتقاق تقديرات الانبعاثات النهائية لثاني أكسيد الكربون.

وبالمثل، من خلال تحديد أحجام مجموعات العناصر، يمكننا إجراء حسابات لمراقبة المواد والخدمات اللوجستية، ومراقبة الجودة وإدارتها، ونمذجة الطاقة وتحليلها، ومجموعة من المهام الأخرى للحصول على حالة سمة جديدة (معلمة في الجدول) لكل من مجموعات العناصر الفردية والمشروع بأكمله.

إذا بدأ عدد هذه العمليات الحسابية في الشركة في الازدياد، فإن السؤال الذي يطرح نفسه هو الحاجة إلى أتمتة هذه العمليات الحسابية وتنفيذ نتائج العمليات الحسابية في عمليات الشركة وأنظمة إدارة البيانات.

ونظرًا لتعقيد الحل الكامل، فإن الشركات المتوسطة والكبيرة العاملة في صناعة البناء والتشييد تستعين بشركات تطوير النظم (أو نظام معلومات إدارة المشاريع). تنشئ شركات التطوير نظامًا معياريًا شاملًا واحدًا لكبار العملاء لإدارة العديد من طبقات المعلومات المختلفة، بما في ذلك حسابات المواد والموارد.

الفصل 5.4.

أنظمة ERP و PMIS الإنشاءات و PMIS

أنظمة تخطيط موارد المؤسسات -أنظمة تخطيط موارد المؤسسات -أنظمة على سبيل المثال الحسابات والتقديرات

تدمج الأنظمة المعيارية لتخطيط موارد المؤسسات بين مختلف طبقات السمات (المعلومات) وتدفقات البيانات في نظام واحد شامل، مما يسمح لمديري المشاريع بإدارة الموارد والشؤون المالية واللوجستية والجوانب الأخرى للمشروع بطريقة متزامنة داخل منصة واحدة. يعمل نظام تخطيط موارد المؤسسات الإنشائية بمثابة "العقل المدبر" لمشاريع البناء، مما يبسط العمليات المتكررة من خلال الأتمتة، ويوفر الشفافية والتحكم في جميع مراحل عملية البناء.

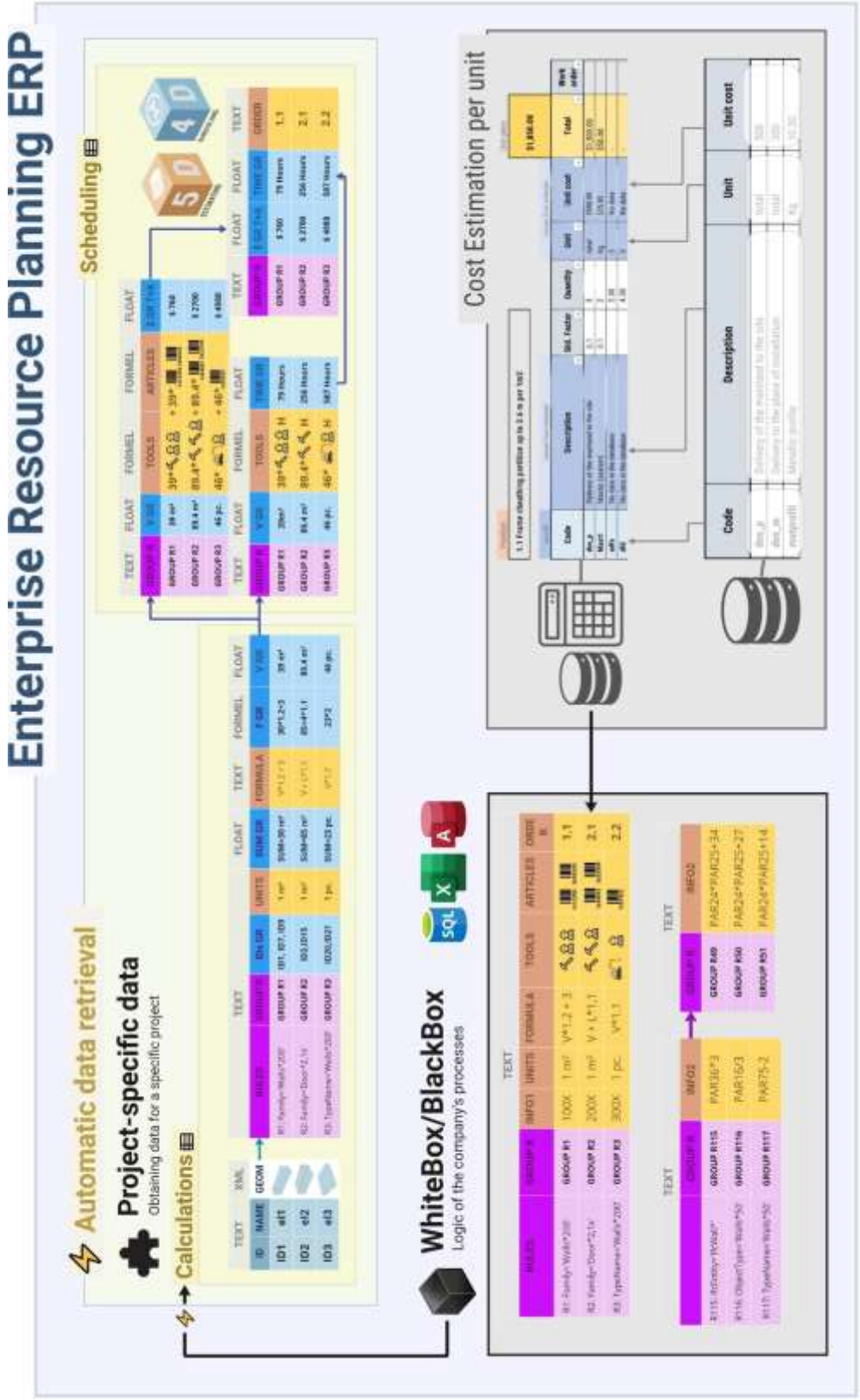
> أنظمة تخطيط موارد المؤسسات (ERP) الخاصة بالبناء هي حلول برمجية شاملة مصممة لإدارة وتحسين مختلف جوانب عملية البناء. ويقع في صميم أنظمة تخطيط موارد المؤسسات الإنشائية وحدات لإدارة تقدير التكاليف والجدولة، مما يجعلها أداة مهمة لتخطيط الموارد بكفاءة.

وحدات تخطيط موارد المؤسسات - تسمح الأنظمة للمستخدمين بإدخال البيانات ومعالجتها وتحليلها بطريقة منظمة تغطي مختلف جوانب المشروع، والتي قد تشمل محاسبة تكاليف المواد والعمالة، واستخدام المعدات، وإدارة الخدمات اللوجستية، والموارد البشرية، والاتصالات وغيرها من أنشطة البناء.

تتمثل إحدى الكتل الوظيفية للنظام في وحدة أتمتة منطق الأعمال - BlackBox/WhiteBox، التي تلعب دور مركز التحكم في العمليات.

يتيح نظام BlackBox /WhiteBox للمتخصصين الذين يستخدمون نظام تخطيط موارد المؤسسات إدارة جوانب مختلفة من الأعمال التي تم تكوينها مسبقاً من قبل مستخدمين أو مسؤولين آخرين بمرونة، وذلك من خلال حقوق الوصول. في سياق أنظمة تخطيط موارد المؤسسات، يشير مصطلحا BlackBox و WhiteBox إلى مستويات الشفافية وإمكانية التحكم في المنطق الداخلي للنظام:

- **الصندوق الأسود** ("الصندوق الأسود") - يتفاعل المستخدم مع النظام من خلال الواجهة، دون الوصول إلى المنطق الداخلي لتنفيذ العملية. يقوم النظام بإجراء الحسابات من تلقاء نفسه، بناءً على قواعد محددة مسبقًا مخفية عن المستخدم النهائي. يقوم بإدخال البيانات ويحصل على النتيجة دون معرفة السمات أو المعاملات المستخدمة في الداخل.
- **وايت بوكس** ("الصندوق الأبيض") - يتوفر منطق المعالجة للعرض والتخصيص والتعديل. يمكن للمستخدمين المتقدمين أو الإداريين أو المتكاملين تحديد خوارزميات معالجة البيانات وقواعد الحساب وسيناريوهات التفاعل بين كيانات المشروع يدويًا.


Enterprise Resource Planning ERP
Automatic data retrieval
Project-specific data
Obtaining data for a specific project
Calculations
Scheduling
Cost Estimation per unit
WhiteBox/BlackBox
Logic of the company's processes
Code
Description
Unit
Unit cost

الشكل1-5-5.4 بنية نظام تخطيط موارد المؤسسات الإنشائية، للحصول على تقديرات وجداول العمل عن طريق ملء سمات الحجم يدويًا.

ومن الأمثلة على ذلك عندما يقوم مستخدم أو مسؤول متمرس بتعيين قاعدة: أي السمات في تقدير ما يجب ضربها فيما بينها أو تجميعها وفقًا لخاصية معينة، وأين يجب تسجيل النتيجة النهائية. بعد ذلك، يقوم المحترفون الأقل تدريبًا، مثل مهندسي التقدير، ببساطة بتحميل البيانات الجديدة في نظام تخطيط موارد المؤسسات عبر واجهة المستخدم - والحصول على تقديرات أو جداول أو مواصفات جاهزة دون الحاجة إلى كتابة التعليمات البرمجية أو فهم التفاصيل الفنية للمنطق.

> في الفصول السابقة، تمت مناقشة الوحدات الحسابية والمنطقية في سياق تفاعل LLM. في بيئة تخطيط موارد المؤسسات، تجري عمليات حسابية وتحويلات مماثلة داخل وحدات مخفية خلف واجهة من الأزرار والنماذج.

في المثال التالي (الشكل1-5.4)، حدد مدير نظام تخطيط موارد المؤسسات - النظام في وحدة الصندوق الأسود /WhiteBox قواعد لمطابقة سمات الكيانات من التقديرات مع سمات تجميع الكمية أو الحجم. بفضل هذه الوحدة النمطية BlackBox/WhiteBox التي تم تكوينها (من قبل المدير أو المسؤول)، يتلقى المستخدم (المقدر أو المهندس)، عن طريق إضافة سمة كمية أو حجم يدويًا عبر واجهة مستخدم ERP، تقديرات النهائية وجداول العمل تلقائيًا. وبهذه الطريقة، تصبح عمليات الحساب وتوليد التقديرات التي تمت مناقشتها في الفصول السابقة بمساعدة التعليمات البرمجية، داخل نظام تخطيط موارد المؤسسات، ناقل شبه آلي.

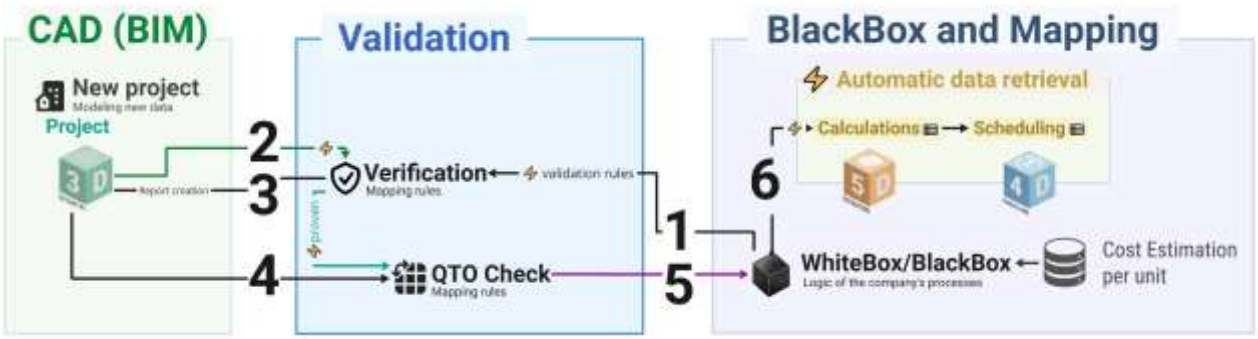
إن ربط هذه العملية شبه الآلية بالسمات الحجمية من نماذج (BIM) CAD (الشكل13-4.1)، من خلال، على سبيل المثال، تحميل مشروع CAD إلى وحدة تخطيط موارد المؤسسات التي تم تهيئتها مسبقًا لهذا الغرض ، يحول تدفق البيانات إلى آلية متزامنة قادرة على التحديث المستقل والفوري لقيمة مجموعات العناصر الفردية أو المشروع بأكمله استجابةً لأي تغييرات تطرأ عليه أثناء مرحلة التصميم، عند تحميل نموذج CAD إلى نظام تخطيط موارد

المؤسسات.

من أجل إنشاء تدفق آلي للبيانات (الشكل2-5.4) بين التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) وأنظمة تخطيط موارد المؤسسات ، يجب تحديد العمليات والمتطلبات الأساسية للبيانات من قواعد بيانات نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) بطريقة منظمة، كما سبق أن ناقشنا في الفصل أعلاه "المتطلبات وضمان جودة البيانات ". تنقسم هذه العملية في تخطيط موارد المؤسسات إلى خطوات مماثلة:

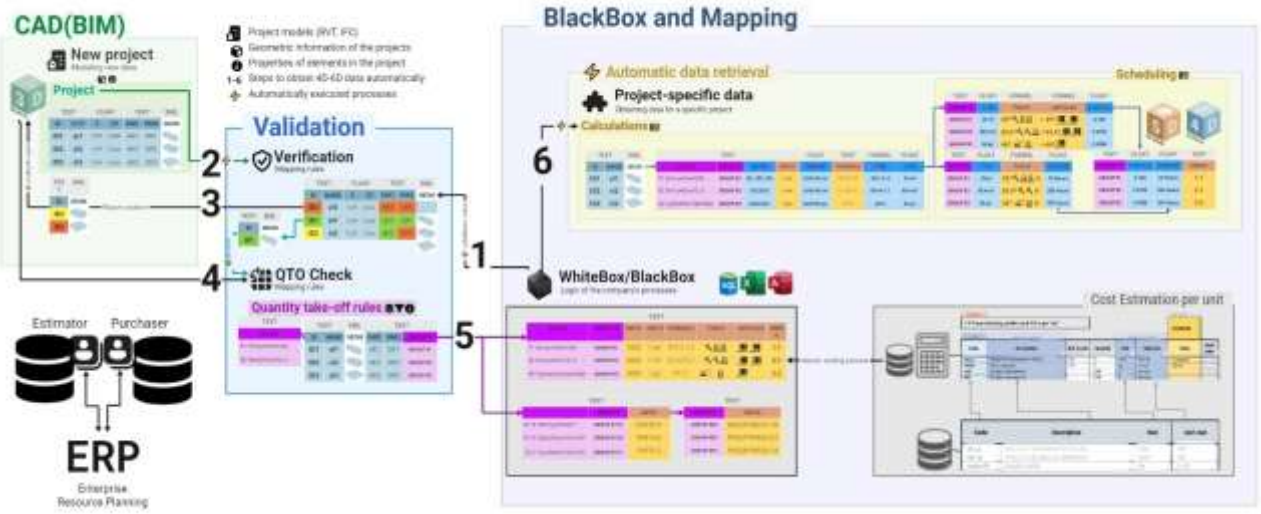
- إنشاء قواعد التحقق من الصحة (1)، والتي تلعب دورا هاما في ضمان دقة البيانات التي تدخل إلى نظام تخطيط موارد المؤسسات. تعمل قواعد التحقق من الصحة كمرشحات تقوم بالتحقق من صحة الكيانات وسماتها، مما يسمح فقط للعناصر التي تجتاز المتطلبات بالدخول إلى النظام. يمكنك معرفة المزيد عن التحقق والتحقق من الصحة في الفصل "إنشاء متطلبات والتحقق من صحة جودة البيانات ".
- ثم تتم عملية التحقق (2) داخل ERP ، والتي تؤكد أن جميع عناصر كيان المشروع بسماتها وقيمها قد تم إنشاؤها بشكل صحيح وجاهزة لخطوات المعالجة التالية.
- إذا كانت هناك مشاكل في بيانات السمات غير المكتملة، **يتم إنشاء تقرير (3)** وإرسال المشروع، مع تعليمات التصحيح، للمراجعة حتى يصبح جاهزًا للتكرار التالي.
- وبمجرد التحقق من صحة بيانات المشروع والتحقق من صحتها، يتم استخدامها في وحدة أخرى لتخطيط موارد المؤسسات **(4) لإنشاء جداول أخذ الكمية (QTO)** التي تنشئ سمات كمية لمجموعات الكيانات والمواد والموارد وفقًا للقواعد التي تم إنشاؤها مسبقًا (الصندوق الأبيض/الصندوق الأسود).
- يتم دمج البيانات المجمّعة حسب قواعد المطابقة أو QTO تلقائيًا مع الحسابات (مثل التكلفة والوقت) (5).
- في الخطوة الأخيرة من نظام تخطيط موارد المؤسسات ، يقوم المستخدم، من خلال ضرب سمات النطاق من جدول النطاق من جدول QTO مع سمات جداول العمليات (مثل العناصر المقدرة) ، **بإنشاء نتائج حسابية (6) تلقائيًا** (على سبيل المثال، تقديرات التكلفة أو جداول العمل أو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) لكل

مجموعة كيانات وللمشروع ككل.

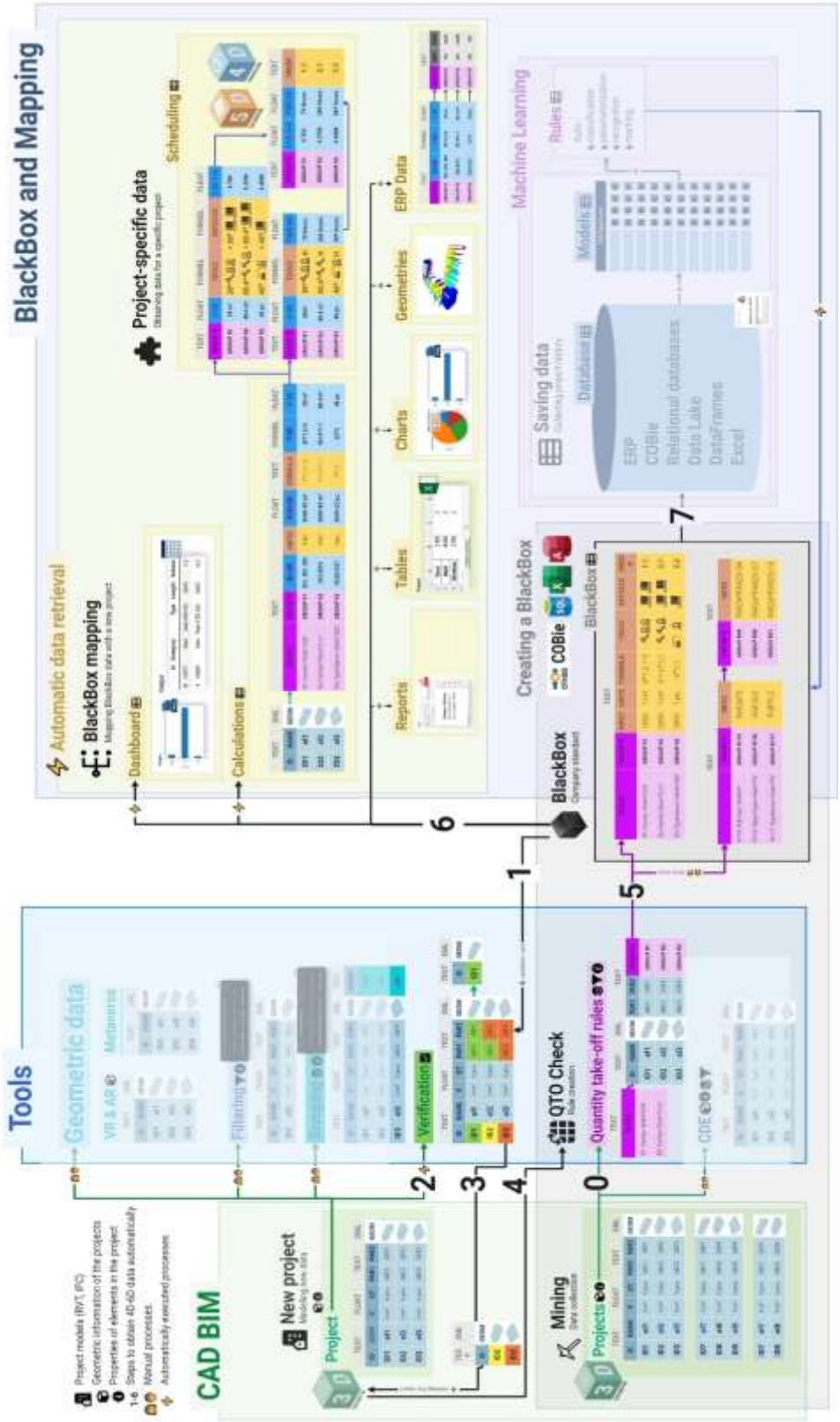


الشكل2-5.4 2-5.4 بنية نظام تخطيط موارد المؤسسات الإنشائية مع (CAD (BIM، بدءًا من إنشاء قواعد التحقق من الصحة (1) إلى الحساب التلقائي للتكاليف وجداول العمل (5-6).

في النظام المعياري لتخطيط موارد المؤسسات ، يتم دمج العمليات باستخدام برنامج يتضمن واجهة مستخدم. وخلف الواجهة توجد الواجهة الخلفية، حيث تقوم الجداول المهيكلة بمعالجة البيانات من خلال تنفيذ عمليات مختلفة تم تكوينها مسبقًا من قبل المدير أو المسؤول. ونتيجة لذلك، يتلقى المستخدم، بفضل منطق التشغيل الآلي المحدد مسبقًا والمخصص (في الوحدات النمطية BlackBox /WhiteBox)، مستندات معدة بشكل شبه آلي تلبي مهامه



الشكل3-5.4 تخطيط موارد المؤسسات - يساعد النظام المديرين والمستخدمين على التنقل بين الجداول المتخصصة لتوليد بيانات جديدة.


BlackBox and Mapping
Automatic data retrieval
BlackBox mapping
Dashboard
Calculations
Project-specific data
Scheduling
Reports
Tables
Charts
Geometries
ERP Data
Machine Learning
Rules
Models
Saving data
Database
ERP
COBie
Relational databases
Data Lake
DataFrames
Excel
Creating a BlackBox
COBie
BlackBox
Tools
Geometric data
Filtering
Verification
QTO Check
Quantity take-off rules
CDE
CAD BIM
New project
Project
Mining
Projects
0
1
2
3
4
5
6
7

الشكل4-5-4-5 - نظام تخطيط موارد المؤسسة - يتكامل النظام مع الأدوات التحليلية ويقوم بأتمتة عملية اتخاذ القرارات في الشركة.

وبالمثل، فإن العمليات في نظم تخطيط موارد المؤسسة - النظم، من البداية إلى الحساب النهائي (الخطوات من 1-6 الشكل3-4-5) هي سلسلة من الخطوات المترابطة التي توفر في نهاية المطاف الشفافية والكفاءة والدقة في التخطيط.

لا تشتمل أنظمة تخطيط موارد المؤسسات الحديثة في مجال الإنشاءات على وحدات حساب التكلفة والجدول الزمني فحسب، بل تشمل أيضًا العشرات من الوحدات الأخرى التي تم تكوينها مسبقًا، والتي عادةً ما تغطي إدارة الوثائق، وتتبع تقدم المشروع، وإدارة العقود، وسلسلة التوريد والخدمات اللوجستية، بالإضافة إلى التكامل مع أنظمة ومنصات الأعمال الأخرى. وتتيح الأدوات التحليلية المتكاملة لتخطيط موارد المؤسسات للمستخدمين أتمتة إنشاء لوحات المعلومات لمراقبة مؤشرات الأداء الرئيسية للمشروع (KPI - مؤشرات الأداء الرئيسية). وهذا يوفر إدارة مركزية ومتسقة لجميع جوانب مشروع البناء، مع محاولة الجمع بين عدد كبير من التطبيقات والأنظمة على منصة واحدة.

وفي المستقبل سيُستخدم نظام تخطيط موارد المؤسسة - التحليلات بالاقتران مع التعلم الآلي لزيادة الدقة وتحسين عملية حساب سمات المشروع المستقبلية. ستشكل البيانات والسمات التي يتم تحليلها وجمعها من نظم تخطيط موارد المؤسسات في البيانات الضخمة (الشكل4-4-5) في المستقبل الأساس لإنشاء نماذج تنبؤية يمكنها أن تتوقع بدقة التأخيرات المحتملة أو المخاطر أو، على سبيل المثال، التغيرات المحتملة في تكاليف المواد.

كبديل لتخطيط موارد المؤسسات ، غالبًا ما تستخدم صناعة الإنشاءات نظام معلومات إدارة المشاريع (نظام معلومات إدارة المشاريع)، وهو نظام لإدارة المشاريع مصمم للتحكم المفصل في المهام على مستوى مشروع إنشاء فردي.

PMIS: وسيط بين نظام تخطيط موارد المؤسسات وموقع الإنشاءات

على عكس نظام تخطيط موارد المؤسسات ، الذي يغطي سلسلة العمليات التجارية للشركة بالكامل، يركز نظام إدارة المشاريع على إدارة مشروع معين، ومراقبة الجداول الزمنية والميزانيات والموارد والوثائق.

> نظام معلومات إدارة المشاريع (نظام معلومات إدارة المشاريع) هو برنامج لإدارة مشاريع الإنشاءات مصمم لتخطيط وتتبع وتحليل جميع جوانب المشروع وإعداد التقارير عنها.

يسمح لك نظام معلومات إدارة المشاريع بإدارة المستندات والجداول الزمنية والميزانيات، وللوهلة الأولى، قد يبدو للوهلة الأولى أن نظام معلومات إدارة المشاريع هو حل مكرر لنظام تخطيط موارد المؤسسات ، ولكن الفرق الرئيسي هو مستوى الإدارة:

- يركز **نظام تخطيط موارد المؤسسات** على العمليات التجارية للشركة ككل: التكلفة والعقود والمشتريات والموارد البشرية وإدارة الموارد البشرية وإدارة الموارد على مستوى الشركة.
- يركز **نظام معلومات إدارة المشاريع** على إدارة المشاريع الفردية، حيث يوفر التخطيط التفصيلي ومراقبة التغيير وإعداد التقارير والتنسيق بين المشاركين.

في كثير من الحالات، تكون أنظمة تخطيط موارد المؤسسات هي التي تتمتع بالفعل بوظائف كافية، ويصبح تنفيذ نظام معلومات إدارة المشاريع مسألة ملاءمة وتفضيل الشركة. لا يستخدم العديد من المقاولين والعملاء نظام معلومات إدارة المشاريع ليس لأنه ضروري، ولكن لأنه مفروض من قبل البائع أو عميل كبير يريد تجميع البيانات على منصة معينة.

وتجدر الإشارة إلى أنه في المصطلحات الدولية لإدارة مشاريع الإنشاءات هناك مفاهيم أخرى شائعة منفصلة مثل PLM (إدارة دورة حياة المنتج) و EPC و EPC-M (إدارة الهندسة والمشتريات والإنشاءات) - وهي أساليب التعاقد في صناعة البناء والتشييد.

إذا كانت الشركة تستخدم بالفعل نظام تخطيط موارد المؤسسات مع وحدات إدارة المشاريع، فقد يكون إدخال نظام إدارة المشاريع رابطاً غير ضروري يكرر الوظائف. ومع ذلك، إذا لم تكن العمليات مؤتمتة والبيانات مجزأة، يمكن أن يكون نظام إدارة المشاريع PMIS أداة أكثر ملاءمة وسهولة في الصيانة.

المضاربة، والربح، والعزلة، وانعدام الشفافية في تخطيط موارد المؤسسات و PMIS

وعلى الرغم من البساطة الخارجية للواجهات والإجراءات، فإن نظم تخطيط موارد المؤسسات الإنشائية ونظم معلومات إدارة المشاريع هي في معظم الحالات حلول مغلقة وغير مرنة. وعادةً ما يتم تسليم هذه الأنظمة كحزمة برمجيات مهيأة مسبقًا من بائع واحد، مع إمكانية وصول محدودة إلى قواعد البيانات الداخلية ومنطق العمليات.

يتزايد تولي بائعي (CAD-(BIM- تطوير هذه النظم والتحكم فيها، حيث تحتوي قواعد بياناتهم على المعلومات التي تتطلبها نظم تخطيط موارد المؤسسات: السمات الكمية والحجمية لعناصر المشروع. ومع ذلك، بدلاً من توفير إمكانية الوصول إلى هذه البيانات بصيغة مفتوحة أو قابلة للقراءة الآلية، لا يقدم البائعون سوى سيناريوهات محدودة للمستخدمين ومنطق معالجة مغلق - محدد مسبقًا داخل وحدات BlackBox. وهذا يقلل من مرونة النظام ويحول دون تكييفه مع ظروف المشروع المحددة.

تظل محدودية شفافية البيانات أحد التحديات الرئيسية للعمليات الرقمية في مجال البناء. إن بنية قواعد البيانات المغلقة، وعدم إمكانية الوصول إلى مجموعات كاملة من سمات عناصر البناء، والتركيز على وحدات التشغيل الآلي BlackBox، وعدم وجود واجهات مفتوحة تزيد بشكل كبير من مخاطر بيروقراطية المستندات. تخلق هذه القيود اختناقات في عملية اتخاذ القرار، وتجعل من الصعب التحقق من المعلومات، وتفتح الباب أمام إخفاء البيانات أو المضاربة داخل أنظمة تخطيط موارد المؤسسات/نظام إدارة معلومات المباني. عادةً ما يحصل المستخدمون على وصول محدود فقط - سواء كان ذلك من خلال واجهة مجردة أو واجهة برمجة تطبيقات جزئية - دون القدرة على التفاعل مع مصادر البيانات الأساسية مباشرةً. وهذا أمر بالغ الأهمية بشكل خاص عندما يتعلق الأمر بالمعلمات التي يتم إنشاؤها تلقائيًا من مشاريع التصميم بمساعدة الحاسوب، مثل الأحجام والمساحات والكميات المستخدمة في حسابات QTO.

ونتيجة لذلك، فبدلاً من السعي لتحقيق الكفاءة من خلال أتمتة العمليات والبيانات المفتوحة وتقليل تكاليف المعاملات وإنشاء نماذج أعمال جديدة، تركز العديد من شركات الإنشاءات على إدارة المعلمات الخارجية - التلاعب بالعوامل وعوامل التعديل وطرق الحساب التي تؤثر على تكاليف المشروع في منصات تخطيط موارد المؤسسات/نظام إدارة معلومات المشاريع المغلقة. وهذا يخلق مجالاً للمضاربة ويشوه تكاليف الإنتاج الحقيقية ويقلل من الثقة بين جميع المشاركين في عملية البناء

في مجال الإنشاءات، يتشكل الربح على أنه الفرق بين الإيرادات من المشروع المنجز والتكاليف المتغيرة، والتي تشمل التصميم والمواد والعمالة والتكاليف المباشرة الأخرى المرتبطة مباشرة بتنفيذ المشروع. ومع ذلك، فإن العامل الرئيسي الذي يؤثر على قيمة هذه التكاليف ليس فقط التكنولوجيا أو الخدمات اللوجستية، ولكن أيضًا سرعة ودقة الحسابات وجودة القرارات الإدارية داخل الشركة.

وتتفاقم المشكلة بسبب حقيقة أن عمليات حساب التكاليف في معظم شركات الإنشاءات تظل غير شفافة ليس فقط بالنسبة للعملاء، ولكن أيضًا بالنسبة للموظفين أنفسهم، الذين لا يشكلون جزءًا من أقسام التقدير أو الأقسام المالية. ويفضل هذا الانغلاق تشكيل مجموعة متميزة من المتخصصين داخل الشركة - حاملي "الخبرة المالية"، الذين لديهم الحق الحصري في تحرير السمات وعوامل التصحيح في أنظمة تخطيط موارد المؤسسات/نظام إدارة المعلومات. ويمكن لهؤلاء الموظفين، إلى جانب رؤساء الشركات، أن يتحكموا بالفعل في المنطق المالي للمشروع.

وفي مثل هذه الظروف، يتحول المقدرون إلى "مقدرين ماليين"، حيث يوازنون بين تعظيم أرباح الشركة والحاجة إلى الحفاظ على سعر تنافسي للعميل. وفي الوقت نفسه، يتعين عليهم تجنب التلاعب الصارخ والجسيم من أجل عدم الإضرار بسمعة الشركة. وفي هذه المرحلة يتم وضع معاملات لإخفاء المعاملات لإخفاء الأحجام أو التكاليف المبالغ فيها للمواد والأعمال.

ونتيجة لذلك، فإن المخطط الرئيسي لزيادة كفاءة وربحية الشركات العاملة في صناعة البناء والتشييد لا يتمثل في أتمتة وتسريع عمليات اتخاذ القرارات، بل في المضاربة على أسعار المواد والأشغال (الشكل5-5.4). وتتم المبالغة في تقدير تكلفة الأشغال والمواد عن طريق المحاسبة "الرمادية" في نظم تخطيط موارد المؤسسات المغلقة /PMIS - وذلك بتضخيم النسب المئوية على متوسط أسعار السوق للمواد أو أحجام الأعمال عن طريق معاملات (الشكل 5.1-6)، والتي تمت مناقشتها في فصل "تجميع الحسابات وحساب تكلفة الأعمال على أساس قاعدة الموارد".

ونتيجة لذلك، يتلقى العميل حسابًا لا يعكس التكلفة الحقيقية أو نطاق العمل الحقيقي، بل هو مشتق من العديد من المعاملات الداخلية الخفية. وفي الوقت نفسه، يضطر المقاولون من الباطن، في محاولة للوفاء بالمعدلات التي حددها المقاول العام بأقل من قيمتها الحقيقية، إلى شراء مواد أرخص وأقل جودة، مما يؤدي إلى تدهور الجودة النهائية للبناء.

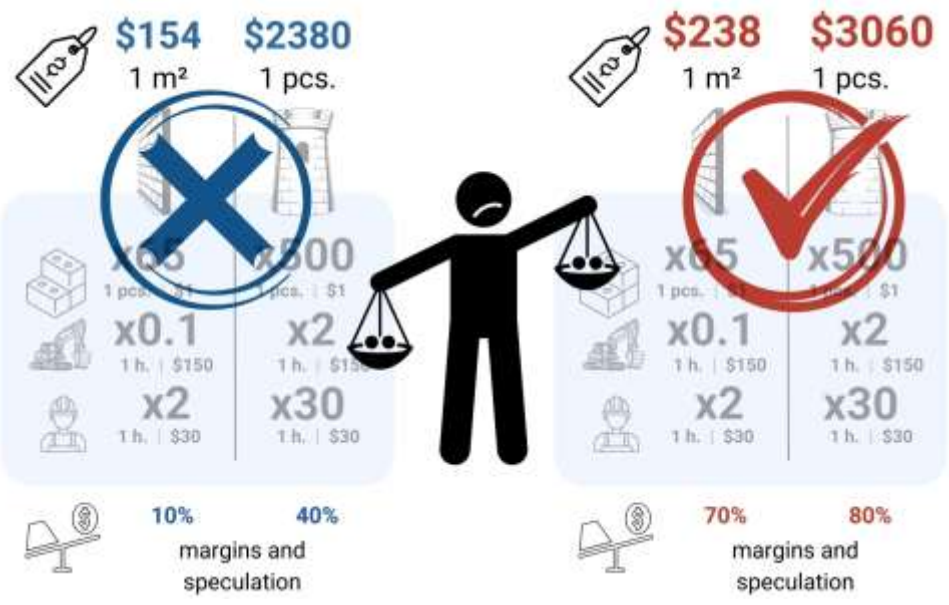
إن عملية المضاربة في البحث عن الأرباح من العدم تنتهي بإلحاق الضرر بكل من العملاء الذين يتلقون بيانات غير

موثوقة والمديرين التنفيذيين الذين يضطرون إلى إيجاد المزيد والمزيد من نماذج المضاربة

ونتيجة لذلك، كلما زاد حجم المشروع، ارتفع مستوى البيروقراطية في إدارة البيانات والعمليات. فغالباً ما تخفي كل خطوة وكل وحدة معاملات مبهمة ورسوم إضافية مضمنة في خوارزميات الحساب والإجراءات الداخلية. وهذا لا يجعل التدقيق صعباً فحسب، بل يشوه الصورة المالية للمشروع بشكل كبير. في مشاريع البناء الكبيرة ، غالبًا ما تؤدي مثل هذه الممارسات إلى زيادة مضاعفة (تصل أحيانًا إلى عشرة أضعاف) في التكلفة النهائية، بينما تظل الأحجام والتكاليف الحقيقية خارج السيطرة الفعلية للعميل (الشكل3-2.1 مقارنة بين التكاليف المخططة والفعلية لمشاريع البنية التحتية الكبيرة في ألمانيا.

> ووفقًا لتقرير ماكينزي آند كومباني "تخيل المستقبل الرقمي للبناء" (2016)، فإن مشاريع البناء الكبيرة تُنجز في المتوسط متأخرة بنسبة 20% عن المخطط لها وتتجاوز الميزانية بنسبة تصل إلى 80% [107].

أصبحت أقسام التقدير والميزانية هي الحلقة الأكثر حراسة داخل الشركة. فالوصول إليهما محدود للغاية حتى بالنسبة للمتخصصين الداخليين، وبسبب المنطق المغلق وهياكل قواعد البيانات المغلقة، يستحيل إجراء تقييم موضوعي لكفاءة قرارات المشاريع دون تشويهات. ويؤدي الافتقار إلى الشفافية إلى أن الشركات لا تضطر إلى تحسين العمليات، بل إلى الكفاح من أجل البقاء عن طريق الإدارة "الإبداعية" للأرقام والعوامل (الشكل1-5.3 ، الشكل6-5.1 - على سبيل المثال، معيار "عامل العطاء").



الشكل5-5.4 نسب المضاربة على مستوى التسوية هي الربح الرئيسي للشركات وفن التوفيق بين جودة العمل والسمعة.

كل هذا يلقي بظلال من الشك على استمرار استخدام نظم تخطيط موارد المؤسسات/نظام إدارة المعلومات الإدارية المغلقة في مجال الإنشاءات. في سياق التحول الرقمي والطلبات المتزايدة على الشفافية من جانب العملاء (الشكل3-10.2)، من غير المرجح أن يظل تنفيذ المشاريع على المدى الطويل معتمداً على الحلول المسجلة الملكية التي تحد من المرونة وتعيق التكامل وتعرقل تطوير الأعمال.

وبغض النظر عن مدى ملاءمة شركات الإنشاءات للعمل مع صوامع البيانات والبيانات المبهمة في قواعد البيانات المغلقة - فإن مستقبل صناعة الإنشاءات سينطوي حتمًا على الانتقال إلى منصات مفتوحة وهياكل بيانات شفافة وقابلة للقراءة آليًا وأتمتة قائمة على الثقة. سيكون هذا التحول مدفوعًا من الأعلى - تحت ضغط من العملاء والمنظمين والمجتمع، الذين يطالبون بشكل متزايد بالمساءلة والاستدامة والشفافية والجدوى الاقتصادية.

نهاية عصر نظام تخطيط موارد المؤسسات المغلق / PMIS: صناعة الإنشاءات تحتاج إلى أساليب جديدة

إن استخدام النظم المعيارية الضخمة لتخطيط موارد المؤسسات/نظام إدارة المعلومات الإدارية - النظم التي تتكون من عشرات الملايين من أسطر التعليمات البرمجية يجعل أي تغييرات فيها أمراً بالغ الصعوبة. وفي هذه الحالة، يتحول الانتقال إلى منصة جديدة في ظل وجود وحدات معدة مسبقًا للشركة وعشرات الآلاف من المواد في قواعد بيانات الموارد (الشكل3-5.1) وآلاف الحسابات الجاهزة (الشكل6-5.1) إلى عملية مكلفة وطويلة. وكلما زادت الكودات البرمجية والبنية القديمة - كلما ارتفع مستوى عدم الكفاءة الداخلية، وكل مشروع جديد سيزيد الأمور سوءًا. في العديد من الشركات، تصبح عملية ترحيل البيانات ودمج الحلول الجديدة ملاحم متعددة السنوات مصحوبة بإعادة عمل مستمرة وبحث لا نهاية له عن حلول وسط. وغالبًا ما تكون النتيجة العودة إلى المنصات القديمة المألوفة، على الرغم من محدوديتها.

كما تم تسليط الضوء عليه في تقرير الكتاب الأسود الألماني [108] حول الإخفاقات المنهجية في إدارة بيانات البناء، فإن تجزئة المعلومات وعدم وجود نهج مركزي لإدارتها هو سبب رئيسي لعدم الكفاءة. فبدون التوحيد والتكامل، تفقد البيانات قيمتها، وتصبح أرشيفًا وليس أداة إدارية.

> أحد الأسباب الرئيسية لفقدان جودة البيانات هو عدم كفاية التخطيط والرقابة على مشاريع البناء، مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى زيادات كبيرة في التكاليف. يحلل قسم "التركيز: انفجار التكلفة" في الكتاب الأسود العوامل الرئيسية التي تساهم في هذه النتائج غير المرغوب فيها. وتشمل هذه العوامل عدم كفاية تحليلات الاحتياجات، ونقص دراسات الجدوى، والتخطيط غير المنسق الذي يؤدي إلى تكاليف إضافية كان من الممكن تجنبها.

في النظام البيئي الناضج لتكنولوجيا المعلومات في أي شركة، فإن استبدال نظام قديم يمكن مقارنته باستبدال عمود حامل في مبنى مشيد بالفعل. لا يكفي مجرد إزالة العمود القديم وتركيب عمود جديد - من المهم القيام بذلك بطريقة تجعل المبنى مستقرًا، ولا تنهار الأسقف، وتستمر جميع الاتصالات في العمل. وهنا تكمن الصعوبة: فأي خطأ يمكن أن يكون له عواقب وخيمة على نظام الشركة بأكمله.

ومع ذلك، لا يزال مطورو المنتجات الكبيرة لتخطيط موارد المؤسسات لصناعة البناء والتشييد يستخدمون كمية التعليمات البرمجية المكتوبة كحجة لصالح منصتهم. في المؤتمرات المتخصصة، لا يزال بإمكان المرء أن يسمع عبارات مثل: "سيستغرق الأمر 150 سنة عمل لإعادة إنشاء مثل هذا النظام"، على الرغم من أن معظم وظائف هذه الأنظمة تخفي قواعد بيانات ووظائف بسيطة إلى حد ما للعمل مع الجداول، مجمعة في واجهة مستخدم ثابتة خاصة. من الناحية العملية، يتحول حجم الكود "150 سنة عمل" إلى عبء وليس ميزة تنافسية. وكلما زاد حجم التعليمات البرمجية - كلما ارتفعت تكلفة الدعم، وكلما زادت صعوبة التكيف مع الظروف الجديدة وارتفعت عتبة الدخول للمطورين والعملاء الجدد.

تشبه العديد من أنظمة البناء المعيارية اليوم "هياكل فرانكشتاين" المرهقة والقديمة حيث يمكن أن يؤدي أي تغيير مهمل إلى الفشل. وتضيف كل وحدة جديدة إلى تعقيد نظام مثقل بالفعل، مما يحوله إلى متاهة لا يفهمها سوى عدد قليل من المتخصصين، مما يزيد من صعوبة صيانته وتحديثه.

يتم إدراك التعقيد أيضًا من قبل المطورين أنفسهم، الذين يتوقفون بشكل دوري لإعادة الهيكلة - مراجعة البنية لمراعاة ظهور تقنيات جديدة. ومع ذلك، حتى لو تمت إعادة الهيكلة بانتظام، فإن التعقيد ينمو حتماً. يعتاد مهندسو مثل هذه الأنظمة على التعقيد المتزايد، ولكن بالنسبة للمستخدمين الجدد والمتخصصين يصبح ذلك عائقاً لا يمكن التغلب عليه. ونتيجة لذلك، تتركز جميع الخبرات في أيدي عدد قليل من المطورين، ويتوقف النظام عن أن يكون قابلاً للتطوير. وعلى المدى القصير، يكون هؤلاء الخبراء مفيدين، ولكن على المدى الطويل، يصبحون جزءاً من المشكلة.

> **ستستمر المؤسسات في دمج البيانات "الصغيرة" مع نظيراتها من البيانات الكبيرة، ومن الحماقة أن يعتقد أي شخص أن تطبيقًا واحدًا - مهما كان مكلفًا أو قويًا - يمكنه التعامل مع كل شيء [109].**
>
> **- فيل سايمون، مقدم بودكاست المحادثات حول التعاون**

يبرز سؤال مشروع: هل نحتاج حقًا إلى مثل هذه الأنظمة المرهقة والمغلقة لحساب تكلفة وتوقيت العمل في شكل جداول، إذا كانت الصناعات الأخرى قادرة منذ فترة طويلة على التعامل مع مهام مماثلة باستخدام أدوات تحليلية ذات بيانات مفتوحة ومنطق شفاف؟

في الوقت الحالي، لا تزال المنصات المعيارية المغلقة مطلوبة في صناعة البناء، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى تفاصيل محاسبة التكاليف (الشكل7-5.1). وغالبًا ما تُستخدم هذه الأنظمة لتشغيل مخططات رمادية أو مبهمة، مما يسمح بإخفاء التكاليف الحقيقية عن العميل. ومع ذلك، مع نضوج الصناعة رقميًا، وفي المقام الأول العملاء، وانتقالها إلى ما يسمى بـ "عصر أوبر"، سيفقد الوسطاء، أي شركات الإنشاءات مع أنظمة تخطيط موارد المؤسسات الخاصة بهم، أهميتهم في الوقت وحسابات التكاليف. وهذا سيغير وجه صناعة الإنشاءات إلى الأبد. اقرأ المزيد في الجزء الأخير من الكتاب وفي فصل "الإنشاءات 5.0: كيف تكسب المال عندما لا يمكنك الاختباء بعد الآن".

> ستبدأ آلاف الحلول القديمة القديمة التي تراكمت على مدى السنوات الثلاثين الماضية مع استثمار آلاف السنوات البشرية في التطوير في الاختفاء بسرعة. إن الانتقال إلى إدارة البيانات المفتوحة والشفافة والمرنة أمر لا مفر منه. والسؤال الوحيد هو أي الشركات ستكون قادرة على التكيف مع هذه التغييرات وأيها ستبقى رهينة النموذج القديم.

ويلاحظ وضع مماثل في مجال أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM -)، التي تملأ بياناتها اليوم المعلمات

الحجمية لكيانات التصميم في نظم تخطيط موارد المؤسسات/نظام إدارة معلومات إدارة المشاريع. في البداية استندت فكرة نمذجة معلومات البناء (BIM) التي تم تطويرها في عام 2002 [110] على مفهوم قاعدة بيانات واحدة متكاملة، ولكن في الممارسة العملية اليوم يتطلب العمل مع نمذجة معلومات البناء مجموعة كاملة من البرامج المتخصصة وتنسيقات. ما كان من المفترض أن يبسط إدارة التصميم والبناء تحول إلى طبقة أخرى من الحلول المسجلة الملكية التي تعقد التكامل وتقلل من مرونة الأعمال.

الخطوات التالية: الاستخدام الفعال لبيانات المشروع

لقد أوضحنا في هذا الجزء كيف تصبح البيانات المنظمة أساسًا لحسابات دقيقة للتكاليف والجدول الزمني لمشاريع البناء. وتؤدي أتمتة عمليات مراقبة الجودة والجدولة والتقدير إلى تقليل تكاليف العمالة وتحسين دقة النتائج بشكل كبير.

لتلخيص هذا الجزء، يجدر بنا أن نسلط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق المناهج التي تمت مناقشتها على مهامك اليومية. هذه الأساليب عالمية - فهي مفيدة لكل من التحول الرقمي للشركة وللعمل اليومي للمهنيين المشاركين في الحسابات:

- أتمتة العمليات الحسابية الروتينية
  - حاول العثور على التكاليف القياسية للوظيفة التي يمكنك الارتباط بها في عملك
  - حلل الطرق المستخدمة في حساب تكلفة أو حساب الأعمال أو العمليات في موقع البناء في بلدك (الشكل7-5.1).
  - إذا كنت تعمل مع نظام التصميم بمساعدة الحاسوب - تعرف على وظائف الاستخراج التلقائي للمواصفات وبيانات QTO في برنامج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM-).

- ☐ استخدام LLM لكتابة مسودة كود لأتمتة العمليات الحسابية
- طوّر أدواتك الخاصة بك لـ QTO
  - ☐ إنشاء برامج نصية أو جداول برمجية لأتمتة حساب الحجم
  - ☐ توحيد فئات ومجموعات العناصر من أجل نهج متسق للتقييم
  - ☐ توثيق منهجية الحساب لضمان إمكانية تكرار النتائج في المشاريع الجديدة
- ادمج جوانب مختلفة من المشروع في عملك
  - ☐ إذا كنت تعمل مع أنظمة معيارية، فحاول أن تصور عملياتك ليس فقط على شكل رسوم بيانية أو مخططات بيانية بل أيضًا على مستوى البيانات - خاصة في شكل جداول
  - ☐ إتقان الدمج التلقائي للبيانات المستخرجة من قواعد بيانات CAD مع العمليات الحسابية - باستخدام كود Python باستخدام التجميع والتصفية والتجميع
  - ☐ إنشاء عروض مرئية واضحة لمجموعات QTO لتقديم معلومات معقدة للزملاء والعملاء

ستساعد هذه الخطوات على بناء نظام حساب مستدام قائم على الأتمتة وتوحيد البيانات. ومن شأن هذا النهج أن يحسن الدقة ويقلل من روتين المسائل الحسابية اليومية.

وتركز الفصول التالية على الجوانب التقنية لمنتجات (-BIM) CAD - وأسباب استمرار صعوبة دمج قواعد بيانات CAD في العمليات التجارية للشركات. إذا لم تكن مهتمًا الآن بتاريخ تطبيق نمذجة معلومات البناء في مجال الإنشاءات وتطور أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب والجوانب التقنية للعمل بهذه التقنيات، يمكنك الانتقال مباشرةً إلى الجزء السابع من الكتاب "اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات".

أقصى قدر من الراحة مع النسخة المطبوعة

أنت تحتفظ بنسخة رقمية مجانية من كتاب **البناء القائم على البيانات**. لمزيد من الراحة في العمل والوصول السريع إلى المواد نوصيك بالاهتمام بالنسخة **المطبوعة**:

- **دائمًا في متناول اليد:** سيصبح الكتاب في شكله المطبوع أداة عمل موثوق بها، مما يتيح لك العثور على التصورات والرسوم البيانية المناسبة واستخدامها بسرعة في أي موقف عمل

- **رسومات توضيحية عالية الجودة:** جميع الصور والرسومات في النسخة المطبوعة مقدمة بأعلى جودة

- **الوصول السريع إلى المعلومات:** سهولة التصفح والقدرة على تدوين الملاحظات والإشارات المرجعية والعمل مع الكتاب في أي مكان.

من خلال شراء النسخة المطبوعة الكاملة من الكتاب، تحصل على أداة ملائمة للعمل المريح والفعال مع المعلومات: القدرة على استخدام المواد المرئية بسرعة في المهام اليومية، والعثور بسرعة على المخططات اللازمة وتدوين الملاحظات. بالإضافة إلى ذلك، فإن شرائك للكتاب يدعم نشر المعرفة المفتوحة.

اطلب نسخة مطبوعة من الكتاب على: datadrivenconstruction.io/books

الجزء VI

CAD و BIM: التسويق والواقع ومستقبل بيانات التصميم في البناء

يقدم الجزء السادس من الكتاب تحليلاً نقديًا لتطور تقنيات التصميم بمساعدة الحاسوب ونمذجة معلومات المباني وأثرها على عمليات إدارة البيانات في مجال البناء. وهو يتتبع التحول التاريخي لمفهوم نمذجة معلومات البناء من الفكرة الأصلية لقاعدة البيانات المتكاملة إلى البنى التسويقية الحالية التي يروج لها بائعو البرمجيات. يتم تقييم تأثير التنسيقات المسجلة الملكية والأنظمة المغلقة على كفاءة التعامل مع بيانات المشروع والأداء العام لصناعة البناء والتشييد. يتم تحليل مشاكل التوافق بين أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب المختلفة وصعوبات تكاملها مع العمليات التجارية لشركات الإنشاءات بالتفصيل. وتناقش الاتجاهات الحالية نحو صيغ البيانات المفتوحة المبسطة، مثل دولار أمريكي، وتأثيرها المحتمل على الصناعة. يتم عرض مناهج بديلة لاستخراج المعلومات من الأنظمة المغلقة، بما في ذلك تقنيات الهندسة العكسية. كما يتم تحليل آفاق تطبيق الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لأتمتة عمليات التصميم وتحليل البيانات في مجال البناء. تتم صياغة توقعات لتطوير تقنيات التصميم الموجهة للاحتياجات الحقيقية للمستخدمين بدلاً من مصالح بائعي البرمجيات.

الفصل 6.1.

ظهور مفاهيم بيم- في صناعة البناء

في الأصل، لم يتم تضمين هذا الجزء السادس، المخصص لـ (BIM) CAD، في النسخة الأولى من الكتاب. فموضوعات التنسيقات المملوكة والنواة الهندسية والأنظمة المغلقة تقنية بشكل مفرط ومثقلة بالتفاصيل وتبدو غير مجدية لمن يريد فقط فهم كيفية التعامل مع البيانات. ومع ذلك، أظهرت التعليقات وطلبات إضافة التوضيح إلى الإصدار الأول من الكتاب أنه بدون فهم تعقيدات العمل الداخلي لأنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب والنواة الهندسية ، وتنوع التنسيقات وأنظمة التخزين غير المتوافقة لنفس البيانات، من المستحيل أن نفهم حقًا لماذا تجعل المفاهيم التي يروج لها البائعون في كثير من الأحيان من الصعب العمل مع المعلومات وتعيق الانتقال إلى التصميم البارامترى المفتوح. لهذا السبب اتخذ هذا الجزء مكانه الخاص في هيكل الكتاب. إذا لم تكن التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) أولوية بالنسبة لك، يمكنك التخطي مباشرةً إلى الجزء التالي - "الجزء السابع: اتخاذ القرارات القائمة على البيانات، والتحليلات ، والأتمتة والتعلم الآلي".

تاريخ ظهور BIM و BIM المفتوح كمفاهيم تسويقية لبائعي CAD-

مع ظهور البيانات الرقمية في التسعينيات، تم إدخال تكنولوجيا الحاسوب ليس فقط في العمليات التجارية ولكن أيضًا في عمليات التصميم، مما أدى إلى مفاهيم مثل CAD (أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب) ولاحقًا، BIM (نمذجة معلومات البناء)

ومع ذلك، مثل أي ابتكار، فهي ليست نقطة النهاية للتطوير. أصبحت مفاهيم مثل BIM علامة فارقة مهمة في تاريخ صناعة البناء والتشييد، ولكنها قد تفسح المجال عاجلاً أم آجلاً لأدوات ومناهج أفضل من شأنها أن تواجه تحديات المستقبل بشكل أفضل.

بسبب تأثير بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب والارتباك بسبب تعقيدات تنفيذه، فإن مفهوم BIM ، الذي ظهر في عام 2002، قد لا يعيش ليرى الذكرى الثلاثين لتأسيسه، مثل نجم الروك الذي يلمع بشكل ساطع ولكنه سرعان ما يخبو. والسبب بسيط: تتغير متطلبات علماء البيانات بشكل أسرع من قدرة بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب على التكيف معها.

في مواجهة نقص البيانات عالية الجودة، يطالب المتخصصون في صناعة الإنشاءات اليوم بإمكانية التشغيل البيني عبر المنصات والوصول إلى البيانات المفتوحة من مشاريع التصميم بمساعدة الحاسوب لتبسيط تحليلها ومعالجتها. يؤثر تعقيد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب والمعالجة المربكة لبيانات التصميم بمساعدة الحاسوب تأثيرًا سلبيًا على جميع المشاركين في عملية البناء: المصممين ومديري المشاريع وعمال البناء في الموقع، وفي النهاية العميل.

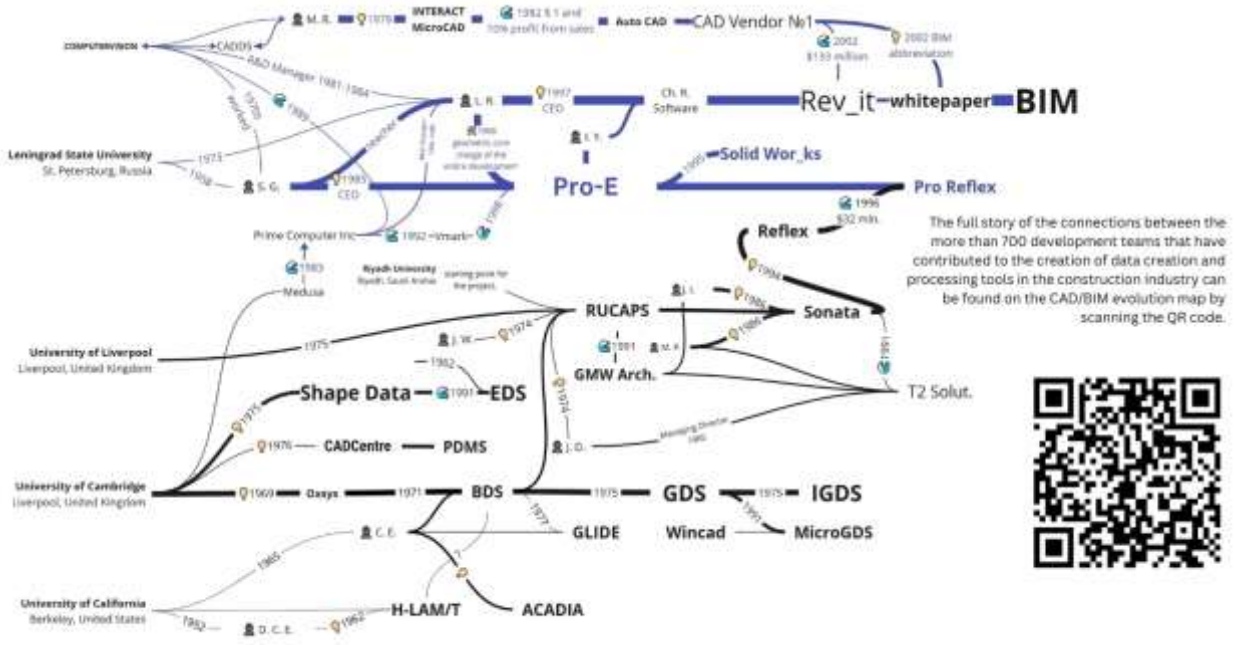
وبدلاً من مجموعة بيانات كاملة للتشغيل اليوم، يتلقى العميل والمستثمر حاويات بتنسيقات CAD- التي تتطلب نواة هندسية معقدة ، وفهم مخططات البيانات، وتحديث واجهة برمجة التطبيقات - التوثيق سنوياً وبرنامج CAD المتخصص (BIM) للعمل مع البيانات. وفي الوقت نفسه، تظل الكثير من بيانات التصميم غير مستخدمة.

في عالم التصميم والبناء اليوم، يؤدي تعقيد الوصول إلى بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب إلى الإفراط في هندسة إدارة المشاريع. وتضطر الشركات المتوسطة والكبيرة التي تعمل ببيانات التصميم بمساعدة الحاسوب أو تطوير حلول نمذجة معلومات البناء إما إلى الحفاظ على علاقات وثيقة مع بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب حلول للوصول إلى البيانات عبر واجهات برمجة التطبيقات ، أو تجاوز قيود بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب باستخدام

محولات SDK باهظة الثمن لعكس الهندسة ، من أجل الحصول على بيانات مفتوحة [75].

> إن نهج البيانات المسجلة الملكية قد عفا عليه الزمن ولم يعد يفي بمتطلبات البيئة الرقمية الحالية. سيقسم المستقبل الشركات إلى نوعين: تلك التي تستخدم البيانات المفتوحة بفعالية ، وتلك التي تترك السوق.

ظهر مفهوم نمذجة معلومات البناء (نمذجة معلومات البناء)، في صناعة البناء والتشييد مع نشر أحد بائعي CAD الرئيسيين - الورقة البيضاء [54] BIM في عام 2002، واستكمل بمفهوم الهندسة الميكانيكية BOM (فواتير المواد)، نشأ من النهج البارامترى لإنشاء ومعالجة بيانات المشروع (الشكل1-1-6.1). كان النهج البارامترى لإنشاء بيانات التصميم ومعالجتها من أوائل النُهج التي تم تنفيذها في نظام Pro-E للتصميم الهندسي الميكانيكي (MCAD). أصبح هذا النظام نموذجًا أوليًا [111] للعديد من حلول CAD الحديثة، بما في ذلك تلك المستخدمة في صناعة البناء اليوم.



الشكل6.1-6.1 خريطة لتاريخ مفهوم نمذجة معلومات المباني والمفاهيم المماثلة.

وقد حوّل الصحفيون ومستشارو الهندسة الكهربائية والميكانيكية الذين روّجوا لأدوات التصميم بمساعدة الحاسوب - البائعين حتى أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، اهتمامهم إلى الورقة البيضاء لنمذجة معلومات البناء من عام 2002. وقد لعبت الورقة البيضاء لنمذجة معلومات البناء 2002-2004 والمقالات التي نُشرت في الأعوام 2002 و2003 و2005 و2007 دورًا رئيسيًا في الترويج لمفهوم نمذجة معلومات البناء في صناعة البناء والتشييد [112].

> **نمذجة معلومات البناء هي استراتيجية..... [اسم شركة بائع التصميم بمساعدة الحاسوب] لتطبيق تكنولوجيا المعلومات في صناعة الإنشاءات.**
>
> **- [60] 2002 ، BIM Whitepaper.**

وبحلول منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، بدأ "الباحثون" في الربط بين مفهوم نمذجة معلومات المباني الذي نشره بائع CAD- في عام 2002، وبين الأعمال العلمية السابقة، مثل نظام وصف المباني لتشارلز إيستمان، الذي أصبح أساساً لأنظمة مثل GLIDE و GBM و BPM و RUCAPS. أرسى تشارلز إيستمان في عمله الرائد "نظام وصف المباني" (1974) الأسس النظرية لنمذجة المعلومات الحديثة. وقد ورد مصطلح "قاعدة البيانات " 43 مرة في عمله (الشكل2-6.1) - أكثر من أي مصطلح آخر، باستثناء كلمة "بناء".

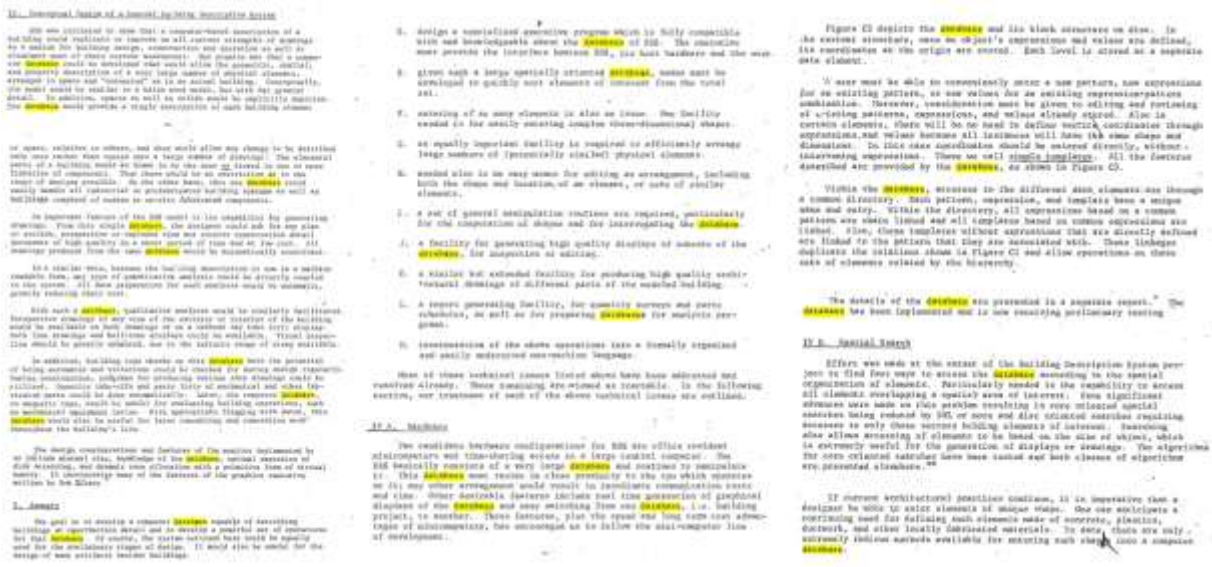
كانت فكرة إيستمان الرئيسية هي أن جميع المعلومات المتعلقة بالمبنى - من الهندسة إلى خصائص العناصر وعلاقاتها المتبادلة - يجب أن يتم تخزينها في قاعدة بيانات واحدة منظمة. ومن قاعدة البيانات هذه يمكن توليد وتحليل الرسومات والمواصفات والحسابات والامتثال للكود تلقائيًا. وانتقد إيستمان صراحةً الرسومات كطريقة قديمة وزائدة عن الحاجة في التواصل، مشيراً إلى ازدواجية المعلومات ومشاكل التحديث والحاجة إلى تحديثات يدوية عند إجراء تغييرات. وبدلاً من ذلك، اقترح نموذجًا رقميًا واحدًا في قاعدة بيانات حيث يتم إجراء أي تغيير مرة واحدة وينعكس تلقائيًا في جميع طرق العرض.

من الجدير بالذكر أن إيستمان لم يضع التصور في مركز مفهومه. كانت المعلومات مركزية في نظامه: المعلمات والعلاقات والسمات والتحليل وقدرات الأتمتة. ولم تكن الرسومات في مفهومه سوى أحد أشكال عرض البيانات من قاعدة البيانات، وليس المصدر الأساسي لمعلومات التصميم.

في أول ورقة بيضاء عن BIM من بائع CAD الرائد، استُخدمت عبارة "قاعدة البيانات " في أول وثيقة بيضاء عن BIM من بائع CAD الرائد، استُخدمت عبارة "قاعدة البيانات " في وثيقة تشارلز إيستمان BDS - 23 مرة [60] على مدى سبع صفحات وكانت من أكثر الكلمات شيوعًا في الوثيقة بعد "بناء" و "معلومات" و "نمذجة" و "تصميم". ومع ذلك، وبحلول عام 2003، ظهر مصطلح "قاعدة البيانات" مرتين فقط في وثائق مماثلة [61]، وبحلول أواخر العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، اختفى موضوع قواعد البيانات تقريبًا من مناقشة بيانات التصميم. ونتيجة لذلك، لم يتحقق مفهوم "قاعدة بيانات واحدة متكاملة للتحليل البصري والكمي" بشكل كامل.

وهكذا، فقد انتقلت صناعة البناء والتشييد من مفهوم BDS التقدمي لتشارلز إيستمان بتركيزه على قواعد البيانات وأفكار صموئيل جيسبرج حول تحديث بيانات التصميم تلقائيًا من قواعد البيانات في منتج الهندسة الميكانيكية Pro-E (سلف حلول CAD الشائعة المستخدمة في البناء اليوم) إلى BIM الذي يتم تسويقه حاليًا حيث لا يكاد يُذكر

إدارة البيانات من خلال قواعد البيانات، على الرغم من أن هذا كان المفهوم وراء المفهوم النظري الأصلي



الشكل2-1 6.6 في مفهوم BDS ، الذي وصفه تشارلز إيستمان في عام 1974، استُخدمت عبارة "قاعدة البيانات" (مظللة باللون الأصفر) 43 مرة.

تم تطوير BDS والمفاهيم المماثلة حتى العقد الأول من القرن الحادي والعشرين كقاعدة بيانات رقمية للمباني بدلاً من كونها أداة تصورية. أصبحت BIM في عام 2002 أداة تصميم حيث احتلت قاعدة البيانات مقعدًا خلفيًا. ما الذي فقدناه في الانتقال من BDS والمفاهيم المماثلة في التسعينيات إلى BIM بحلول منتصف عام 2010:

- قواعد البيانات المفتوحة: ركزت قواعد البيانات المفتوحة: BDS وغيرها من المفاهيم المماثلة على التحليلات، بينما ركزت BIM على التصميم.
- المرونة في العمل مع البيانات: ركزت BDS على تحليلات البيانات، وأكدت BIM على العمليات التي يجب أن تستند إلى بيانات غامضة.
- الشفافية: كان من المفترض أن تكون قاعدة بيانات BDS قاعدة بيانات متكاملة مفتوحة ، في حين أن بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب في BIM جعلوا قواعد بياناتهم مغلقة تمامًا وحاربوا دون جدوى لمدة 20 عامًا ضد أدوات الهندسة العكسية التي تفتح صيغ الملكية.

على مدار الثلاثين عامًا الماضية، لم يكن لدى المصممين على الإطلاق إمكانية الوصول إلى "قاعدة بيانات متكاملة"، وبعد عشرين عامًا من النشوة التسويقية حول أدوات نمذجة معلومات البناء ، بدأت صناعة البناء والتشييد تدرك عواقب هذه البدعة.

واقع BIM: بدلاً من قواعد البيانات المتكاملة - الأنظمة المعيارية المغلقة

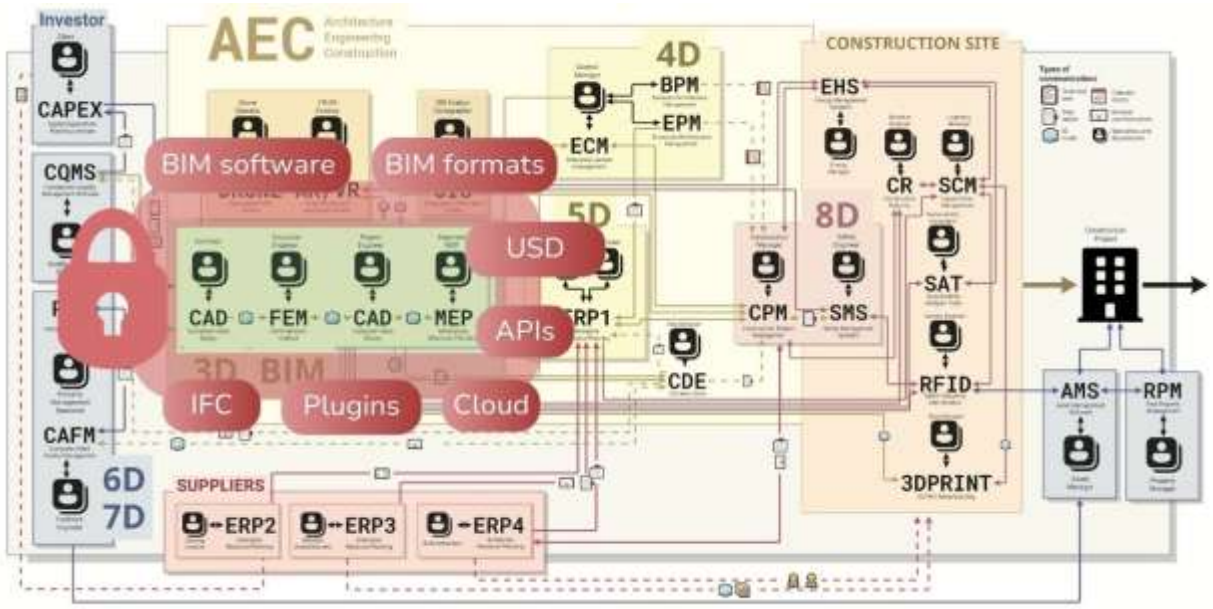
وبدلاً من التركيز على البيانات وهيكلتها ودمجها في عمليات موحدة، يضطر مستخدمو أنظمة (-BIM) - CAD إلى العمل مع مجموعة مجزأة من الحلول المملوكة لها، كل منها يفرض قواعد اللعبة الخاصة به:

- **ظلت قاعدة البيانات الوحيدة ، التي** كانت موضوع أول ورقة بيضاء لنمذجة معلومات الأعمال **، مجرد خرافة.** على الرغم من الادعاءات الصاخبة، لا يزال الوصول إلى البيانات محدودًا وموزعًا بين الأنظمة المغلقة.
- **BIM - أصبحت النماذج نظامًا بيئيًا مغلقًا** بدلاً من أن تكون أداة. وبدلاً من التبادل الشفاف للمعلومات، يضطر المستخدمون إلى دفع اشتراكات واستخدام واجهات برمجة التطبيقات الخاصة.
- **البيانات ملك للبائعين وليس للمستخدمين.** معلومات المشروع مقفلة في تنسيقات مملوكة أو خدمات سحابية بدلاً من إتاحتها في تنسيقات مفتوحة ومستقلة.

لا يتاح لمهندسي التصميم ومديري المشاريع في كثير من الأحيان إمكانية الوصول إلى قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب - النظم أو إلى الشكل الذي تخزن فيه بيانات المشروع الخاصة بهم. وهذا يجعل من المستحيل التحقق بسرعة من المعلومات أو صياغة متطلبات هيكل البيانات وجودتها (الشكل3-6.1). ويتطلب الوصول إلى مثل هذه البيانات مجموعة كاملة من البرامج المتخصصة المرتبطة عبر واجهات برمجة

التطبيقات والمكونات الإضافية، مما يؤدي إلى بيروقراطية مفرطة في العمليات في صناعة البناء والتشييد. وفي الوقت نفسه، يتم استخدام هذه البيانات في وقت واحد من قبل عشرات أنظمة المعلومات ومئات المتخصصين.

> **نحن بحاجة إلى أن نكون قادرين على إدارة جميع هذه البيانات [(BIM) CAD] وتخزينها رقميًا وبيع برامج دورة الحياة وإدارة العمليات، لأن** مقابل كل مهندس **[مصمم] ينشئ شيئًا ما [في برامج CAD]**، هناك عشرة أشخاص **يعملون مع تلك البيانات" [41].**
>
> **- الرئيس التنفيذي لشركة CAD - الشركة التي ابتكرت مفهوم نمذجة معلومات المباني ، 2005.**



الشكل(-BIM) -CAD 6.1-1-3 تظل قواعد البيانات أحد آخر الأنظمة المغلقة بالنسبة لأقسام تكنولوجيا المعلومات ومديري البيانات في منظومة أعمال البناء.

عندما يصبح من الواضح أن BIM هو وسيلة لتسويق قواعد البيانات أكثر من كونه أداة كاملة لإدارة قواعد البيانات، يبرز سؤال منطقي: كيف يمكن استعادة السيطرة على البيانات؟ الجواب هو استخدام هياكل البيانات المفتوحة حيث يصبح المستخدم، وليس بائع البرمجيات، هو مالك المعلومات.

سيبتعد المستخدمون ومطورو الحلول في قطاع الإنشاءات، مثل نظرائهم في الصناعات الأخرى، حتماً عن المصطلحات الغامضة التي يستخدمها بائعو البرمجيات والتي هيمنت على الثلاثين عاماً الماضية، مع التركيز على الجوانب الرئيسية للرقمنة - "البيانات" و"العمليات".

في أواخر الثمانينيات، كان المجال الرئيسي للتطوير الرقمي في مجال الإنشاءات يُعرض على أنه مسألة الوصول إلى البيانات وإدارة معلومات المشروع. ولكن بمرور الوقت، تحول التركيز مع مرور الوقت. فبدلاً من تطوير مناهج شفافة وسهلة المنال للعمل مع البيانات، تم الترويج بنشاط لتنسيق IFC ومفهوم نمذجة معلومات البناء المفتوحة كمحاولات لتحويل انتباه المتخصصين عن موضوعات إدارة قواعد بيانات المشروع.

ظهور التنسيق المفتوح IFC في صناعة البناء والتشييد

تم وضع ما يسمى بالنسق المفتوح IFC (فئات أساس الصناعة) كمعيار لضمان قابلية التشغيل البيني بين أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM -) المختلفة. وقد تم تطويره في إطار المنظمات التي تم إنشاؤها والتحكم فيها من قبل بائعي CAD الرئيسيين. واستنادًا إلى تنسيق IFC، طورت شركتان CAD- في عام 2012 مفهوم التسويق OPEN BIM[63].

IFC (فئات أساس الصناعة) هو معيار مفتوح لتبادل البيانات في صناعة البناء والتشييد، وهو مصمم لضمان قابلية التشغيل البيني بين أنظمة CAD المختلفة - (BIM-).

فتح BIM - يتضمن مفهوم العمل مع المعلومات من قواعد بيانات CAD وتبادل المعلومات بين الأنظمة عبر تنسيق مفتوح لتبادل بيانات IFC - CAD.

> **برنامج Open BIM هو حملة تسويقية بدأها... [1 بائع CAD] و... [2 بائع CAD] وشركات أخرى**
>
> لتشجيع وتسهيل الترويج العالمي المنسق لمفهوم OPEN BIM في جميع أنحاء صناعة الهندسة المعمارية والهندسة الكهربائية، مع توفير اتصال متسق وعلامة تجارية مشتركة للمشاركين في البرنامج.
>
> **- من الموقع الإلكتروني لبائعي التصميم بمساعدة الحاسوب، برنامج [113] OPEN BIM، 2012**

تم تكييف IFC من قبل الجامعة التقنية في ميونيخ من تنسيق الهندسة الميكانيكية STEP في أواخر الثمانينيات ، وتم تسجيله لاحقًا من قبل شركة تصميم رئيسية وبائع CAD- رئيسي لتشكيل IAI (تحالف الصناعة من أجل التشغيل البيني) في عام 1994 [114] (الشكل4-6.1). وقد تم تطوير تنسيق IFC لضمان قابلية التشغيل البيني بين أنظمة CAD المختلفة واستند إلى المبادئ الموضوعة في تنسيق الهندسة الميكانيكية STEP ، والذي انبثق بدوره من تنسيق IGES الذي تم إنشاؤه في عام 1979 من قبل مجموعة من مستخدمي وبائعي CAD بدعم من المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا (NIST) ووزارة الدفاع الأمريكية [115].

ومع ذلك، فإن البنية المعقدة لصيغة IFC ، واعتمادها الوثيق على النواة الهندسية ، بالإضافة إلى التناقضات في تنفيذ الصيغة بواسطة حلول برمجية مختلفة أدت إلى العديد من المشاكل في تطبيقها العملي. وقد واجه أخصائيو الهندسة الميكانيكية في السابق صعوبات مماثلة - فقدان التفاصيل ومحدودية الدقة والحاجة إلى استخدام صيغ وسيطة - عند العمل مع صيغ IGES و STEP التي انبثقت عنها صيغة IFC.

الشكل4-6-1.6 خريطة الروابط بين فرق التطوير ومنتجات التصميم بمساعدة الحاسوب [116] (BIM).

وفي عام 2000، قامت نفس شركة CAD التي سجلت تنسيق IFC وأنشأت منظمة IAI (التي أصبحت فيما بعد BS)، بنشر الورقة البيضاء "التصميم والتصنيع المتكامل: الفوائد والأساس المنطقي" [65]. وشددت الورقة على أهمية الحفاظ على التفصيل الكامل للبيانات عند التبادل بين البرامج داخل نفس النظام، دون استخدام تنسيقات محايدة مثل STEP ، IGES [المطابق لـ IFC]. وبدلاً من ذلك، اقتُرح أن يكون للتطبيقات إمكانية الوصول المباشر إلى قاعدة بيانات التصميم الحاسوبي الأساسية لمنع فقدان دقة المعلومات.

في عام 2002، قام بائع CAD نفسه بشراء منتج BOM البارامترية (الشكل3.1-18 ، مزيد من التفاصيل في من الجزء الثالث) وعلى أساسه يشكل مفهوم BIM. ونتيجة لذلك، لا يتم استخدام سوى تنسيقات CAD المغلقة أو

تنسيق IFC (STEP) في تبادل بيانات مشاريع البناء، وقد كتب بائع CAD نفسه عن حدود هذا التنسيق في عام 2000، الذي جلب هذا التنسيق إلى صناعة البناء والتشييد.

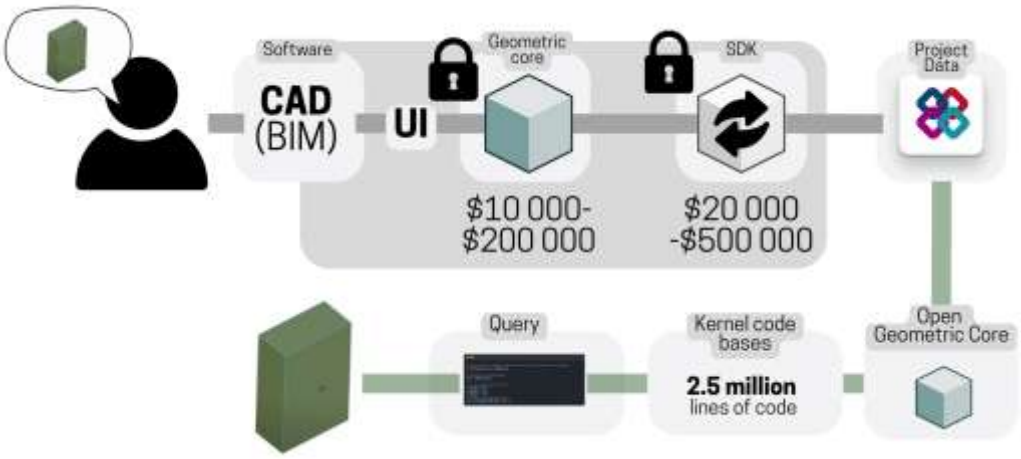
يتم عرض تاريخ مفصل لتفاعل أكثر من 700 فريق تطوير شارك في إنشاء أدوات إنشاء ومعالجة بيانات البناء في خريطة "تطور التصميم بمساعدة الحاسوب [116] [116] "(BIM).

يتكون النموذج المفتوح IFC من وصف هندسي لعناصر التصميم ووصف للمعلومات الوصفية. تُستخدم طرق مختلفة لتمثيل الهندسة في تنسيق IFC، مثل CSG والمواد الصلبة المجتاحة: ومع ذلك، أصبح التمثيل البارامترى BREP المعيار الرائد لنقل هندسة العناصر في تنسيق IFC، حيث إن هذا التنسيق مدعوم عند التصدير من برامج (BIM-) -CAD ويسمح بإمكانية تحرير العناصر عند استيراد IFC مرة أخرى إلى برامج CAD.

مشكلة تنسيق IFC اعتماداً على النواة الهندسية

في معظم الحالات، عندما يتم تعريف الهندسة في IFC بشكل بارامترى (BREP)، يصبح من المستحيل تصور أو استرجاع الخصائص الهندسية مثل حجم أو مساحة كيانات المشروع باستخدام ملف IFC فقط، لأنه للعمل مع الهندسة وتصورها في هذه الحالة، يلزم وجود نواة هندسية (الشكل5-6.1)، وهو أمر مفقود في البداية.

> نواة الهندسة هي مكوّن برمجي يوفر خوارزميات أساسية لإنشاء وتحرير وتحليل الكائنات الهندسية في (CAD) CAD و BIM والتطبيقات الهندسية الأخرى. وهي مسؤولة عن إنشاء هندسة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد - الهندسة، وكذلك عن العمليات عليها، مثل: العمليات المنطقية والتنعيم والتقاطعات والتحويلات والتصور.

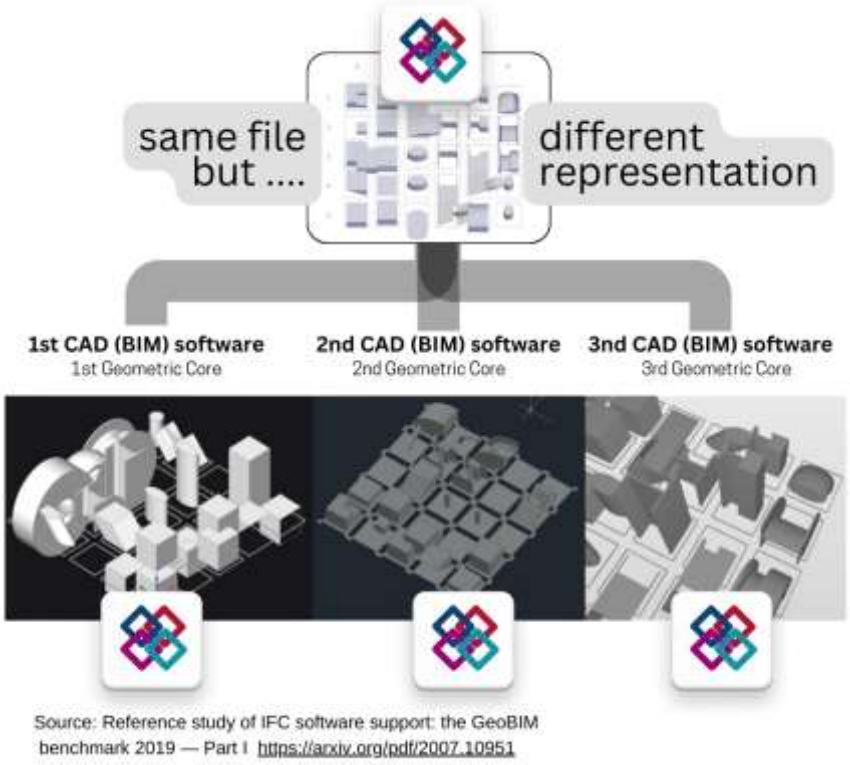


الشكل5-6.6.1 إنشاء هندسة من خلال CAD- البرمجيات اليوم من خلال نواة هندسية خاصة و SDKs ، والتي غالبًا ما لا يملكها بائعو CAD.

كل برنامج CAD وأي برامج تعمل بتنسيقات بارامترية أو IFC لديها نواة هندسية خاصة بها أو مشتراة. وإذا كان مع العناصر البدائية في تنسيق IFC -BREP لا يمكن أن تكون هناك أي مشاكل وفي البرامج ذات النواة الهندسية المختلفة يمكن عرض هذه العناصر بشكل متشابه، ولكن إلى جانب المشاكل مع المحركات المختلفة للنواة الهندسية ، هناك ما يكفي من العناصر التي لها خصائصها الخاصة للعرض الصحيح. وقد نوقشت هذه المشكلة بالتفصيل في الدراسة الدولية "دراسة مرجعية لدعم برامج IFC" المنشورة عام 2019 [117].

وتؤدي نفس مجموعات البيانات الموحدة إلى نتائج متضاربة، مع وجود عدد قليل من الأنماط المشتركة، وقد تم العثور على مشاكل خطيرة في دعم المعيار [IFC]، ربما بسبب التعقيد الكبير جداً لنموذج البيانات القياسي. يقع اللوم جزئيًا على المعايير نفسها هنا، حيث إنها غالبًا ما تترك بعض التفاصيل غير محددة، مع وجود درجات عالية من الحرية وتفسيرات مختلفة ممكنة. فهي تسمح بتعقيدات عالية في تنظيم وتخزين الكائنات، وهو ما لا يفضي إلى فهم عالمي فعال وتطبيقات فريدة ونمذجة بيانات متسقة [117].

- دراسة مرجعية لدعم برمجيات IFC، 2021



الشكل6-6.1 نواة هندسية مختلفة تعطي تمثيلات مختلفة لنفس الشكل الهندسي الموصوف بارامتريًا (استنادًا إلى [117]).

يتوفر الفهم الصحيح لـ "أحكام معينة" للأعضاء الذين يتقاضون أجراً من المنظمات الخاصة التي تطور IFC. ونتيجة لذلك، فإن كل من يريد الوصول إلى معرفة مهمة حول خصائص معينة من IFC سيحاول التعاون مع كبار بائعي CAD- ، أو الوصول إلى دراسة نوعية للخصائص من خلال بحثه الخاص

> **تعثر على سؤال حول استيراد البيانات وتصديرها عبر تنسيق IFC وتسأل الزملاء البائعين: "لماذا توجد في ملف IFC معلومات حول نقل معلمات المباني؟ لا تذكر المواصفات المفتوحة أي شيء عن ذلك". الإجابة من البائعين الأوروبيين "الأكثر دراية": "نعم، لم يُذكر ذلك، ولكنه مسموح به."**
>
> **- من مقابلة مع مطور [118] CAD 2021**

يصف IFC الشكل الهندسي من خلال الأوليات البارامترية، ولكنه لا يحتوي على نواة مدمجة - حيث يقوم برنامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) بدوره، والذي يقوم بتجميع الشكل الهندسي من خلال النواة الهندسية. تقوم النواة الهندسية بإجراء الحسابات الرياضية وتحديد التقاطعات، بينما يوفر IFC البيانات اللازمة لتفسيرها فقط. إذا كانت IFC تحتوي على أوجه غير صحيحة، يمكن للبرامج المختلفة ذات النواة الهندسية المختلفة إما أن تتجاهلها أو تنتج أخطاءً، اعتمادًا على النواة.

> ونتيجة لذلك، من أجل العمل مع تنسيق IFC، من الضروري الإجابة على السؤال الرئيسي، الذي يصعب إيجاد إجابة واضحة عليه - ما هي الأداة، وما هي النواة الهندسية التي يجب استخدامها للحصول على جودة البيانات التي كانت موجودة في الأصل في برنامج CAD الذي تم الحصول على IFC منه؟

لا تسمح مشاكل جودة البيانات وتعقيد تنسيق IFC بالاستخدام المباشر لبيانات التصميم لأتمتة العمليات والتحليل ومعالجة البيانات، مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى حاجة المطورين الحتمية لاستخدام حلول CAD المغلقة مع "جودة" الوصول إلى البيانات[63]، وهو ما كتب عنه البائع نفسه، الذي سجل IFC في عام 1994 [65].

لا يمكن تحقيق جميع خصوصيات تعيين وتوليد معلمات IFC في نواة الهندسة إلا من قبل فرق كبيرة من المطورين الذين لديهم خبرة في العمل مع نواة الهندسة. ولذلك، فإن الممارسة الحالية لخصائص وتعقيدات تنسيق IFC مفيدة في المقام الأول لبائعي CAD- ، وهي تتشابه كثيرًا مع استراتيجية بائعي البرمجيات الكبار "تبنَّ، وسِّع، دمر"، في حين أن التعقيد المتزايد للمعيار يخلق في الواقع عوائق أمام صغار اللاعبين في السوق [94].

قد تتمثل استراتيجية البائعين الكبار في مثل هذه الاستراتيجية تكييف المعايير المفتوحة وإضافة إضافات وميزات خاصة لخلق اعتماد المستخدم على منتجاتهم للضغط على المنافسين بعد ذلك.

> إن تنسيق IFC ، الذي يهدف إلى أن يكون جسراً عالمياً بين أنظمة (BIM-) CAD- المختلفة، يؤدي في الواقع دور مؤشر لمشاكل التوافق بين النوى الهندسية لمنصات CAD المختلفة، على غرار تنسيق STEP الذي انبثق منه في الأصل.

ونتيجة لذلك، يمكن اليوم تنفيذ كامل وعالي الجودة لأنطولوجيا IFC بشكل كامل وعالي الجودة بالنسبة لكبار بائعي CAD ، الذين يمكنهم استثمار موارد كبيرة لدعم جميع الكيانات وتعيينها إلى الخرائط الأساسية الهندسية الداخلية الخاصة بهم ، وهو ما لا يتوفر لـ IFC كمعيار. كما أن البائعين الكبار لديهم القدرة على التنسيق فيما بينهم للتفاصيل التقنية للميزات التي قد لا تكون متاحة حتى لأكثر المشاركين نشاطاً في منظمات تطوير تنسيق IFC.

> بالنسبة للفرق المستقلة الصغيرة والمشاريع المفتوحة المصدر ، التي تسعى جاهدة لدعم تطوير تنسيقات قابلة للتشغيل البيني، يصبح عدم وجود نواة هندسية داخلية مشكلة خطيرة. فبدونها، يكاد يكون من المستحيل تقريبًا مراعاة جميع التفاصيل الدقيقة والفروق الدقيقة المرتبطة بتبادل البيانات عبر المنصات.

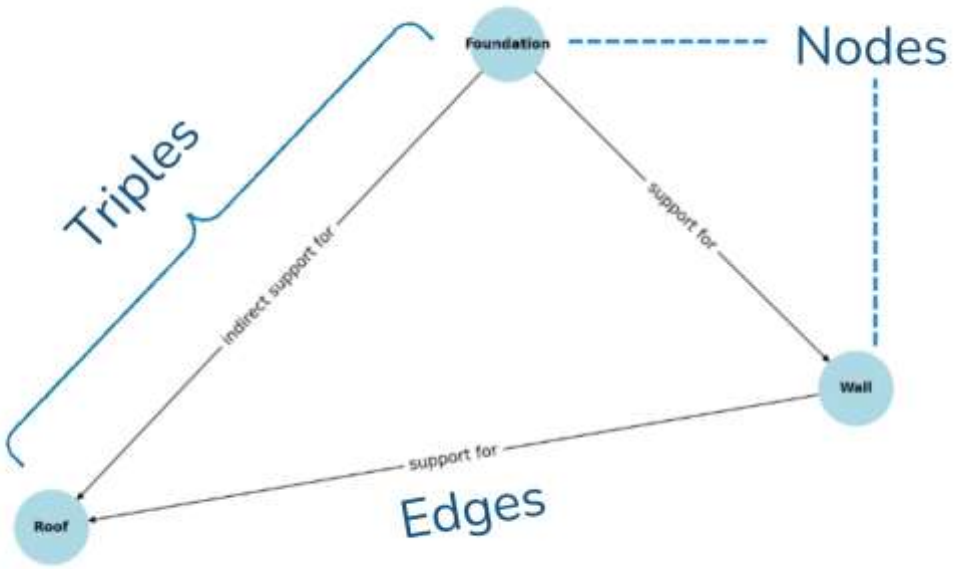
مع تطوير التنسيق البارامتري IFC البارامتري ومفهوم نمذجة معلومات البناء المفتوحة ، تكثفت المناقشات في صناعة البناء حول دور الأنطولوجيا والدلالات في إدارة البيانات والعمليات.

الظهور في بناء موضوع علم الدلالة والأنطولوجيا

وبفضل أفكار الإنترنت الدلالية أواخر التسعينيات وجهود المنظمات المشاركة في تطوير تنسيق IFC ، أصبحت الدلالات والأنطولوجيات أحد العناصر الرئيسية للتوحيد القياسي الذي يجري مناقشته في صناعة البناء بحلول منتصف العقد الثاني من القرن العشرين.

> وتتمثل التقنيات الدلالية في توحيد وتوحيد وتعديل مصفوفات كبيرة من البيانات غير المتجانسة وتنفيذ عمليات البحث المعقدة.

تُستخدم OWL (لغة علم الوجود على الويب)، ممثلة في شكل رسوم بيانية لـ RDF - ثلاثية (إطار وصف الموارد) (الشكل 7-6.1)، لتخزين البيانات الدلالية. تشير OWL إلى نماذج بيانات الرسم البياني، والتي ناقشنا أنواعها بمزيد من التفصيل في فصل "نماذج البيانات: علاقات البيانات والعلاقات بين العناصر".



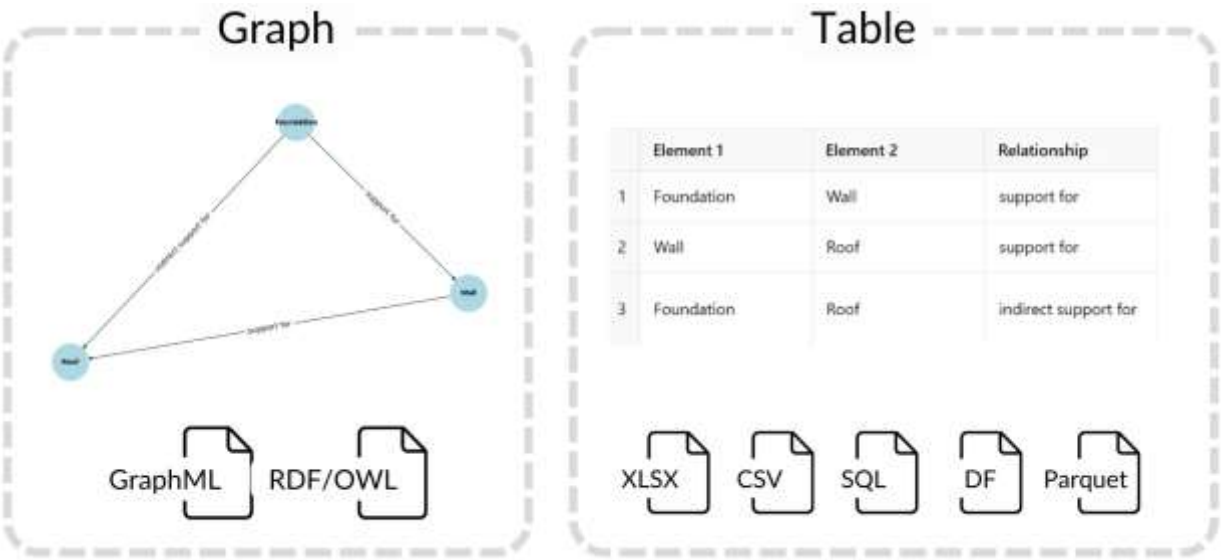
الشكل7-6.1 نموذج بيانات RDF: العقد، والحواف، والثلاثيات التي توضح العلاقات بين الكتل الإنشائية.

من الناحية النظرية، يسمح الاستدلال المنطقي للرايسونر (برنامج الاستدلال المنطقي التلقائي) باشتقاق عبارات جديدة من الأنطولوجيات. على سبيل المثال، إذا سجل أنطولوجيا البناء أن "الأساس هو دعامة للجدار" و "الجدار هو دعامة للسقف" (الشكل7-6.1)، فإن برنامج الاستدلال المنطقي قادر على الاستدلال تلقائيًا على أن "الأساس هو دعامة للسقف".

تُعد هذه الآلية مفيدة لتحسين تحليل البيانات لأنها تتجنب النص صراحةً على جميع التبعيات. ومع ذلك، فهي لا تنشئ معرفة جديدة، بل تحدد فقط الحقائق المعروفة بالفعل وتهيكلها.

لا يخلق علم الدلالة معنى أو معرفة جديدة في حد ذاته ولا يتفوق على تقنيات تخزين ومعالجة البيانات الأخرى في هذا الجانب. فتمثيل البيانات من قواعد البيانات العلائقية على شكل توائم ثلاثية لا يجعلها ذات معنى أكبر. قد يكون استبدال الجداول بهياكل الرسوم البيانية مفيدًا لتوحيد نماذج البيانات وسهولة استرجاعها وتحريرها بشكل آمن، لكنه لا يجعل البيانات "أكثر ذكاءً" - لا يبدأ الكمبيوتر في فهم محتواها بشكل أفضل.

يمكن تنظيم العلاقات المنطقية في البيانات دون تقنيات دلالية معقدة (الشكل8-6.1). تسمح قواعد البيانات العلائقية التقليدية (SQL) وكذلك تنسيقات CSV أو XLSX ببناء علاقات تبعية مماثلة. على سبيل المثال، في قاعدة بيانات عمودية، يمكنك إضافة حقل "دعم السقف" وربط السقف تلقائيًا بالأساس عند إنشاء جدار. يتم تنفيذ هذا النهج دون استخدام RDF أو OWL أو الرسوم البيانية أو الرايسونات، ويبقى حلاً بسيطًا وفعالاً لتخزين البيانات وتحليلها.



الشكل8-6-6.1 مقارنة بين نماذج بيانات الرسم البياني والجدول لتمثيل نفس العلاقات المنطقية.

وقد كان لقرار عدد من شركات الإنشاءات الكبرى ومنظمة تطوير تنسيق IFC [94] باتباع مفهوم الويب الدلالي ،

الذي بدا واعداً في أواخر التسعينيات، تأثير كبير على تطوير المعايير في صناعة الإنشاءات.

ومع ذلك، فإن المفارقة تكمن في أن مفهوم الويب الدلالي ، الذي كان مخصصًا في الأصل للإنترنت، لم يتم اعتماده على نطاق واسع حتى في بيئته الأصلية. وعلى الرغم من تطوير RDF و OWL ، فإن الويب الدلالي الكامل لم يظهر بمفهومه الأصلي، ومن المستبعد بالفعل إنشاؤه.

لماذا تفشل التقنيات الدلالية في الارتقاء إلى مستوى التوقعات في صناعة الإنشاءات

واجهت صناعات أخرى محدودية تقنيات استخدام الدلالات. في صناعة الألعاب، أثبتت محاولات وصف كائنات الألعاب وتفاعلاتها من خلال الأنطولوجيات عدم فعاليتها بسبب ديناميكيات التغيير العالية. ونتيجة لذلك، تم تفضيل تنسيقات بيانات أبسط مثل XML و JSON ، إلى جانب الحلول الخوارزمية. وكان الوضع مشابهًا في قطاع العقارات: نظرًا للاختلافات الإقليمية في المصطلحات والتغيرات المتكررة في السوق، ثبت أن استخدام الأنطولوجيات معقد للغاية، في حين أن قواعد البيانات والمعايير البسيطة مثل RETS [119] كانت أكثر قدرة على التعامل مع تحديات تبادل البيانات.

> وأدت الصعوبات التقنية، مثل تعقيد الترميز، والدعم الكثيف للعمالة الكثيفة، وانخفاض حافز المطورين، إلى إبطاء اعتماد الويب الدلالي وفي قطاعات أخرى من الاقتصاد. لم يصبح RDF (إطار وصف الموارد) معيارًا جماهيريًا، وأثبتت الأنطولوجيات أنها معقدة للغاية وغير مبررة اقتصاديًا.

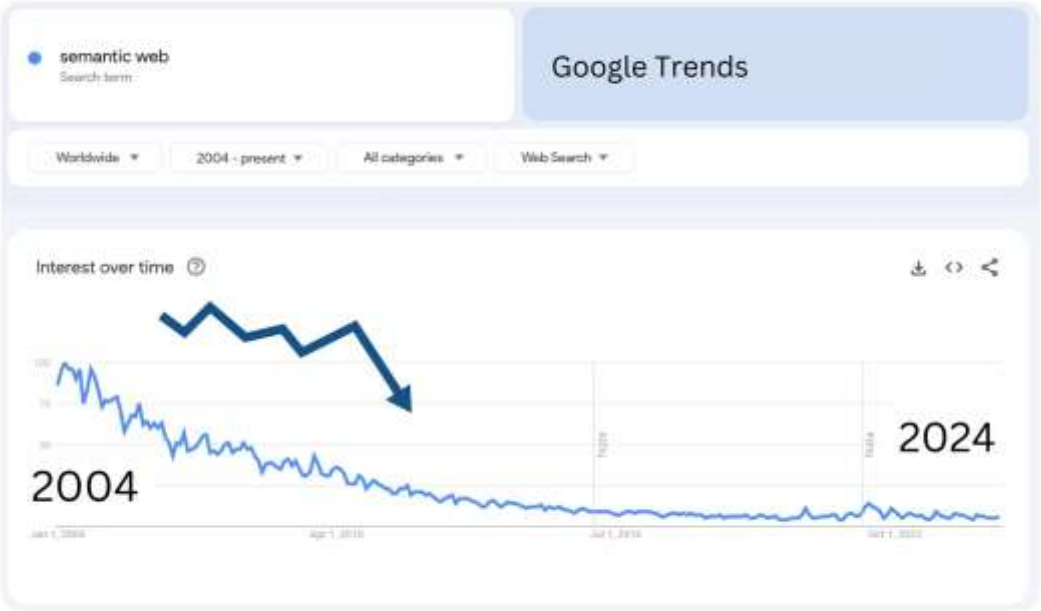
ونتيجة لذلك، لم تتحقق الفكرة الطموحة المتمثلة في إنشاء شبكة عالمية دلالية. وعلى الرغم من أن بعض عناصر التكنولوجيا، مثل الأنطولوجيات و SPARQL ، وجدت طريقها إلى حلول المؤسسات، فإن الهدف الأصلي المتمثل في

إنشاء بنية بيانات شاملة واحدة لم يتحقق.

وقد ثبت أن مفهوم الإنترنت الذي تكون فيه الحواسيب قادرة على فهم المحتوى صعب تقنياً وغير مربح تجارياً. لهذا السبب قامت الشركات التي دعمت الفكرة في نهاية المطاف بتقليص استخدامها إلى أدوات مفيدة فردية، تاركةً RDF و OWL لاحتياجات الشركات المتخصصة للغاية بدلاً من الإنترنت ككل. ويشير تحليل لاتجاهات غوغل (الشكل9-6.1) على مدى السنوات العشرين الماضية إلى أنه ربما لم تعد هناك آفاق أخرى للويب الدلالي.

> ليست هناك حاجة لتعدد الكيانات دون داعٍ. إذا كان **هناك العديد من التفسيرات المتسقة منطقياً لظاهرة ما والتي تفسر الظاهرة بشكل متساوٍ، ينبغي للمرء أن يفضل أبسطها إذا تساوت جميع الأشياء الأخرى.**
>
> **- شفرة**

يبرز هنا سؤال منطقي: لماذا استخدام الثلاثيات والناهضات و SPARQL في البناء على الإطلاق، بينما يمكنك معالجة البيانات باستخدام الاستعلامات المنظمة الشائعة (Apache ، Pandas ، SQL®)؟ في تطبيقات المؤسسات، تعتبر SQL هي المعيار للعمل مع قواعد البيانات. على العكس من ذلك، تتطلب SPARQL هياكل رسوم بيانية معقدة وبرامج متخصصة، ووفقًا للاتجاهات في جوجل، لا تجذب اهتمام المطورين.



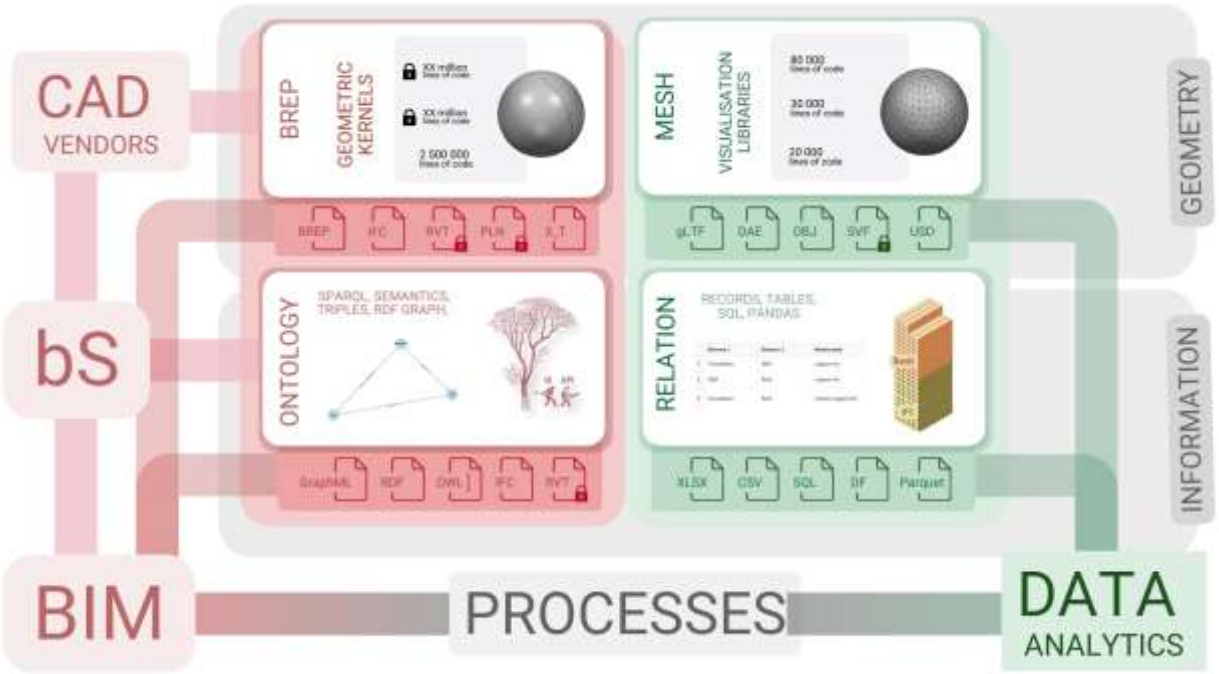
الشكل9-6.1 الاهتمام باستعلامات "الإنترنت الدلالي" وفقًا لإحصائيات جوجل.

يمكن أن تكون قواعد بيانات الرسم البياني وأشجار التصنيف مفيدة في بعض الحالات، لكن تطبيقها ليس مبررًا دائمًا لمعظم المهام اليومية. ونتيجة لذلك، لا يكون إنشاء الرسوم البيانية المعرفية واستخدام تقنيات الويب الدلالية منطقيًا إلا عندما يكون من الضروري توحيد البيانات من مصادر مختلفة أو تحقيق استنتاجات منطقية معقدة.

> إن الانتقال من الجداول إلى نماذج البيانات البيانية يحسن البحث ويوحد تدفق المعلومات، ولكنه لا يجعل البيانات أكثر جدوى للآلات. والسؤال ليس ما إذا كان ينبغي استخدام التقنيات الدلالية أم لا، ولكن السؤال هو ما إذا كان ينبغي استخدام التقنيات الدلالية، ولكن أين تُحدث فرقًا حقيقيًا. قبل تطبيق الأنطولوجيا والدلالات وقواعد البيانات البيانية في شركتك، اكتشف الشركات التي تستخدم هذه التقنيات بنجاح بالفعل وأين فشلت.

على الرغم من التوقعات الطموحة، لم تصبح التقنيات الدلالية حلاً عالمياً لهيكلة البيانات في صناعة البناء والتشييد. وفي الممارسة العملية، لم تؤد هذه التقنيات إلى حل عالمي، بل أضافت تعقيدات جديدة فقط، وتعكس هذه

الجهود الطموحات غير المحققة لمفهوم الإنترنت الدلالي، حيث تجاوزت التوقعات الواقع بكثير.



الشكل10-6.1 الهندسة والمعلومات في عمليات البناء: من أنظمة CAD المعقدة ونظم معلومات البناء إلى البيانات المبسطة للتحليلات.

في حين أنه في مجال تكنولوجيا المعلومات تم تعويض إخفاقات الويب الدلالي بظهور تقنيات جديدة (البيانات الضخمة، وإنترنت الأشياء ، والتعلم الآلي ، والواقع المعزز/الواقع الافتراضي)، فإن صناعة البناء لا تحظى بمثل هذه المناسبات.

وبالإضافة إلى تحديات استخدام المفاهيم لتوصيل علاقات البيانات بين عناصر المشروع، لا تزال هناك مشكلة أساسية تتمثل في توافر تلك البيانات. لا تزال صناعة البناء والتشييد تهيمن عليها أنظمة مغلقة، مما يجعل من الصعب العمل بالبيانات وتبادل المعلومات وتحسين كفاءة العمليات.

إن الطبيعة المغلقة للبيانات هي التي أصبحت أحد العوائق الرئيسية التي تعيق تطوير الحلول الرقمية في مجال البناء. وخلافاً لصناعة تكنولوجيا المعلومات، حيث أصبحت صيغ البيانات المفتوحة والمنسقة هي المعيار، ففي

قطاع التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) يستخدم كل برنامج صيغة خاصة به، مما يخلق أنظمة بيئية مغلقة ويحد من المستخدمين بشكل مصطنع.

الفصل 6.2.

تنسيقات المشاريع المغلقة ومشكلات التشغيل البيني

البيانات المغلقة وانخفاض الإنتاجية: النهاية المسدودة لصناعة التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)

وقد أدت الطبيعة المملوكة لأنظمة CAD إلى حقيقة أن كل برنامج له تنسيق بيانات فريد خاص به، وهو إما مغلق ولا يمكن الوصول إليه من الخارج - RVT, PLN و DWG و NDW و NWD و SKP، أو متاحة في شكل شبه منظم من خلال عملية تحويل معقدة نوعًا ما - JSON و XML (CPIXML) و IFC و STEP و ifcXML و IfcXML و IfcJSON و BIMJSON و IfcSQL و CSV ، إلخ..

لا تختلف تنسيقات البيانات المختلفة التي يمكن تخزين نفس البيانات المتعلقة بنفس المشاريع فيها من حيث البنية فحسب، بل تتضمن أيضًا إصدارات مختلفة من الترميز الداخلي، والتي يجب على المطورين أخذها في الاعتبار لضمان توافق التطبيق. على سبيل المثال، سيتم فتح تنسيق CAD من عام 2025 في برنامج CAD من عام 2026، ولكن لن يتم فتح نفس المشروع في جميع إصدارات برنامج CAD التي قد تكون متاحة قبل عام 2025.

> من خلال عدم توفير إمكانية الوصول المباشر إلى قواعد البيانات ، غالبًا ما ينشئ مزود البرمجيات في صناعة الإنشاءات تنسيقًا فريدًا وأدوات خاصة به يجب على المحترف (مهندس التصميم أو مدير البيانات) استخدامها للوصول إلى البيانات واستيرادها وتصديرها.

ونتيجة لذلك، فإن بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب الأساسي (BIM) والحلول ذات الصلة (مثل تخطيط موارد المؤسسات/نظام إدارة المعلومات)) يرفعون باستمرار أسعار استخدام المنتجات، ويضطر المستخدمون العاديون إلى دفع "عمولة" في كل مرحلة من مراحل نقل البيانات حسب الصيغ [63]: للربط والاستيراد والتصدير والعمل مع البيانات التي أنشأها المستخدمون بأنفسهم.

ستصل تكلفة الوصول إلى البيانات في التخزين السحابي من منتجات (-BIM) - CAD الشائعة إلى دولار واحد لكل معاملة في عام 2025 [120]، وتصل الاشتراكات في منتجات تخطيط موارد المؤسسات الإنشائية للشركات متوسطة الحجم إلى مبالغ من خمسة وستة أرقام سنويًا [121].

> إن جوهر برمجيات البناء الحديثة لا يكمن في الأتمتة أو زيادة الكفاءة، بل في قدرة المهندسين على فهم برمجيات معينة عالية التخصص تؤثر على جودة وتكلفة معالجة بيانات مشاريع البناء، وكذلك على أرباح الشركات التي تتولى تنفيذ مشاريع البناء وبقائها على المدى الطويل.

وقد أدى الافتقار إلى الوصول إلى قواعد البيانات CAD - الأنظمة التي تستخدم في عشرات الأنظمة الأخرى ومئات العمليات [63]، وما يترتب على ذلك من نقص في جودة التواصل بين المتخصصين الأفراد إلى وضع صناعة البناء والتشييد في مصاف أكثر قطاعات الاقتصاد افتقارًا للكفاءة من حيث الإنتاجية [44].

على مدى السنوات العشرين الماضية من تطبيقات التصميم (-BIM) -CAD، وظهور أنظمة جديدة (تخطيط موارد المؤسسات)، وتقنيات ومواد البناء الجديدة، انخفضت إنتاجية صناعة البناء بأكملها بنسبة 20% (الشكل2-1-2)، في حين أن الإنتاجية الإجمالية لجميع قطاعات الاقتصاد التي لا تعاني من مشاكل كبيرة في الوصول إلى قواعد البيانات ومفاهيم نمذجة معلومات البناء الشبيهة بالتسويق قد زادت بنسبة 70% (96% في الصناعة التحويلية) [122].

الشكل1-6.2 نظرًا لعزلة وتعقيد بيانات المشروع التي تعتمد عليها عشرات الأقسام ومئات العمليات في صناعة الإنشاءات، فإن سرعة اتخاذ القرار أبطأ بعدة مرات من الصناعات الأخرى.

ومع ذلك، هناك أيضًا أمثلة معزولة لنهج بديلة لإنشاء قابلية التشغيل البيني بين حلول التصميم بمساعدة الحاسوب. توضح أكبر شركة إنشاءات في أوروبا من خلال مشروع [123] SCOPE، الذي بدأ في عام 2018، كيف يمكن تجاوز المنطق الكلاسيكي لأنظمة (-BIM) -CAD. فبدلاً من محاولة إخضاع IFC أو الاعتماد على نواة هندسية مملوكة من قبل شركة SCOPE، يستخدم مطورو SCOPE واجهات برمجة التطبيقات وحزم تطوير البرمجيات الهندسة العكسية لاستخراج البيانات من برامج CAD المختلفة، وتحويلها إلى تنسيقات محايدة مثل OBJ أو CPIXML استنادًا إلى نواة الهندسة الوحيدة مفتوحة المصدر OCCT ، وتطبيقها كذلك على مئات العمليات التجارية لشركات البناء والتصميم. ومع ذلك، على الرغم من تقدم الفكرة، تواجه مثل هذه المشاريع قيود وتعقيدات النواة الهندسية المجانية ولا جزءًا من أنظمة بيئية مغلقة لشركة واحدة تستنسخ منطق الحلول الأحادية البائع.

نظرًا لمحدودية الأنظمة المغلقة والاختلافات في تنسيقات البيانات، فضلاً عن عدم وجود أدوات فعالة لتوحيدها، تواجه الشركات التي يتعين عليها العمل بتنسيقات التصميم بمساعدة الحاسوب تراكم كميات كبيرة من البيانات

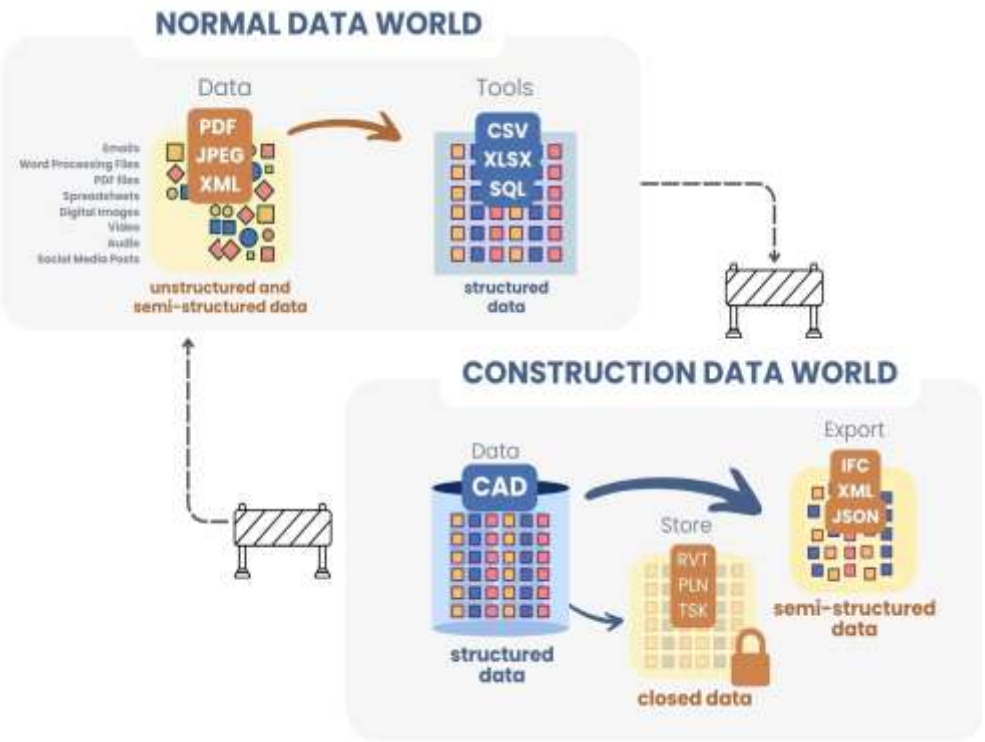
بدرجات متفاوتة من الهيكلية والإغلاق. لا يتم استخدام هذه البيانات بشكل صحيح وتختفي في الأرشيفات، حيث تظل منسية وغير مستخدمة إلى الأبد.

> تصبح البيانات التي تم الحصول عليها من خلال بذل جهد كبير في مرحلة التصميم غير قابلة للاستخدام مرة أخرى بسبب تعقيدها وطبيعتها المغلقة.

ونتيجة لذلك، على مدار الثلاثين عامًا الماضية، اضطر المطورون في صناعة البناء والتشييد إلى مواجهة نفس المشكلة مرارًا وتكرارًا: كل تنسيق مغلق جديد أو حل جديد مسجل الملكية يولد الحاجة إلى التكامل مع أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب المفتوحة والمغلقة الحالية. ولا تؤدي هذه المحاولات المستمرة لضمان قابلية التشغيل البيني بين حلول التصميم بمساعدة الحاسوب ونمذجة معلومات المباني المختلفة إلا إلى تعقيد نظام البيانات، بدلاً من المساهمة في تبسيطه وتوحيده.

أسطورة قابلية التشغيل البيني بين أنظمة CAD

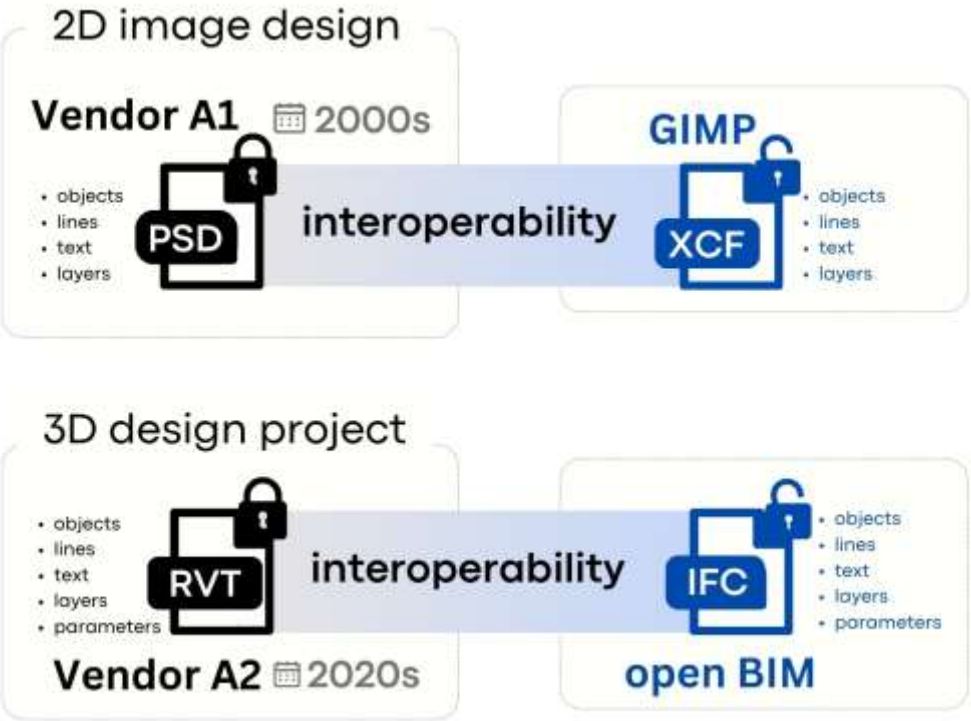
بينما كان الاتجاه الرئيسي لتطوير قابلية التشغيل البيني في بيئة التصميم بمساعدة الحاسوب في منتصف التسعينيات هو كسر تنسيق DWG المملوك - الذي بلغ ذروته في انتصار تحالف [75] Open DWG والفتح الفعلي لتنسيق الرسم الأكثر شيوعًا لصناعة البناء بأكملها - بحلول منتصف العشرينيات من القرن الماضي تحول التركيز. هناك اتجاه جديد يكتسب زخمًا في صناعة البناء والتشييد: تركز العديد من فرق التطوير على إنشاء ما يسمى "الجسور" بين أنظمة CAD المغلقة (BIM المغلقة) وتنسيق IFC والحلول المفتوحة (BIM المفتوحة). وتعتمد معظم هذه المبادرات على استخدام تنسيق IFC ونواة هندسة OCCT، مما يوفر جسرًا تقنيًا بين المنصات المتباينة. يُنظر إلى هذا النهج على أنه اتجاه واعد يمكن أن يحسن بشكل كبير من تبادل البيانات وقابلية التشغيل البيني لأدوات البرمجيات.



الشكل2-2-6.2 بينما تعمل الصناعات الأخرى ببيانات مفتوحة، يتعين على صناعة الإنشاءات العمل بتنسيقات CAD مغلقة أو غير منظمة بشكل جيد (BIM).

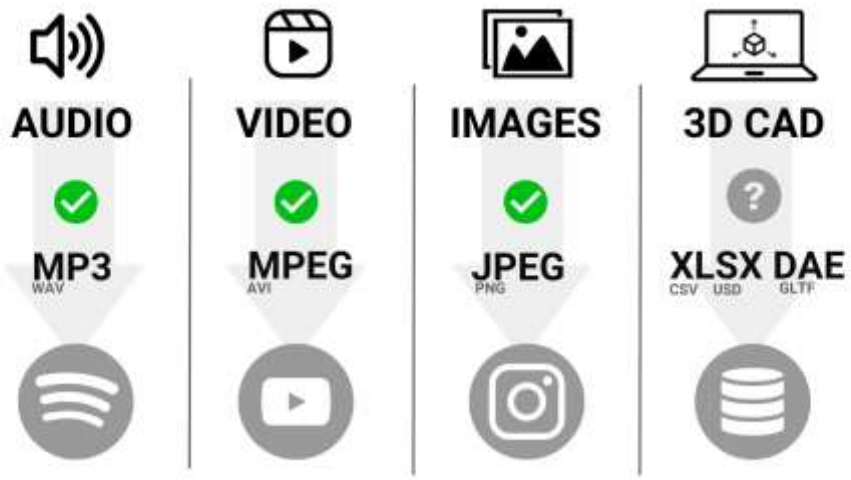
هذا النهج له أوجه تشابه تاريخية. في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، حاول المطورون، في محاولة للتغلب على هيمنة أكبر بائع لمحرري الرسوم البيانية (عالم ثنائي الأبعاد)، إنشاء تكامل سلس بين الحل الخاص به والحل المجاني مفتوح المصدر - بديل لبرنامج GIMP (الشكل3-6.2). في ذلك الوقت، كما هو الحال اليوم في البناء، كان الأمر يتعلق بمحاولة الربط بين الأنظمة المغلقة والمفتوحة مع الحفاظ على المعلمات المعقدة والطبقات ومنطق البرامج الداخلي.

ومع ذلك، كان المستخدمون يبحثون في الواقع عن حلول بسيطة - بيانات مسطحة ومفتوحة دون تعقيد مفرط للطبقات ومعلمات البرنامج (نظائر النواة الهندسية في CAD). بحث المستخدمون عن صيغ بيانات بسيطة ومفتوحة، خالية من المنطق المفرط. أصبحت تنسيقات JPEG و PNG و GIF مثل هذه التنسيقات في الرسومات. وهي تُستخدم اليوم في الشبكات الاجتماعية وعلى مواقع الويب وفي التطبيقات - فهي سهلة المعالجة والتفسير، بغض النظر عن المنصة أو بائع البرنامج.



الشكل6.2-3.6 إن قابلية التشغيل البيني لتنسيقات البيانات في البناء تشبه مسار محاولات دمج منتج مورد شهير مملوك لبائع مشهور ومنتج GIMP مفتوح المصدر في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.

نتيجة لذلك، لا يستخدم أي شخص تقريبًا في صناعة التصوير اليوم تنسيقات مغلقة مثل PSD أو XCF المفتوحة للتطبيقات أو الشبكات الاجتماعية مثل Facebook وInstagram أو كمحتوى على مواقع الويب. وبدلاً من ذلك، تستخدم معظم المهام تنسيقات JPEG و PNG و GIF المسطحة والمفتوحة لسهولة الاستخدام والتوافق الواسع. أصبحت التنسيقات المفتوحة مثل JPEG و PNG معيارًا لمشاركة الصور نظرًا لتعدد استخداماتها ودعمها الواسع، مما يجعلها سهلة الاستخدام على مجموعة متنوعة من المنصات. يمكن ملاحظة انتقال مماثل في تنسيقات التبادل الأخرى، مثل الفيديو والصوت، حيث يتم التأكيد على التنسيقات العالمية مثل MPEG و MP3 لكفاءتها في الضغط وتوافقها الواسع. وقد أدى هذا التحرك نحو التوحيد القياسي إلى تبسيط مشاركة وتشغيل المحتوى والمعلومات، مما يجعلها في متناول جميع المستخدمين عبر منصات متعددة (الشكل6.2-4).



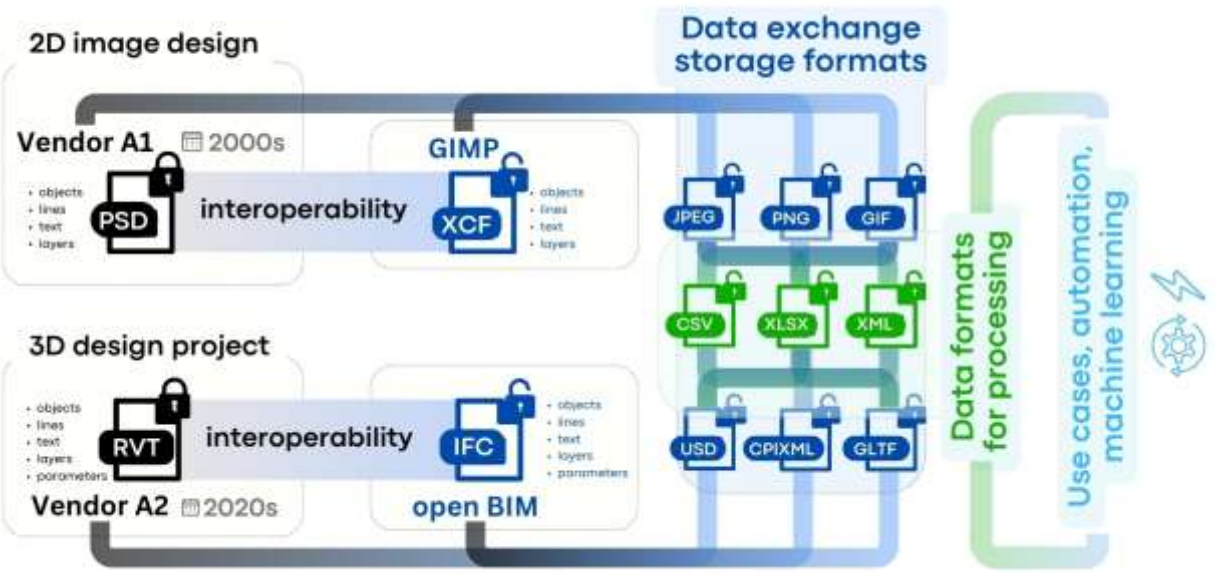
الشكل4-6-2-6 أصبحت التنسيقات المبسطة بدون وظائف تحرير معقدة، شائعة لمشاركة البيانات واستخدامها.

تحدث عمليات مماثلة في النمذجة ثلاثية الأبعاد. يتم استخدام التنسيقات البسيطة والمفتوحة مثل USD و OBJ و OBJ و glTF و DAE و DXF و SQL و XLSX بشكل متزايد في المشاريع لتبادل البيانات خارج بيئة التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM). تقوم هذه التنسيقات بتخزين جميع المعلومات الضرورية، بما في ذلك الهندسة والبيانات الوصفية دون الحاجة إلى تشغيل بنية BREP معقدة أو نواة هندسية أو مصنفات داخلية خاصة بالبائع. كما تؤدي التنسيقات المسجلة الملكية مثل NWC و SVF و SVF2 و CPIXML و CP2 التي يوفرها بائعو البرمجيات الرائدون وظائف مماثلة، ولكنها تظل مغلقة، على عكس المعايير المفتوحة.

من الجدير بالذكر (ويجدر التذكير مرة أخرى، كما سبق ذكره في الفصل السابق) أن هذه الفكرة - رفض التنسيقات الوسيطة المحايدة والبارامترية مثل IGES و STEP و IFC - كانت مدعومة في عام 2000 من قبل بائع CAD الرئيسي الذي أنشأ الورقة البيضاء لنمذجة معلومات البناء وسجل تنسيق IFC في عام 1994. في الورقة البيضاء لعام 2000 "التصميم والتصنيع المتكامل" [65]، يؤكد بائع التصميم بمساعدة الحاسوب على أهمية الوصول الأصلي إلى قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب داخل بيئة البرمجيات، دون الحاجة إلى استخدام مترجمين وسيطين وتنسيقات بارامترية، من أجل الحفاظ على اكتمال المعلومات ودقتها.

ولم تتفق صناعة البناء والتشييد بعد إما على أدوات للوصول إلى قواعد بيانات CAD أو هندستها العكسية الإجبارية ، أو على اعتماد تنسيق بيانات مبسط مشترك للاستخدام خارج منصات (BIM) CAD. على سبيل المثال، تستخدم العديد من الشركات الكبرى في أوروبا الوسطى والمناطق الناطقة بالألمانية العاملة في قطاع البناء والتشييد تنسيق CPIXML في أنظمة تخطيط موارد المؤسسات الخاصة بها [121]. يجمع هذا التنسيق المملوك، وهو نوع من XML ، بين بيانات مشروع التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، بما في ذلك البيانات الهندسية والبيانات الوصفية في هيكل واحد منظم ومبسط. كما تقوم شركات الإنشاءات الكبيرة أيضًا بإنشاء تنسيقات وأنظمة جديدة خاصة بها، كما هو الحال في مشروع SCOPE ، الذي ناقشناه في الفصل السابق

إن المنطق المغلق لتنسيقات CAD البارامترية أو الملفات البارامترية المعقدة (STEP) IFC زائدة عن الحاجة في معظم العمليات التجارية. يبحث المستخدمون عن تنسيقات مبسطة ومسطحة مثل USD و CPIXML و XML وOBJ و DXF و glTF و SQLlite و DAE وXLSX ، والتي تحتوي على جميع معلومات العناصر الضرورية، ولكنها غير مثقلة بمنطق هندسة BREP الزائد عن الحاجة، والاعتماد على نواة الهندسة والتصنيفات الداخلية لمنتجات CAD و BIM - المنتجات (الشكل 5-6.2).



الشكل5-6-2.6 بالنسبة لمعظم حالات الاستخدام، يختار المستخدمون أبسط التنسيقات الممكنة المستقلة عن برامج البائعين.

لقد أدى ظهور تنسيقات الصور المسطحة مثل JPEG وPNG وGIF، الخالية من المنطق الزائد عن الحاجة للمحركات الداخلية للبائعين، إلى تطوير آلاف الحلول القابلة للتشغيل البيني لمعالجة الرسومات واستخدامها. وقد أدى ذلك إلى ظهور تطبيقات تتراوح بين أدوات التنقيح والتصفية وشبكات التواصل الاجتماعي مثل Instagram وSnapchat وCanva، حيث يمكن استخدام هذه البيانات المبسطة دون الارتباط بمطور برامج محدد.

> سيحفز توحيد وتبسيط التصميم CAD - التنسيقات على ظهور العديد من الأدوات الجديدة سهلة الاستخدام والمستقلة للعمل مع مشاريع البناء.

إن الابتعاد عن المنطق المعقد لتطبيقات البائعين المرتبطة بنواة هندسية مغلقة إلى تنسيقات عالمية مفتوحة تستند إلى مكتبات من العناصر المبسطة يخلق المتطلبات الأساسية لمعالجة البيانات بشكل أكثر مرونة

وشفافية وكفاءة. وهذا يفتح أيضًا إمكانية الوصول إلى المعلومات لجميع الأطراف المشاركة في عملية البناء - من المصممين إلى العملاء وخدمات الصيانة.

ومع ذلك، من المحتمل جدًا أن يحاول بائعو CAD في السنوات القادمة تحويل النقاش حول قابلية التشغيل البيني والوصول إلى قواعد بيانات CAD مرة أخرى. وسيتعلق الأمر بالفعل بمفاهيم "جديدة" - مثل البيانات الحبيبية والرسوم البيانية الذكية و"النماذج الموحدة" و"التوائم الرقمية في المستودعات السحابية" - بالإضافة إلى إنشاء تحالفات ومعايير الصناعة التي تواصل مسار BIM و BIM المفتوح. وعلى الرغم من المصطلحات الجذابة، فإن مثل هذه المبادرات قد تصبح مرة أخرى أدوات للاحتفاظ بالمستخدمين داخل النظم الإيكولوجية المملوكة. وأحد الأمثلة على ذلك هو الترويج النشط لتنسيق (الوصف العالمي للمشهد) بالدولار الأمريكي باعتباره "المعيار الجديد" للتعاون عبر المنصات في مجال التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) اعتبارًا من عام 2023.

انتقل إلى دولار أمريكي والبيانات التفصيلية م

يمثل ظهور تحالف [124] AOUSD في عام 2023 منعطفًا مهمًا في صناعة البناء والتشييد. نحن نشهد بداية واقع جديد، شكله بائعو CAD، في التعامل مع بيانات البناء من خلال عدة تغييرات مهمة. يتعلق التغيير الرئيسي الأول بتصور التصميم بمساعدة الحاسوب - البيانات. يدرك المحترفون المشاركون في المراحل المبكرة من التصميم النظري بشكل متزايد أن إنشاء التصميم في بيئة التصميم بمساعدة الحاسوب ليس سوى نقطة البداية. فالبيانات التي يتم إنشاؤها أثناء عملية التصميم تصبح في نهاية المطاف أساساً لتحليل وتشغيل وإدارة الكائنات. وهذا يعني أنه يجب أن تكون متاحة وقابلة للاستخدام في أنظمة تتجاوز أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب التقليدية.

وبالتوازي مع ذلك، تحدث ثورة في نهج المطورين الرائدين. تتخذ شركة CAD- الرائدة في هذا المجال، وهي الشركة الرائدة في مجال التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD-)، وهي مبتكرة مفهوم نمذجة معلومات المباني وتنسيق IFC

، منعطفاً غير متوقع في استراتيجيتها. فاعتبارًا من عام 2023، ستبتعد الشركة عن التخزين التقليدي للبيانات في ملفات فردية، مع التركيز على العمل مع البيانات الحبيبية (العادية والمنظمة) والانتقال إلى نهج يركز على البيانات [125].

> يتبع البائعون الاتجاهات التاريخية للصناعات الأخرى: معظم المستخدمين لا يحتاجون إلى تنسيقات CAD مغلقة (على غرار PSD) أو ملفات IFC البارامترية المعقدة (على غرار GIMP مع منطق الطبقات). فهم يحتاجون إلى صور كائنات بسيطة يمكن استخدامها في CAFM (إنستغرام البناء) ، وتخطيط موارد المؤسسات (فيسبوك) وآلاف العمليات الأخرى المليئة بجداول بيانات Excel ومستندات PDF.

ومن المحتمل أن تمهد الاتجاهات الحالية في صناعة الإنشاءات الطريق لتحول تدريجي بعيداً عن الصيغ البارامترية والمعقدة لصالح الصيغ الأكثر عالمية واستقلالية USD ، وGLTF ، وDAE ، وOBJ (مع معلومات فوقية داخل الصيغة الهجينة وفي صيغ منفصلة منظمة أو غير منظمة). يروج القادة التاريخيون، بما في ذلك شركات التصميم الكبرى التي كانت تروج بنشاط لصيغة IFC في منتصف التسعينيات، الآن بشكل علني لصيغة USD الجديدة [93]، مع التأكيد على بساطتها وتعدد استخداماتها (الشكل6-6.2). يُظهر الاعتماد الشامل للدولار الأمريكي في المنتجات، وتوافقه مع صيغة GLTF، والتكامل النشط في أدوات مثل Blender وUnreal Engine و Omniverse إمكانية بداية نموذج جديد للعمل مع البيانات. إلى جانب شعبية الحلول المترجمة مثل تنسيق الدولار الأمريكي المسطح الأوروبي - CPIXML ، المستخدم في أنظمة تخطيط موارد المؤسسات الأوروبية الشهيرة يمكن أن يعزز مكانة الدولار الأمريكي في أوروبا الوسطى. تقوم المنظمات المشاركة في تطوير تنسيق IFC بالفعل بتكييف استراتيجيتها مع الدولار الأمريكي [126]، مما يؤكد حتمية التحول.

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

الشكل6-6.2 مقارنة بين المواصفات الفنية لتنسيقات مؤسسة التمويل الدولية وتنسيقات الدولار الأمريكي.

وفي ظل هذه الخلفية، فإن الدولار الأمريكي لديه القدرة على أن يصبح المعيار الفعلي، واعدًا بالتغلب على العديد من القيود الحالية، والتي تتعلق في المقام الأول بتعقيد تنسيقات CAD الحالية (BIM-) واعتماد تفسيرها على النواة الهندسية.

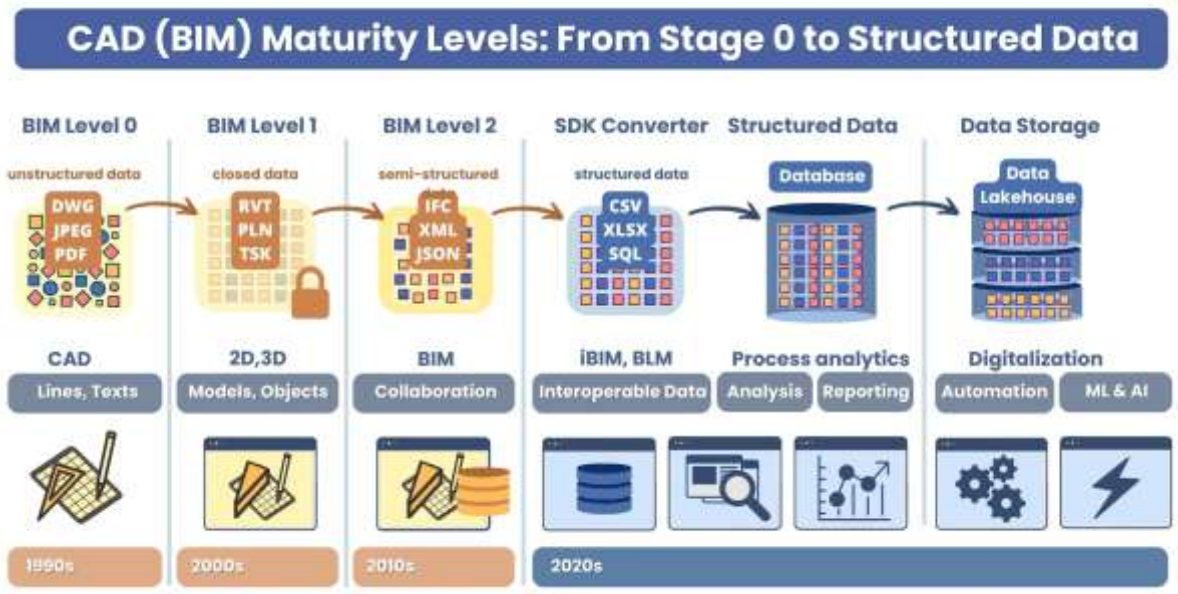
وبدلاً من تنسيقات CAD البارامترية والمعقدة وتنسيقات IFC - ستكتسب تنسيقات البيانات المبسطة USD و gLTF و DAE و OBJ مع معلومات تعريفية للعناصر في CSV و XLSX و JSON و XML مكانًا في صناعة البناء والتشييد نظرًا لبساطتها ومرونتها.

تبدو التغيرات الحالية في صناعة الإنشاءات للوهلة الأولى وكأنها طفرة تكنولوجية مرتبطة بالانتقال من معيار IFC القديم إلى معيار USD الأكثر حداثة. ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أنه في عام 2000، كتب نفس بائع CAD الذي طور IFC عن مشاكله والحاجة إلى الوصول إلى قاعدة البيانات [65]، وهو الآن يروج بنشاط للانتقال إلى معيار جديد - USD.

> وخلف واجهة أخرى لـ "البيانات المفتوحة" بالدولار الأمريكي والمفاهيم "الجديدة" لإدارة البيانات الدقيقة، من خلال التطبيقات القائمة على السحابة التي بدأ بائعو CAD في الترويج لها قد تخفي وراءها نية البائعين في احتكار إدارة بيانات المشروع، حيث يجد المستخدمون أنفسهم في وضع يرتبط فيه اختيار التنسيق بمصالح الشركات أكثر من ارتباطه بالاحتياجات الحقيقية.

يُظهر تحليل للحقائق الأساسية [93] أن الغرض الرئيسي من هذه التغييرات لا يتعلق براحة المستخدم بقدر ما يتعلق في المقام الأول بالحفاظ على السيطرة على النظم الإيكولوجية وتدفق البيانات لصالح البائعين الذين لم يتمكنوا أبدًا خلال 40 عامًا من توفير الوصول إلى قواعد بيانات CAD.

ربما حان الوقت الآن للشركات للتوقف عن انتظار مفاهيم جديدة من بائعي البرمجيات والتركيز على التطوير الذاتي في الاتجاه المتمحور حول البيانات. وبعد أن تحررت الصناعة من مشاكل الوصول إلى البيانات من خلال أدوات الهندسة العكسية، ستتمكن من الانتقال بشكل مستقل إلى أدوات حديثة ومجانية وملائمة للعمل وتحليل البيانات دون فرض مفاهيم جديدة.



الشكل7-6-6.2 مستوى نضج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM): من البيانات غير المنظمة إلى البيانات والمستودعات المنظمة.

وسيصبح الوصول إلى قواعد البيانات والبيانات المفتوحة والتنسيقات المفتوحة حتماً معياراً في صناعة البناء، بغض النظر عن محاولات البائعين تعطيل العملية - إنها مسألة وقت فقط (الشكل7-6.2). يمكن أن تزداد وتيرة هذا التحول بشكل كبير إذا أصبح المزيد والمزيد من المهنيين على دراية بالتنسيقات المفتوحة وأدوات قواعد البيانات ومجموعات أدوات الهندسة العكسية المتاحة ، مما يسمح بالوصول المباشر إلى بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب - الأنظمة [92].

> يكمن المستقبل في البيانات المفتوحة والموحدة والتي يمكن الوصول إليها تحليليًا. ولتفادي الاعتماد على حلول البائعين وتجنب الوقوع رهينة أنظمة بيئية مغلقة، سيتعين على شركات الإنشاءات والهندسة عاجلاً أم آجلاً الاعتماد على الانفتاح والاستقلالية، واختيار التنسيقات والحلول التي توفر التحكم الكامل في البيانات.

ستصبح البيانات التي يتم إنشاؤها في صناعة الإنشاءات اليوم مورداً رئيسياً لقرارات الأعمال في المستقبل.

وستكون بمثابة "الوقود" الاستراتيجي الذي يغذي تطوير وكفاءة شركات الإنشاءات. يكمن مستقبل صناعة البناء والتشييد في القدرة على العمل مع البيانات، وليس في اختيار تنسيقات البيانات أو نماذجها.

ولفهم الفرق بين التنسيقات المفتوحة وGITF وDAE وOBJ والتنسيقات البارامترية الخاصة بالحاسوب ، من المهم النظر في أحد أكثر عناصر البيانات تعقيدًا وأساسًا في التصور وحسابات التصميم - الهندسة وعمليات توليدها. ولفهم كيف تصبح البيانات الهندسية أساساً للتحليلات والحسابات في البناء، من الضروري التعمق في آليات توليد الهندسة وتحويلها وتخزينها.

الفصل 6.3.

الهندسة في البناء: من الخطوط إلى الأمتار المكعبة

عندما تتحول الخطوط إلى نقود أو لماذا يحتاج البناؤون إلى الهندسة

الهندسة في البناء ليست مجرد تصور مرئي فحسب، بل هي أيضًا أساس للحسابات الكمية الدقيقة. وفي نموذج المشروع، تكمّل الهندسة قوائم معلمات العناصر (الشكل3.1-16) بخصائص حجمية هامة مثل الطول والمساحة والحجم. يتم حساب قيم المعلمات الحجمية هذه تلقائيًا باستخدام نواة الهندسة وهي نقطة البداية للتقديرات والجداول الزمنية ونماذج الموارد. كما سبق أن ناقشنا في الجزء الخامس من هذا الكتاب وفي فصل "تقدير التكاليف والتقديرات مشاريع البناء"، فإن المعلمات الحجمية لمجموعات الكائنات من نماذج CAD هي التي تشكل الأساس لتخطيط موارد المؤسسات الحديثة، ونظام إدارة المشاريع / تلعب الهندسة دورًا أساسيًا ليس فقط في مرحلة التصميم، ولكن أيضًا في إدارة تنفيذ المشروع والتحكم في الجدول الزمني والميزانية والتشغيل. وكما كان الأمر منذ آلاف السنين، عند بناء الأهرامات المصرية، كانت دقة المشروع تعتمد على مقاييس الطول مثل الأذرع المكعبة والأذرع المكعبة، فإن دقة تفسير الهندسة في برامج CAD - البرامج تؤثر اليوم بشكل مباشر على النتيجة: من الميزانية والمواعيد النهائية إلى اختيار المقاول ولوجستيات التسليم

في بيئة شديدة التنافسية ومحدودة الميزانية، تصبح دقة الحسابات الحجمية، التي تعتمد بشكل مباشر على الهندسة، عامل بقاء. تعتمد الأنظمة الحديثة لتخطيط موارد المؤسسات بشكل مباشر على الخصائص الحجمية الصحيحة التي يتم الحصول عليها من نماذج CAD ونماذج BIM. هذا هو السبب في أن الوصف الهندسي الدقيق للعناصر ليس مجرد تصور، ولكنه أداة رئيسية لإدارة التكلفة ووقت البناء.

تاريخياً، كانت الهندسة هي اللغة الأساسية للتواصل الهندسي. فمن الخطوط على ورق البردي إلى النماذج الرقمية، كانت الرسومات والتمثيلات الهندسية بمثابة وسيلة لتبادل المعلومات بين المصممين والمراقبين والمقدّرين. وقبل ظهور أجهزة الكمبيوتر، كانت الحسابات تتم يدويًا باستخدام المساطر والمنقلة. أما اليوم، فقد أصبحت هذه المهمة مؤتمتة بفضل النمذجة الحجمية: حيث تقوم النواة الهندسية لبرامج التصميم بمساعدة الحاسوب بتحويل الخطوط والنقاط إلى أجسام ثلاثية الأبعاد يتم استخراج جميع الخصائص اللازمة منها تلقائيًا.

العمل في برامج CAD - البرامج، يتم إنشاء عناصر هندسية للحسابات من خلال واجهة المستخدم لبرامج CAD-(BIM-). لتحويل النقاط والخطوط إلى أجسام حجمية، يتم استخدام النواة الهندسية، التي تؤدي المهمة الرئيسية - تحويل الهندسة إلى نماذج حجمية، يتم من خلالها حساب الخصائص الحجمية للعنصر تلقائيًا بعد التقريب.

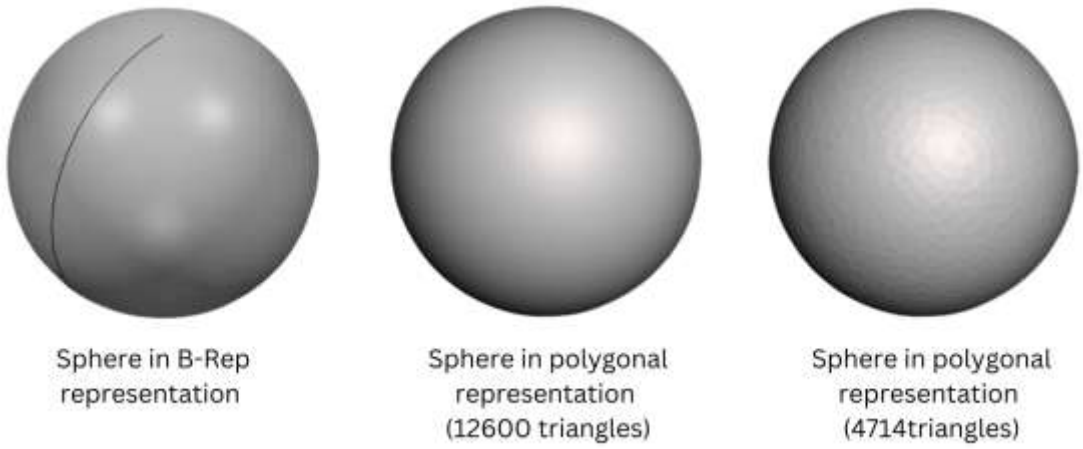
من الخطوط إلى الأحجام: كيف تصبح المساحة والحجم بيانات

في الممارسة الهندسية، يتم حساب الأحجام والمساحات من الأسطح الهندسية الموصوفة تحليليًا أو من خلال نماذج بارامترية مثل NURBS (خطوط B-splines المنطقية غير المنتظمة B) في إطار BREP (تمثيل العناصر

الحدودية).

> NURBS (خطوط B-Splines غير المنتظمة العقلانية غير المنتظمة) هي طريقة رياضية لوصف المنحنيات والأسطح، في حين أن BREP هو إطار لوصف الهندسة الكاملة ثلاثية الأبعاد لجسم ما، بما في ذلك حدوده، والتي يمكن تعريفها باستخدام NURBS.

على الرغم من دقة BREP و NURBS، فإنها تتطلب موارد حسابية قوية وخوارزميات معقدة. ومع ذلك، غالبًا ما يكون الحساب المباشر من هذه الأوصاف الدقيقة رياضيًا صعبًا من الناحية الحسابية، لذلك في الممارسة العملية، يتم استخدام التغطية بالفسيفساء - تحويل الأسطح إلى شبكة من المثلثات - دائمًا تقريبًا، مما يبسط العمليات الحسابية اللاحقة. التغطية بالفسيفساء هو تقسيم سطح معقد إلى مثلثات أو مضلعات. تُستخدم هذه الطريقة في بيئات CAD /CAE في بيئات CAD للتصور، وحسابات الحجم، والبحث عن التصادم ، والتصدير إلى تنسيقات مثل MESH وتحليل التصادم. مثال من الطبيعة هو قرص عسل النحل، حيث يتم تقسيم الشكل المعقد إلى شبكة منتظمة (الشكل1-6.3).



الشكل1-6-6.3 نفس الكرة في الوصف البارامترية BREP والتمثيل المضلع مع عدد مختلف من المثلثات.

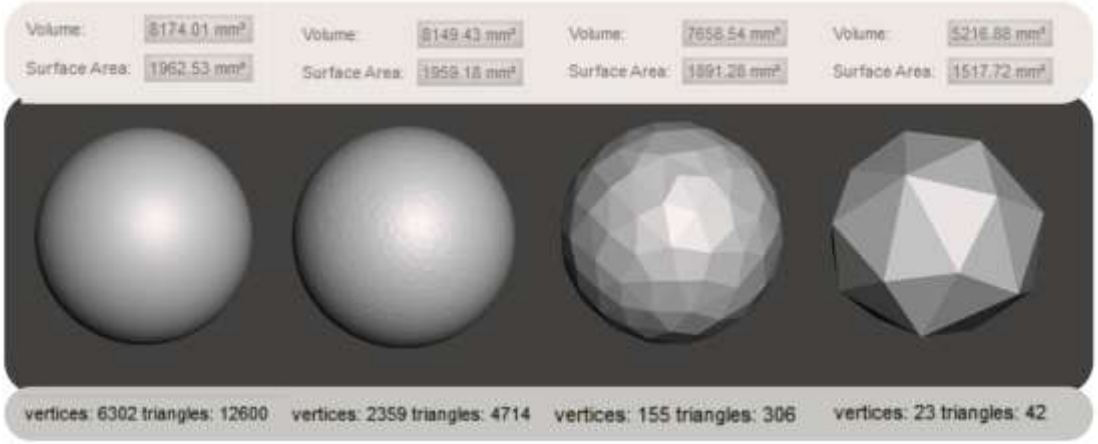
BREP (NURBS)، المستخدم في CAD ، ليس نموذجًا أساسيًا للهندسة. فقد تم إنشاؤه كأداة ملائمة لتمثيل الدوائر والجسيمات المنطقية ولتقليل تخزين البيانات الهندسية. ومع ذلك، فإن لها قيودًا - على سبيل المثال، عدم القدرة على وصف الجيب الجيبي الذي يكمن وراء الخطوط والأسطح الحلزونية بدقة، والحاجة إلى استخدام نواة هندسية معقدة.

في المقابل، تتميز الشبكات المثلثية وتغطية الأشكال البارامترية بالفسيفساء بالبساطة والاستخدام الفعال للذاكرة والقدرة على معالجة كميات كبيرة من البيانات (الشكل6.3-2). هذه المزايا تجعل من الممكن الاستغناء عن النواة الهندسية المعقدة والمكلفة ، وعشرات الملايين من أسطر التعليمات البرمجية المضمنة فيها، عند حساب الأشكال الهندسية.

> في معظم حالات البناء، لا يهم كيف يتم تحديد الخصائص الحجمية بالضبط - من خلال النماذج البارامترية (BREP، IFC) أو من خلال المضلعات (OBJ ، DAE، glTF ، USD). يظل الشكل الهندسي هو الشكل التقريبي: سواء كان ذلك من خلال NURBS أو MESH ، فهو دائمًا وصف تقريبي للشكل.

تظل الهندسة المُعرّفة على شكل مضلعات أو BREP (NURBS) إلى حد ما مجرد طريقة للتقريب بوصف تقريبي لشكل متصل. تمامًا كما أن تكاملات فرينل ليس لها تعبير تحليلي دقيق، فإن تقسيم الهندسة من خلال المضلعات أو NURBS هو دائمًا تقريب، تمامًا مثل MESH المثلثية.

تعد الهندسة البارامترية في تنسيق BREP ضرورية بشكل أساسي عندما يكون الحد الأدنى من حجم البيانات مهمًا ومن الممكن استخدام نواة هندسية كثيفة الموارد وباهظة الثمن لمعالجتها وعرضها. وغالبًا ما يكون ذلك سمة مميزة لمطوري برامج CAD ، والتي تطبق لهذا الغرض في منتجاتها نواة هندسية من MCAD -الموردين. في هذه الحالة، حتى داخل هذه البرامج، غالبًا ما يتم تحويل نماذج BREP في عملية التغطية بالفسيفساء للتصور والحسابات إلى مثلثات (على غرار كيفية تبسيط ملفات PSD إلى JPEG).



الشكل2-6.3 الفرق في الخصائص الحجمية في الأشكال ذات العدد المختلف من المضلعات.

متعدد الأضلاع MESH ، وكذلك BREP البارامترية، لها مزاياها وقيودها الخاصة، لكن الهدف واحد - وصف الهندسة مع مراعاة مهام المستخدم. في نهاية المطاف، لا تعتمد دقة النموذج الهندسي على طريقة تمثيله فحسب، بل تعتمد أيضًا على متطلبات مهمة معينة.

> في معظم مشاكل البناء، قد تكون الحاجة إلى الهندسة البارامترية والنواة الهندسية المعقدة زائدة عن الحاجة.

في كل مهمة أتمتة حسابية معينة، يجدر النظر فيما إذا كانت أهمية الهندسة البارامترية مبالغ فيها من قبل مطوري CAD المهتمين بالترويج لمنتجاتهم البرمجية الخاصة بهم وبيعها.

الانتقال إلى MESH والدولار الأمريكي والمضلعات: استخدام التغطية بالفسيفساء للهندسة

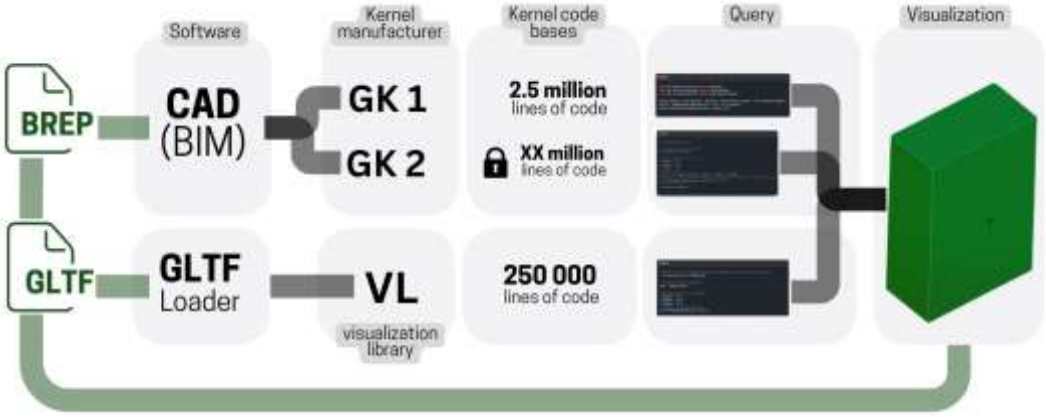
في صناعة البناء والتشييد، عند التدفق أو تطوير الأنظمة أو قواعد البيانات أو أتمتة العمليات التي تعمل مع معلومات التصميم وهندسة الملامح، من المهم السعي إلى الاستقلالية عن محرري CAD ونواة هندسية محددة.

> لا ينبغي أن يكون تنسيق التبادل الذي سيستخدم في كل من أقسام الحساب وفي موقع البناء مستندًا إلى برنامج (BIM-) CAD- محدد. يجب أن يتم تمثيل المعلومات الهندسية في التنسيق مباشرةً من خلال التغطية بالفسيفساء، دون الرجوع إلى النواة الهندسية أو بنية CAD.

يمكن اعتبار الهندسة البارامترية من CAD كمصدر وسيط، ولكن ليس كأساس لتنسيق عالمي. يتم تحويل معظم الأوصاف البارامترية (بما في ذلك BREP و NURBS) على أي حال إلى MESH متعدد الأضلاع لمزيد من المعالجة. إذا كانت النتيجة هي نفسها (التغطية بالفسيفساء والمضلعات) وكانت العملية أبسط، فإن الاختيار واضح. وهذا مشابه للاختيار بين أنطولوجيا الرسوم البيانية والجداول المنظمة (التي ناقشناها في الجزء الرابع): نادرًا ما يكون التعقيد المفرط مبررًا (الشكل10-3.2 ، الشكل8-6.1).

تستخدم التنسيقات المفتوحة مثل: OBJ و STL و glTF و SVF و CPIXML و USD و DAE ، بنية شبكة مثلثية عالمية، مما يمنحها مزايا كبيرة. تتمتع هذه التنسيقات بقابلية ممتازة للتشغيل البيني - فهي سهلة القراءة والتصور باستخدام مكتبات مفتوحة المصدر المتاحة دون الحاجة إلى نواة هندسية معقدة متخصصة تحتوي على ملايين الأسطر من التعليمات البرمجية (الشكل3-6.3). تُستخدم هذه التنسيقات الهندسية متعددة الاستخدامات في تطبيقات تتراوح من أدوات تصميم المطابخ البسيطة نسبيًا في IKEA™ إلى أنظمة تصور الكائنات المعقدة في

السينما وتطبيقات الواقع الافتراضي. تتمثل إحدى المزايا المهمة في توافر عدد كبير من المكتبات المجانية والمفتوحة المصدر للعمل مع هذه التنسيقات، وهي متاحة لمعظم المنصات ولغات البرمجة.



الشكل3-3-6.3 يتم تحقيق نفس التمثيل الهندسي من خلال استخدام التنسيقات البارامترية والنواة الهندسية ، أو من خلال استخدام التنسيقات المثلثية ومكتبات التصور مفتوحة المصدر.

وبالإضافة إلى المستخدمين أنفسهم، يواجه موردو CAD -الموردون مشاكل في تفسير تنسيقات CAD البارامترية الأجنبية أو IFC المفتوحة بسبب اختلاف النواة الهندسية. في الممارسة العملية، يستخدم جميع بائعي CAD - البائعين، دون استثناء، SDK الهندسة العكسية لنقل البيانات بين الأنظمة، ولا يعتمد أي منهم على تنس[93] لأغراض التشغيل البيني.

وبدلاً من استخدام المفاهيم التي يروج لها تحالفات تحالفات CAD- البائعين الذين لا يستخدمونها هم أنفسهم - من الأفضل لمطوري ومستخدمي حلول التصميم بمساعدة الحاسوب التركيز على فهم فوائد كل نهج في سياق معين واختيار نوع أو آخر من الهندسة اعتمادًا على حالة الاستخدام. الاختيار بين التمثيلات الهندسية المختلفة هو مفاضلة بين الدقة والكفاءة الحسابية والاحتياجات العملية لمهمة معينة.

غالبًا ما يتبين أن التعقيد المرتبط باستخدام النواة الهندسية، الذي يفرضه عادةً على صناعة الإنشاءات كبار البائعين عند معالجة بيانات التصميم، غير ضروري. يمكن أن يصبح تنسيق الدولار الأمريكي المستند إلى هندسة MESH نوعًا من "صندوق باندورا" للصناعة، مما يفتح إمكانيات جديدة للمطورين لتنظيم تبادل البيانات - خارج إطار IFC وهياكل BREP البارامترية النموذجية لبائعي CAD.

بعد إلقاء نظرة فاحصة على هيكلية USD و DAE و gLTF و OBJ وما إلى ذلك، يصبح من الواضح أن هناك صيغًا أبسط ومفتوحة تسمح بتنظيم نقل واستخدام المعلومات الهندسية بكفاءة دون الحاجة إلى الاعتماد على بارامترات معقدة ونواة هندسية مغلقة. لا يقلل هذا النهج من العتبة التقنية لدخول المطورين فحسب، بل يساعد أيضًا على تطوير حلول مرنة وقابلة للتطوير ومفتوحة حقًا للبناء الرقمي.

LOMD ، LOI ، LOD - تصنيف فريد من التفاصيل في CAD (BIM)

وبالإضافة إلى تنسيقات التمثيل الهندسي، في عالم تستخدم فيه الصناعات المختلفة مستويات مختلفة من التفاصيل وعمق البيانات، تقدم منهجيات (-BIM) - CAD أنظمة التصنيف الفريدة الخاصة بها ، والتي تنظم نهج إعلام نماذج المباني.

أحد الأمثلة على النهج الجديدة للتوحيد القياسي هو إدخال مستويات تطوير النموذج، مما يعكس درجة جاهزية وموثوقية كل من المكونات الرسومية والمعلوماتية. للتمييز بين محتوى المعلومات في العمل مع بيانات CAD - (-BIM) ظهرت بيانات LOD (مستوى التفاصيل) - مستوى تفاصيل الجزء الرسومي من النموذج، و LOI (مستوى المعلومات) - مستوى تفصيل البيانات. بالإضافة إلى ذلك، بالنسبة للنهج المتكامل، تم تقديم مفهوم LOA (مستوى الدقة) - دقة العناصر المعروضة و LOG (مستوى الهندسة) لتحديد دقة التمثيل البياني.

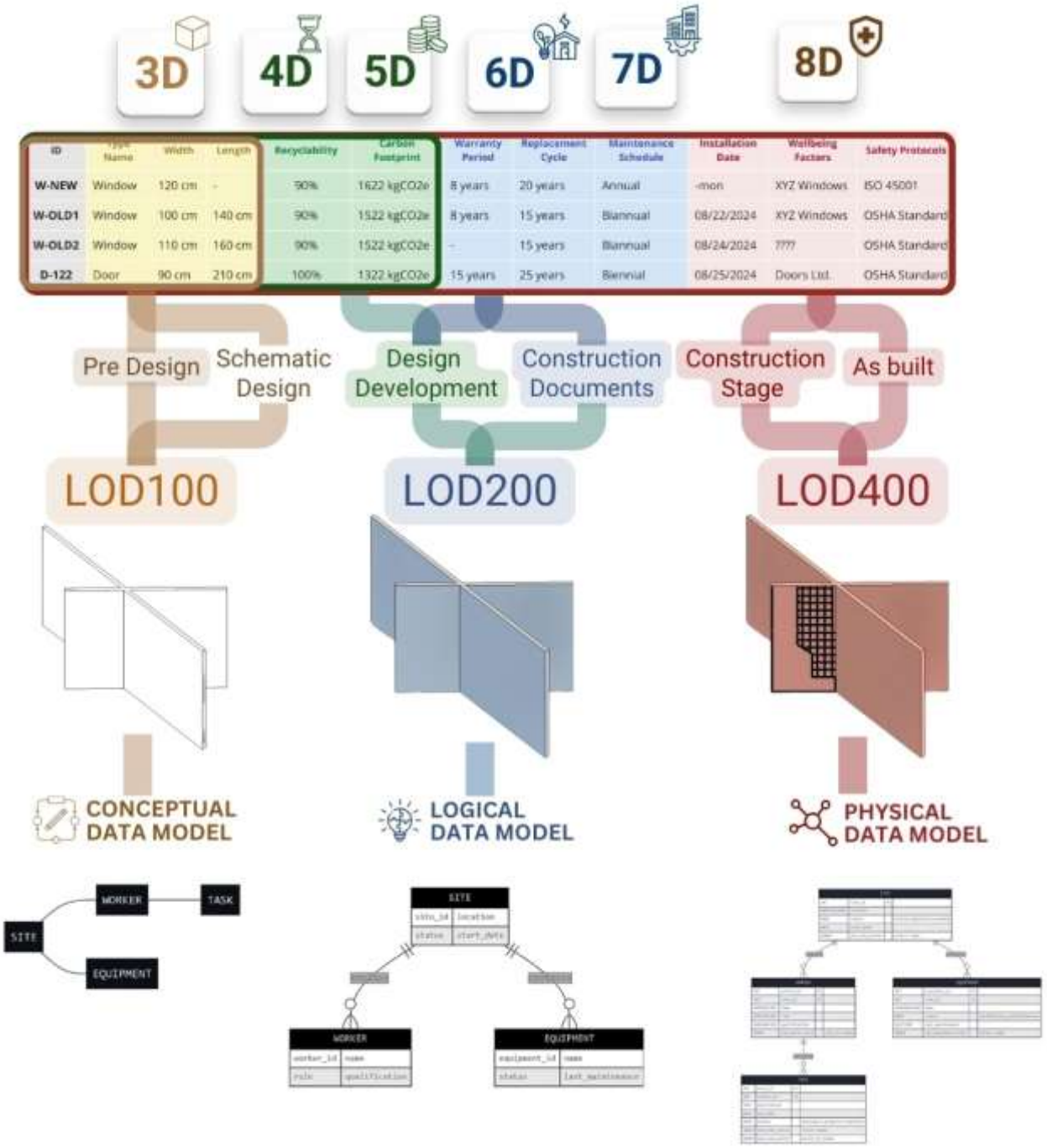
يُشار إلى مستويات التفاصيل (LOD) بالأرقام من 100 إلى 500، مما يعكس درجة تطور النموذج. LOD 100 هو نموذج مفاهيمي بأشكال وأبعاد عامة. LOD 200 يتضمن أبعاد وأشكال أكثر دقة ولكن بتفاصيل مشروطة. LOD 300 هو نموذج تفصيلي بأبعاد وأشكال ومواقع عناصر دقيقة. LOD 400 يحتوي على معلومات تفصيلية ضرورية لتصنيع وتركيب العناصر. يعكس LOD 500 الحالة الفعلية للمنشأة بعد الإنشاء ويستخدم للتشغيل والصيانة. وتصف هذه المستويات هيكلية تشبع نموذج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) بالمعلومات في مراحل مختلفة من دورة الحياة، بما في ذلك ثلاثي الأبعاد ، رباعي الأبعاد ، وخماسي الأبعاد وما بعدها.

في المشاريع الحقيقية، غالبًا ما يكون المستوى العالي من التفاصيل (LOD400) مفرطًا ويكفي استخدام هندسة LOD100 أو حتى الرسومات المسطحة، بينما يمكن الحصول على بقية البيانات إما حسابيًا أو من العناصر ذات الصلة التي قد لا يكون لها هندسة مميزة. على سبيل المثال، قد لا تحتوي المساحات وعناصر الغرف (فئات عناصر الغرف) على هندسة مرئية، ولكنها تحتوي على كميات كبيرة من المعلومات وقواعد البيانات التي يتم بناء العديد من العمليات التجارية حولها.

> لذلك من المهم تحديد مستوى التفاصيل المطلوبة بوضوح قبل البدء في التصميم. بالنسبة لحالات الاستخدام 4D -7D ، غالبًا ما تكون رسومات DWG والحد الأدنى من هندسة LOD100 كافية.
> وتتمثل المهمة الرئيسية في عملية المتطلبات في إيجاد توازن بين ثراء النموذج وعمليته.

من حيث الجوهر، إذا اعتبرنا بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) كقاعدة بيانات (وهي كذلك)، فإن وصف تشبع النموذج من خلال المختصرات الجديدة ليس سوى نمذجة بيانات متدرجة لنظم المعلومات، بدءاً من المستوى المفاهيمي وانتهاءً بالمستوى المادي (الشكل4-6.3)، وهو ما تم مناقشته بالتفصيل في الجزأين الثالث والرابع من الكتاب. وتعني كل زيادة في مستوى LOD و LOI إضافة المعلومات اللازمة للمهام الجديدة: الحسابات، وإدارة البناء، والتشغيل، وتتميز بإثراء النموذج بطبقات معلومات إضافية متتالية (ثلاثية الأبعاد -8D) على شكل

معلمات مختلفة، والتي ناقشناها في الجزء الخامس من الكتاب.



الشكل6.3-4 عملية تجسيد تفاصيل المشروع مطابقة لنمذجة البيانات من نموذج بيانات مفاهيمي إلى نموذج بيانات مادي.

الهندسة ليست سوى بعض من بيانات التصميم، والحاجة إليها ليست مبررة دائمًا في مشاريع البناء، والمشكلة الرئيسية في العمل مع CAD -data ليست في كيفية تصور النماذج، ولكن في كيفية استخدام البيانات من هذه النماذج خارج برامج (- BIM) -CAD.

وبحلول منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، واجهت صناعة الإنشاءات تحدياً غير مسبوق مع الزيادة السريعة في كمية البيانات في أنظمة الإدارة ومعالجة البيانات، وخاصة تلك الواردة من أقسام التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM). وقد فاجأت هذه الزيادة الهائلة في حجم البيانات مديري الشركات ولم يكونوا مستعدين للطلبات المتزايدة على جودة البيانات وإدارتها.

معايير التصميم بمساعدة الحاسوب الجديدة (BIM) - AIA و BEP و IDS و LOD و COBie

واستغلالاً لعدم وجود إمكانية الوصول المفتوح إلى قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب ومحدودية المنافسة في سوق معالجة البيانات، وباستخدام الحملات التسويقية المرتبطة بالمختصر الجديد BIM ، بدأت المنظمات المعنية بتطوير مناهج التعامل مع بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب - في وضع معايير ومفاهيم جديدة تهدف بحكم القانون إلى تحسين ممارسات إدارة البيانات.

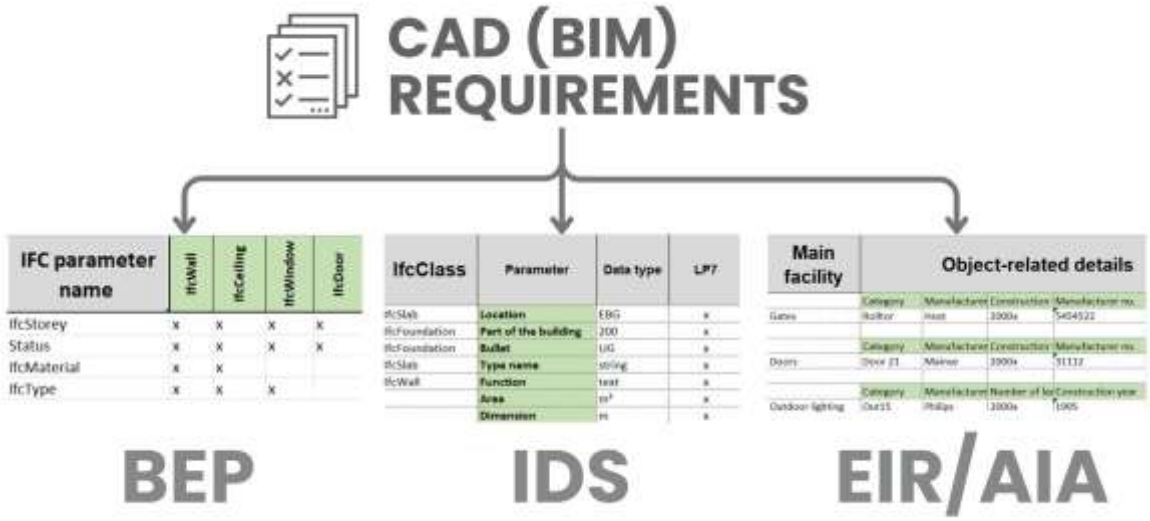
> على الرغم من أن جميع المبادرات تقريبًا المدعومة بشكل مباشر أو غير مباشر من قبل بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب والمطورين (BIM) كانت تهدف إلى تحسين سير العمل، إلا أنها أسفرت عن عدد كبير من المعايير التي يضغط عليها مختلف أصحاب المصلحة، مما أدى إلى بعض الغموض والارتباك في صناعة البناء والتشييد حول عمليات البيانات.

دعونا نسرد بعض معايير البيانات الجديدة، إلى جانب معايير LOD و LOI و LOA و LOG ، التي ظهرت في السنوات الأخيرة في صناعة البناء والتشييد:

- BIM خطة تنفيذية (BIM) - تصف كيفية دمج واستخدام التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) في مشروع ما، وتحدد طرق وعمليات معالجة البيانات.
- **وثيقة EIR / AIA** (متطلبات المعلومات الخاصة بالعميل) - التي أعدها العميل قبل الدعوة إلى تقديم العطاءات وتحتوي على المتطلبات للمقاول لإعداد وتقديم المعلومات. وهي بمثابة أساس لـ BEP في المشروع المعني.
- **AIM** (نموذج معلومات الأصول) هو جزء من عملية نمذجة معلومات الأصول. بمجرد تسليم المشروع واكتماله، يُشار إلى نموذج البيانات باسم نموذج معلومات الأصول أو AIM. الغرض من AIM هو إدارة وصيانة وتشغيل الأصول المحققة.
- مواصفات تسليم المعلومات (مواصفات تسليم المعلومات) - تحدد متطلبات وما هي البيانات وبأي صيغة مطلوبة في المراحل المختلفة لمشروع البناء.
- **iLOD** هو مستوى التفصيل LOD ، الذي يتم من خلاله تمثيل المعلومات في نموذج نمذجة معلومات المباني. وهو يحدد مدى تفصيل واكتمال المعلومات في النموذج، من التمثيل الهندسي الأساسي إلى المواصفات والبيانات التفصيلية.
- LOD - **eLOD** مستوى التفاصيل للعناصر الفردية في نموذج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM). وهو يحدد مدى نمذجة كل عنصر والمعلومات المرتبطة به مثل الأبعاد والمواد وخصائص الأداء والسمات الأخرى ذات الصلة.
- **APS** (خدمات المنصة) ومنتجات أخرى من بائعي CAD الرئيسيين (BIM) - وصف الأدوات والبنية التحتية اللازمة لإنشاء نماذج بيانات مرتبطة ومفتوحة.

على الرغم من أن الغرض المعلن من تطبيق معايير التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) - مثل LOD و LOI و LOA و LOG و BEP و EIR و AIA و AIM و IDS و iLOD و eLOD - هو تحسين جودة إدارة البيانات وتوسيع قدرات الأتمتة، إلا أن استخدامها يؤدي في الممارسة العملية في كثير من الأحيان إلى تعقيد مفرط وتجزئة العمليات. إذا نظرنا إلى نموذج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) كنوع من قواعد البيانات، يصبح من الواضح أن العديد من هذه المعايير تكرر مناهج راسخة وفعالة مستخدمة منذ فترة طويلة في صناعات أخرى في العمل مع نظم المعلومات. وبدلاً من التبسيط والتوحيد، غالبًا ما تخلق مثل هذه المبادرات عبئًا اصطلاحيًا إضافيًا وتعيق تنفيذ حلول مفتوحة ومرنة حقًا.

وتجدر الإشارة إلى أن العديد من هذه المفاهيم الجديدة تحل في الواقع محل عمليات النمذجة والتحقق من صحة البيانات التي تمت مناقشتها بالتفصيل في الأجزاء الأولى من الكتاب والتي طالما استخدمت في قطاعات أخرى من الاقتصاد. أما في مجال البناء، من ناحية أخرى، غالبًا ما تتحرك عملية التوحيد القياسي في الاتجاه المعاكس - حيث يتم إنشاء تنسيقات جديدة لوصف البيانات ومعايير جديدة ومفاهيم جديدة للتحقق من صحة البيانات، والتي لا تؤدي دائمًا إلى توحيد حقيقي وقابلية للتطبيق العملي. ونتيجة لذلك، وبدلا من تبسيط وأتمتة المعالجة، تواجه الصناعة مستويات إضافية من التنظيم والبيروقراطية (الشكل1-3-6)، وهو ما لا يفضي دائما إلى زيادة الكفاءة.



الشكل1 - 6.3 - 6.3 يتم اختزال متطلبات محتوى البيانات والمعلومات إلى وصف السمات وقيمها الحدية، الموصوفة باستخدام الجداول.

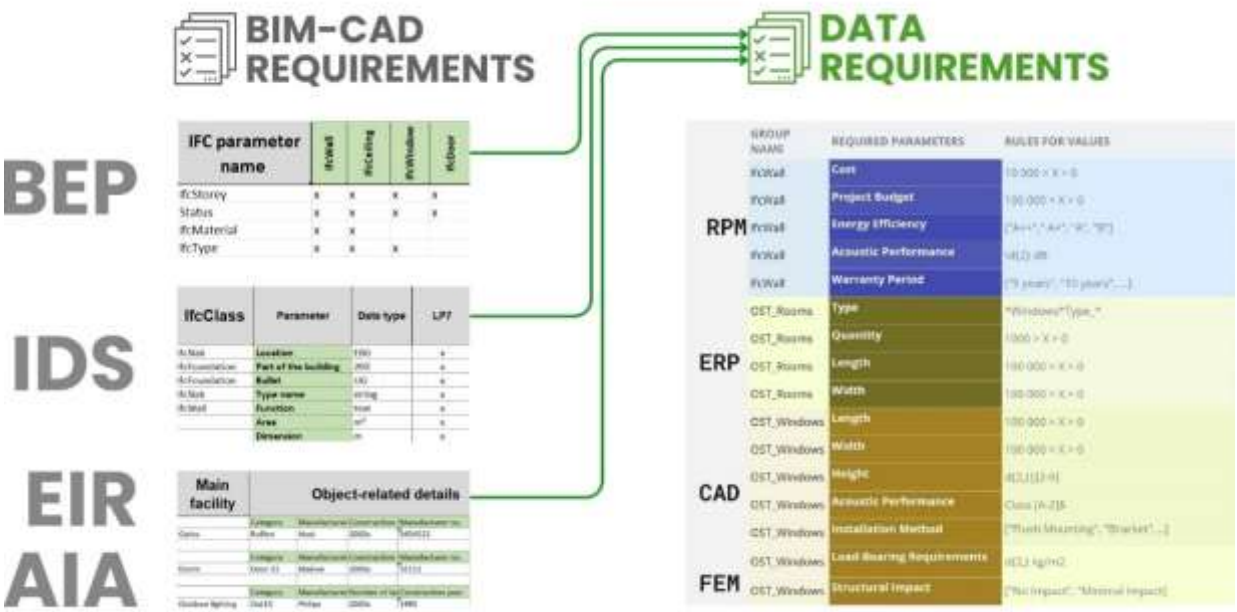
> وبدلاً من تبسيط معالجة البيانات، فإن المفاهيم الجديدة المتعلقة ببيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) تولد في كثير من الأحيان تعقيدات وخلافات إضافية في مرحلة التفسير والتعاريف الأساسية.

أحد أحدث الأمثلة على المفاهيم الجديدة هو تنسيق IDS (تم تقديمه في عام 2020) والذي يسمح بوصف المتطلبات لتكوين سمات نموذج المعلومات في مفهوم BIM المفتوح. تصف متطلبات IDS معلومات حول السمات وقيم حدودها في شكل جدول منظم (Excel أو MySQL)، والتي يتم ترجمتها بعد ذلك إلى ترميز تنسيق XML شبه منظم ، وأعيدت تسميته من XML إلى الاختصار الخاص IDS.

على عكس وجهة النظر التي يروج لها البائعون ويدعمها موقع BIM ونمذجة معلومات البناء المفتوحة ، بأن معالجة البيانات في مجال البناء فريدة من نوعها بسبب استخدام أدوات متخصصة مثل CAD ونمذجة معلومات البناء، فإن تنسيقات البيانات وممارسات إدارة البيانات في هذه الصناعة لا تختلف عن تلك الصناعات الأخرى

يمكن تبسيط عدد المتطلبات الخاصة بالمشاريع وتنسيقات (BIM) CAD باستخدام جدول متطلبات واحد مع أعمدة سمات، مفصلة في فصل "ترجمة المتطلبات إلى شكل منظم"، دون الحاجة إلى ترجمة المتطلبات المنظمة أصلاً إلى تنسيقات غير جدولية (يتم وصف IDS في البداية عبر جدول).

يلغي النهج المبسط (الشكل2-3-6)، الذي يتضمن أعمدة لمعرّفات الكيانات والخصائص والقيم الحدية التي تمت مناقشتها بالتفصيل في الفصول السابقة (الشكل9-4-4 ، الشكل16-4-4 ، الشكل10-3-7)، الحاجة إلى تحويل المتطلبات إلى تنسيق IDS-XML. توفر هذه الطريقة آلية مباشرة وأقل تعقيدًا وأكثر شفافية لمراقبة جودة البيانات. وهي تعتمد على أدوات مستخدمة على نطاق واسع، من التعبيرات العادية (RegEx) إلى أطر البيانات، و Pandas و ETL القياسية -Payplanes - تمامًا مثل تلك التي يستخدمها المتخصصون في قطاعات الاقتصاد الأخرى للعمل مع البيانات.



الشكل2-6-6.3 يتم تبسيط متطلبات البيانات في الصناعات الأخرى إلى وصف منظم للسمات وقيم حدودها.

وبمرور الوقت في صناعة الإنشاءات، وبسبب الطبيعة المغلقة للبيانات، يظهر المزيد والمزيد من الأساليب والتقنيات الجديدة للتحكم في هذه البيانات المتنوعة وإدارتها، على الرغم من أن البيانات في مشاريع الإنشاءات هي نفسها في المجالات الأخرى. وبينما نجحت صناعات أخرى في الاكتفاء بمناهج موحدة لمعالجة البيانات، يواصل قطاع الإنشاءات تطوير صيغ بيانات جديدة وفريدة من نوعها، المتطلبات ومفاهيم التحقق من صحة البيانات.

> يجب ألا تختلف الأساليب والأدوات المستخدمة في جمع البيانات وإعدادها وتحليلها في مجال البناء اختلافاً جوهرياً عن تلك المستخدمة من قبل المتخصصين في قطاعات الاقتصاد الأخرى.

لقد طورت الصناعة منظومة مصطلحات متميزة تتطلب التفكير النقدي وإعادة التقييم:

- يتم وضع تنسيق STEP تحت الاسم الجديد IFC ، مع استكماله بتصنيف البناء، دون مراعاة قيود تنسيق STEP نفسه.
- يتم استخدام التنسيق البارامتري IFC في عمليات توصيل البيانات على الرغم من عدم وجود نواة هندسية

موحدة مطلوبة للتصور والحساب.

- يتم الترويج للدخول إلى قواعد البيانات CAD - الأنظمة تحت مصطلح "BIM "، دون مناقشة ميزات قواعد البيانات هذه والوصول إليها.
- يروّج البائعون لقابلية التشغيل البيني من خلال تنسيقات IFC و بالدولار الأمريكي، وغالبًا ما يكون ذلك دون تطبيقها عمليًا، باستخدام هندسة عكسية مكلفة عانوا هم أنفسهم من أجلها.
- تُستخدم مصطلحات LOD، LOI، LOA، LOG، LOG، BEP، EIR، AIA، AIM، IDS، iLOD، eLOD عالميًا لوصف نفس معلمات الكيان، دون الإشارة إلى أدوات النمذجة والتحقق المستخدمة منذ فترة طويلة في الصناعات الأخرى.

توضح صناعة البناء والتشييد أن كل ما سبق، على الرغم من أنه يبدو غريبًا، إلا أنه ممكن في صناعة البناء والتشييد - خاصة إذا كان الهدف الرئيسي هو تحقيق الدخل من كل مرحلة من مراحل معالجة البيانات من خلال بيع الخدمات والبرامج المتخصصة. ومن وجهة نظر تجارية، لا يوجد خطأ في ذلك. ومع ذلك، ما إذا كانت هذه المختصرات والأساليب المتعلقة بنمذجة معلومات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) تضيف قيمة فعلية وتبسط العمليات المهنية يبقى سؤالاً مفتوحاً.

في صناعة البناء والتشييد، يعمل مثل هذا النظام لأن الصناعة نفسها تحقق معظم أرباحها التخمينية في هذه المتاهة من الأنظمة والمختصرات. الشركات المهتمة بالعمليات الشفافة والبيانات المفتوحة نادرة. ومن المحتمل أن يستمر هذا الوضع المعقد إلى أجل غير مسمى - إلى أن يبدأ العملاء والعملاء والمستثمرون والبنوك والأسهم الخاصة في المطالبة بمقاربات أكثر وضوحاً واستنارة لإدارة المعلومات.

لقد تراكمت في هذه الصناعة عدد مفرط من المختصرات، ولكنها جميعاً تصف نفس العمليات ومتطلبات البيانات بدرجات متفاوتة. وتبقى فائدتها الحقيقية في تبسيط سير العمل موضع شك.

في حين أن المفاهيم والمختصرات التسويقية تأتي وتذهب، فإن عمليات التحقق من صحة متطلبات البيانات نفسها ستظل إلى الأبد جزءًا لا يتجزأ من العمليات التجارية. وبدلاً من إنشاء المزيد والمزيد من التنسيقات واللوائح المتخصصة، يجب على صناعة البناء والتشييد أن تتطلع إلى الأدوات التي أثبتت فعاليتها بالفعل في مجالات أخرى مثل التمويل والصناعة وتكنولوجيا المعلومات.

إن وفرة المصطلحات والمختصرات والتنسيقات تخلق الوهم بوجود عمليات بناء رقمية متقنة للغاية. ومع ذلك، فإن المفاهيم التسويقية والمصطلحات المعقدة غالبًا ما تخفي حقيقة بسيطة ولكنها غير مريحة: تظل البيانات صعبة الوصول إليها، وغير موثقة بشكل جيد ومرتبطة بشكل صارم بحلول برمجية محددة.

وللخروج من هذه الحلقة المفرغة من المختصرات والتنسيقات من أجل التنسيقات، من الضروري النظر إلى أنظمة CAD (BIM) ليس كأدوات سحرية لإدارة المعلومات، بل كما هي في الحقيقة - قواعد بيانات متخصصة. ومن خلال هذا المنظور يمكن للمرء أن يفهم أين ينتهي التسويق ويبدأ العمل الحقيقي مع المعلومات.

الفصل 6.4.

وضع بارامترات التصميم واستخدام معلمات التصميم للتشغيل الآلي

وهم تفرد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM): الطريق إلى التحليلات والتنسيقات المفتوحة

أحدثت المنصات الحديثة للتصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) تحولاً كبيراً في نهج إدارة معلومات التصميم والبناء. فبينما كانت هذه الأدوات تُستخدم في السابق بشكل أساسي لإنشاء الرسومات والنماذج ثلاثية الأبعاد، فإنها تعمل اليوم كمستودعات كاملة لبيانات المشروع. وفي إطار مفهوم المصدر الوحيد للحقيقة، أصبح النموذج البارامترية بشكل متزايد المصدر الرئيسي والوحيد لمعلومات المشروع في كثير من الأحيان، مما يضمن سلامتها وأهميتها طوال دورة حياة المشروع بأكملها.

> يتمثل الاختلاف الرئيسي بين منصات (- BIM) - CAD وأنظمة إدارة بيانات البناء الأخرى في الحاجة إلى أدوات متخصصة وواجهات برمجة التطبيقات للوصول إلى المعلومات (المصدر الوحيد للحقيقة). قواعد البيانات هذه ليست عالمية بالمعنى التقليدي: فبدلاً من أن تكون ذات بنية مفتوحة وتكامل مرن، فهي بيئة مغلقة وموصولة بمنصة وشكل محددين.

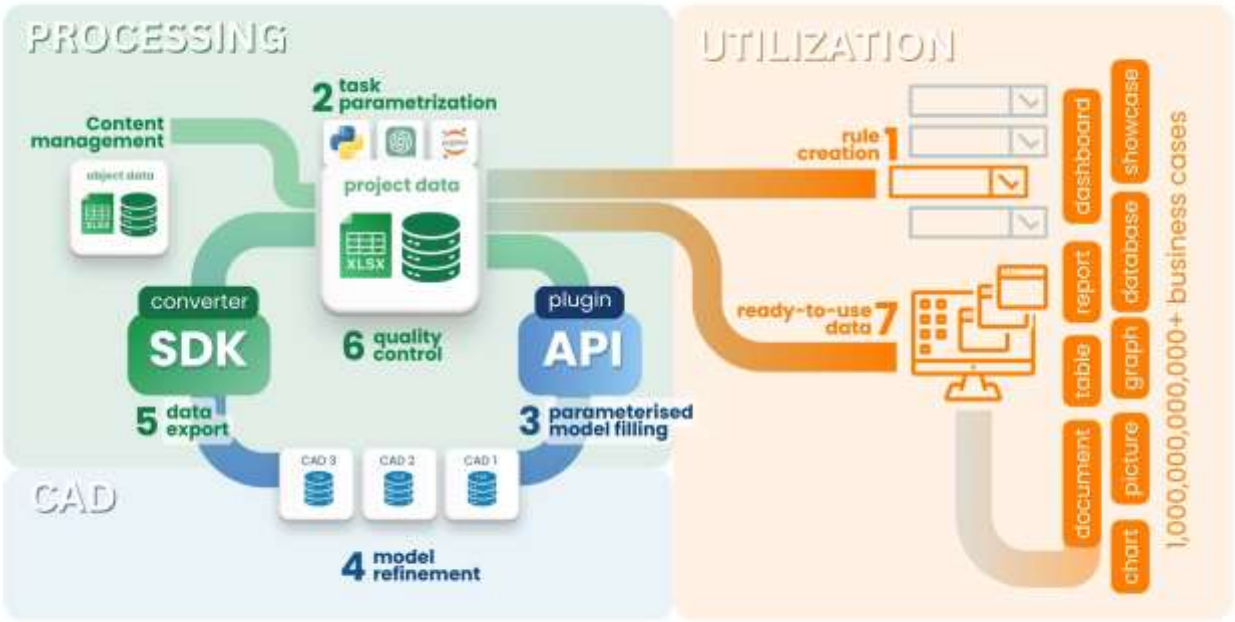
على الرغم من تعقيدات العمل مع CAD -data، هناك سؤال أكثر أهمية يتجاوز الإدراك التقني: ما هي قواعد بيانات (BIM) CAD في الحقيقة؟ للإجابة على هذا السؤال، من الضروري تجاوز المختصرات والمفاهيم المعتادة التي يفرضها مطورو البرمجيات. بدلاً من ذلك، يجدر التركيز على جوهر العمل مع معلومات المشروع: البيانات

ومعالجتها.

> لا تبدأ عملية العمل في البناء ليس بالعمل في أدوات CAD - أو BIM - ولكن بتكوين متطلبات المشروع ونمذجة البيانات. أولاً، يتم تحديد معلمات المهمة: قائمة الكيانات وخصائصها الأولية وقيم الحدود التي يجب أخذها في الاعتبار عند حل مهمة معينة. عندها فقط يتم إنشاء النماذج والعناصر في أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) على أساس المعلمات المحددة

إن العملية التي تسبق إنشاء المعلومات في قواعد بيانات (-BIM) - CAD هي نفسها تمامًا مثل عملية نمذجة البيانات التي تمت مناقشتها بالتفصيل في الجزء الرابع من الكتاب وفصل "نمذجة البيانات: النموذج المفاهيمي والمنطقي والمادي" (الشكل1-4.3).

تمامًا كما في نمذجة البيانات نقوم بإنشاء المتطلبات للبيانات التي نريد معالجتها لاحقًا في قاعدة البيانات، بالنسبة لقواعد بيانات CAD يقوم مديرو قواعد بيانات CAD بإنشاء متطلبات التصميم في شكل عدة أعمدة جدول أو قوائم أزواج المفاتيح-القيم (الشكل1-6.4 ، الخطوات 1-2). وفقط على أساس هذه المعلمات الأولية باستخدام واجهة برمجة التطبيقات تلقائيًا أو يدويًا، يقوم المصمم بإنشاء (أو بالأحرى تنقيح) الكائنات في قواعد بيانات (BIM) -CAD (الخطوات 3-4)، وبعد ذلك يتم فحصها مرة أخرى للتأكد من توافقها مع المتطلبات الأولية (الخطوات 5-6). تتكرر هذه العملية - التعريف→ الإنشاء→ التحقق من→(الخطوات 2-6) - بشكل متكرر حتى تصل جودة البيانات، كما هو الحال في نمذجة البيانات، إلى المستوى المطلوب للنظام المستهدف - المستندات أو الجداول أو لوحات المعلومات (الخطوة 7).



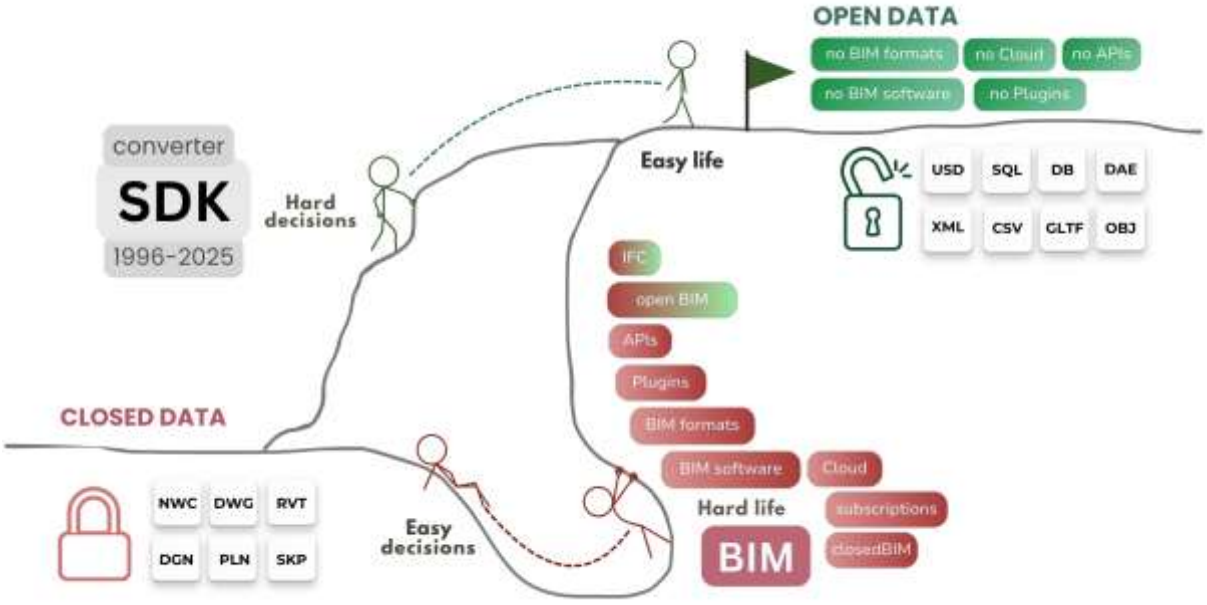
الشكل1-6-4-6 دورة تشبع قواعد البيانات بالمعلومات الخاصة بالعمليات التجارية في تنفيذ مشاريع البناء.

إذا نظرنا إلى (BIM) CAD كآلية لنقل البارامترات في شكل مجموعة من أزواج القيمة الرئيسية - القيمة الرئيسية التي تم إنشاؤها على أساس المتطلبات المحددة خارج بيئة التصميم (الشكل1-4-6 ، الخطوتان 1-2)، فإن تركيز المناقشة يتحول من حلول برمجية محددة وقيودها إلى جوانب أكثر جوهرية - هيكل البيانات ونماذج البيانات ومتطلبات البيانات. من حيث الجوهر، نحن نتحدث عن تشبع المعلمات في قاعدة البيانات وعملية نمذجة البيانات الكلاسيكية (الخطوتان 2-3 و5-6). والفرق الوحيد هو أنه نظرًا للطبيعة المغلقة لقواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب وخصائص التنسيقات المستخدمة، فإن هذه العملية تكون مصحوبة باستخدام أدوات نمذجة البيانات المتخصصة. والسؤال الذي يطرح نفسه هو: ما هو تفرد نمذجة معلومات البناء، إذا لم تكن هناك مناهج مماثلة في الصناعات الأخرى؟

على مدى السنوات العشرين الماضية، تم وضع BIM على أنه أكثر من مجرد مصدر بيانات واحد. وغالباً ما يتم تسويق حزمة CAD - BIM على أنها أداة بارامترية ذات قاعدة بيانات متكاملة بطبيعتها [64]، قادرة على أتمتة

عمليات التصميم والنمذجة وإدارة دورة حياة مشاريع البناء. ومع ذلك، في الواقع، أصبحت نمذجة معلومات البناء في الواقع أداة لإبقاء المستخدمين على منصة البائعين أكثر من كونها طريقة ملائمة لإدارة البيانات والعمليات.

ونتيجة لذلك، تم عزل بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM-) داخل منصاتهم، وإخفاء معلومات المشروع خلف واجهات برمجة التطبيقات الخاصة ونواة الهندسة. وقد أدى ذلك إلى حرمان المستخدمين من القدرة على الوصول بشكل مستقل إلى قواعد البيانات واستخراج البيانات وتحليلها وأتمتتها ونقلها إلى أنظمة أخرى، متجاوزين بذلك النظم البيئية للبائعين.



الشكل6-2-4.6 في مجال البناء، تتطلب التنسيقات الحديثة نواة هندسية متطورة ، وواجهة برمجة تطبيقات يتم تحديثها سنويًا وتراخيص خاصة لبرامج (- BIM)- CAD.

يجب على الشركات التي تعمل مع أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب الحديثة أن تستخدم نفس النهج في العمل مع البيانات الذي يستخدمه جميع بائعي التصميم بمساعدة الحاسوب أنفسهم دون استثناء في الممارسة العملية: تحويل البيانات باستخدام SDK - أدوات الهندسة العكسية ، وهو ما يحاربه بائعو التصميم بمساعدة الحاسوب منذ عام 1995

[75]. من خلال الوصول الكامل إلى قاعدة بيانات CAD وباستخدام أدوات الهندسة العكسية، يمكننا الحصول على [127] مجموعة مسطحة من الكيانات ذات السمات وتصديرها إلى أي تنسيق مفتوح مناسب (الشكل2-6.4)، بما في ذلك كل من الهندسة ومعلمات عناصر التصميم. يغير هذا النهج بشكل أساسي نموذج العمل مع المعلومات - من بنية موجهة نحو الملفات إلى بنية تتمحور حول البيانات:

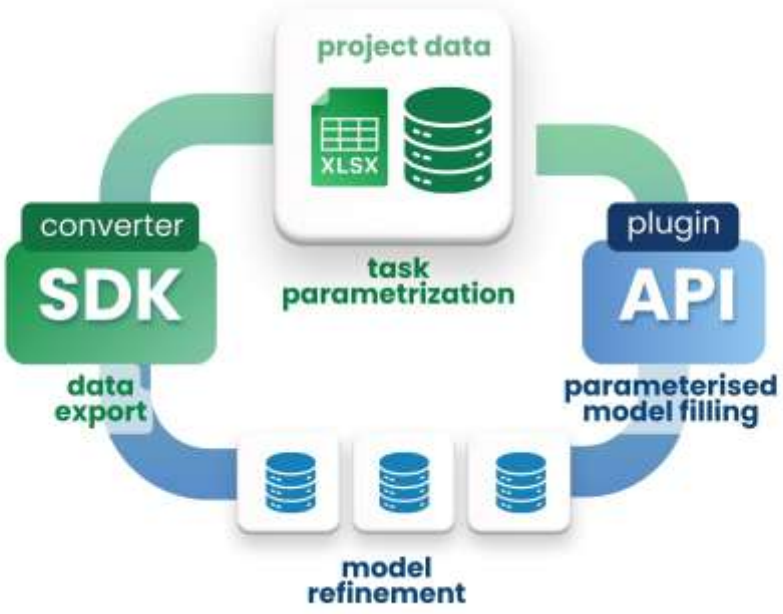
- تحتوي تنسيقات البيانات مثل RVT ، و IFC ، و PLN ، و DB1، و CP2، و CPIXML ، و USD ، و SQLite ، و XLSX ، و PARQUET وغيرها على معلومات متطابقة حول عناصر المشروع نفسه. وهذا يعني أن معرفة تنسيق معين ومخططه يجب ألا يكون عائقًا أمام العمل مع البيانات نفسها.
- يمكن دمج البيانات من أي تنسيق في هيكل واحد مفتوح ومنظم ومحبب (الشكل10-9.1) يحتوي على هندسة مثلثات MESH وخصائص جميع كيانات الكائنات، دون قيود النواة الهندسية.
- تسعى تحليلات البيانات إلى تحقيق العالمية: باستخدام البيانات المفتوحة، يمكنك العمل مع بيانات المشروع بغض النظر عن التنسيق المستخدم.
- التقليل من الاعتماد على واجهات برمجة التطبيقات والمكونات الإضافية للبائعين: لم يعد العمل مع البيانات يعتمد على مهارات واجهة برمجة التطبيقات.

عندما و CAD - يتم تحويل متطلبات البيانات إلى تنسيقات تمثيل منظمة سهلة التحليل - لم يعد المطورون يعتمدون على مخططات بيانات محددة وأنظمة بيئية مغلقة.

التصميم من خلال المعلمات: مستقبل التصميم بمساعدة الحاسوب ونمذجة معلومات المباني

لم يبدأ أي مشروع إنشائي في العالم في برنامج CAD. قبل أن يتبلور الرسم أو النموذج في التصميم بمساعدة

الحاسوب، يمر بمرحلة التصور (الشكل1-6.4 ، المرحلتان 1-2)، حيث يتم التركيز على المعايير التي تحدد الفكرة الأساسية والمنطق للكائن المستقبلي. تتوافق هذه المرحلة مع المستوى المفاهيمي في نمذجة البيانات (الشكل 4.3-6). قد تكون المعلمات موجودة في ذهن المصمم فقط، ولكن من الناحية المثالية يتم ترتيبها في شكل قوائم منظمة أو جداول أو مخزنة في قواعد البيانات (الشكل3-6.4)، مما يسمح بالشفافية وقابلية التكرار والمزيد من الأتمتة لعملية التصميم.



الشكل3-6.4 عملية التصميم هي عملية تكرارية لملء قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب بمعلومات من الخارج باستخدام المتطلبات في سلسلة القيمة.

قبل البدء في نمذجة التصميم بمساعدة الحاسوب نفسها (المرحلة المنطقية والمادية لنمذجة البيانات (الشكل 4.3-7)، من المهم تحديد سمات الحدود التي تشكل أساس المشروع. يتم جمع هذه السمات، كما هو الحال مع المتطلبات الأخرى، من نهاية سلسلة استخدام البيانات (مثل الأنظمة)، ومن خلالها يتم بالفعل تحديد القيود والأهداف والخصائص الرئيسية للأشياء المستقبلية في المشروع.

يمكن أتمتة النمذجة نفسها بنسبة 60-100% بمساعدة أدوات النمذجة البارامترية (الشكل3-6.4)، إذا كانت

المتطلبات محددة بشكل جيد. بمجرد أن يتم وصف المشروع في شكل معلمات، يصبح تشكيله ممكنًا من الناحية التقنية، على سبيل المثال، بمساعدة لغات البرمجة المرئية مثل Grasshopper Dynamo، المضمنة في CAD - البيئات الحديثة أو الحلول المجانية في Blender و UE و Omniverse.

الشكل6-4-4-6 يتم بالفعل إنشاء غالبية المشاريع النمطية بشكل آلي بالكامل اليوم بفضل أدوات البرمجة البارامترية.

واليوم بالفعل، لا يتم إنشاء المشاريع الصناعية والنموذجية الكبيرة بأيدي قسم التصميم، ولكن من خلال الأدوات البارامترية والبرمجة المرئية. وهذا يجعل من الممكن بناء نموذج قائم على البيانات وليس على القرارات الذاتية لمصمم أو مدير معين.

> **المحتوى يسبق التصميم. التصميم بدون محتوى ليس تصميمًا بل زخرفة [128].**
>
> **- جيفري زيلدمان، مصمم مواقع إلكترونية ورائد أعمال**

لا تبدأ العملية بالرسم أو بالنمذجة ثلاثية الأبعاد - النمذجة، ولكن بتكوين المتطلبات. إن المتطلبات هي التي تحدد العناصر التي سيتم استخدامها في المشروع، وما هي البيانات التي يجب نقلها إلى الأقسام والأنظمة الأخرى. إن

وجود متطلبات منظمة فقط هو الذي يجعل من الممكن التحقق من النماذج تلقائيًا بشكل منتظم (على سبيل المثال، حتى كل 10 دقائق دون تشتيت انتباه المصمم عن عمله).

> ربما في المستقبل سيصبح نظام (BIM-) CAD- مجرد واجهة لملء قاعدة البيانات، ولن يهم في أي أداة CAD بها النمذجة (المستوى المادي).

وبالمثل، في الهندسة الميكانيكية، غالباً ما يتم استخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد، ولكنها ليست عنصراً ضرورياً أو إلزامياً في المشروع. في معظم الحالات، تكون الوثائق الكلاسيكية ثنائية الأبعاد كافية ويتم إنشاء نموذج المعلومات الضرورية على أساسها. يتم تجميع هذا النموذج من مكونات منظمة وفقًا لمعايير الصناعة ويحتوي على جميع المعلومات اللازمة لفهم التصميم وتنظيم الإنتاج. يتم بعد ذلك استخدام نموذج معلومات المصنع لإنشاء نموذج معلومات المصنع، والذي يضاف إليه منتجات محددة ومخططات انسيابية موجهة بالفعل لاحتياجات التقنيين. يمكن تنظيم العملية برمتها دون تعقيدات غير ضرورية، ودون تحميل النظام برسومات ثلاثية الأبعاد حيث لا توفر مزايا حقيقية.

> من المهم أن نفهم أن النموذج ثلاثي الأبعاد نفسه ونظام CAD - لا ينبغي أن يلعب الدور الرئيسي - فهو مجرد أداة للتحليل الكمي والهندسي. وينبغي تخزين جميع المعلمات الأخرى، باستثناء الهندسة، التي تصف الكيان، ومعالجتها خارج بيئة التصميم بمساعدة الحاسوب إن أمكن (BIM).

التصميم من خلال المعلمات ليس مجرد اتجاه، بل هو المستقبل الحتمي لصناعة البناء والتشييد. فبدلاً من إنشاء نماذج معقدة ثلاثية الأبعاد يدوياً، سيعمل المصممون على استخدام البيانات والتحقق من صحتها وأتمتة العمليات، مما يجعل البناء أقرب إلى عالم البرمجة. ومع مرور الوقت، سيتم بناء عمليات التصميم على مبادئ تطوير البرمجيات:

- إنشاء المتطلبات → إنشاء نموذج إنشاء نموذج→ التحميل إلى الخادم→ التحقق من صحة التغييرات→ طلب السحب
- تقوم طلبات السحب تلقائيًا بتشغيل عمليات التحقق من النموذج تلقائيًا مقابل المتطلبات التي تم إنشاؤها قبل أو أثناء التصميم كجزء من طلب السحب
- بعد التحقق من جودة البيانات والموافقة عليها، يتم تنفيذ التغييرات في المشروع أو قاعدة البيانات المشتركة أو نقلها تلقائيًا إلى أنظمة أخرى

والآن في الهندسة الميكانيكية، تبدأ مثل هذه التغييرات في التصميم بإنشاء إشعار تغيير. وهناك مخطط مماثل ينتظر صناعة البناء والتشييد: سيكون التصميم عملية تكرارية حيث يتم دعم كل خطوة بمتطلبات بارامترية. سيسمح مثل هذا النظام للمصممين بإنشاء فحوصات آلية وطلب سحب آلي لمتطلبات محددة.

> مصمم المستقبل هو أولاً وقبل كل شيء مشغل بيانات، وليس مصمم نماذج يدوية. وتتمثل مهمته في ملء المشروع بكيانات بارامترية، حيث تكون الهندسة إحدى السمات فقط.

إن فهم أهمية نمذجة البيانات وتصنيفها والتوحيد القياسي، والتي تمت مناقشتها بالتفصيل في الفصول السابقة من الكتاب، هو الذي سيلعب دوراً مهماً في التحول. سيتم إضفاء الطابع الرسمي على لوائح التصميم في المستقبل كأزواج معلمات مفتاح-قيمة في شكل XLSX أو XML -schemas.

يتمحور مستقبل صناعة البناء والتشييد حول جمع البيانات وتحليلها والتحقق من صحتها وأتمتة العمليات باستخدام أدوات التحليل. BIM (أو CAD) ليس الهدف النهائي، ولكنه مجرد مرحلة من مراحل التطور. عندما يدرك المحترفون أن بإمكانهم العمل مباشرةً مع البيانات، متجاوزين أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب التقليدية، فإن مصطلح "نمذجة معلومات البناء" نفسه سيفسح المجال تدريجياً لمفاهيم استخدام بيانات مشاريع البناء المنظمة والمفصلة.

وكان أحد العوامل الرئيسية التي سرّعت عملية التحول ظهور النماذج اللغوية الكبيرة (LLM) والأدوات القائمة عليها. تعمل هذه التقنيات على تغيير الطريقة التي يتم بها التعامل مع بيانات التصميم، مما يتيح الوصول إلى المعلومات دون الحاجة إلى معرفة متعمقة بواجهات برمجة التطبيقات أو حلول البائعين. مع LLMs، تصبح عملية إنشاء المتطلبات والتفاعل مع بيانات CAD بديهية وسهلة المنال.

ظهور LLM في تصميم CAD عمليات معالجة البيانات

وبالإضافة إلى تطوير أدوات الوصول إلى قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب وأدوات الوصول إلى قاعدة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) وتنسيقات CAD المفتوحة والمبسطة ، فإن ظهور أدوات LLM (نماذج اللغة الكبيرة) أحدث ثورة في معالجة بيانات التصميم. فبينما كان الوصول إلى المعلومات في الماضي يتم بشكل أساسي عبر واجهات معقدة ويتطلب مهارات برمجة ومعرفة بواجهات برمجة ، أصبح من الممكن الآن التفاعل مع البيانات باستخدام اللغة الطبيعية.

يمكن للمهندسين والمديرين والمخططين الذين ليس لديهم خلفية تقنية الحصول على المعلومات اللازمة من بيانات المشروع من خلال صياغة الاستفسارات بلغة عادية. وبشرط أن تكون البيانات منظمة ويمكن الوصول إليها (الشكل 4.1-13)، يكفي طرح سؤال في غرفة المحادثة LLM مثل: "اعرض في جدول مع تجميع حسب النوع جميع الجدران

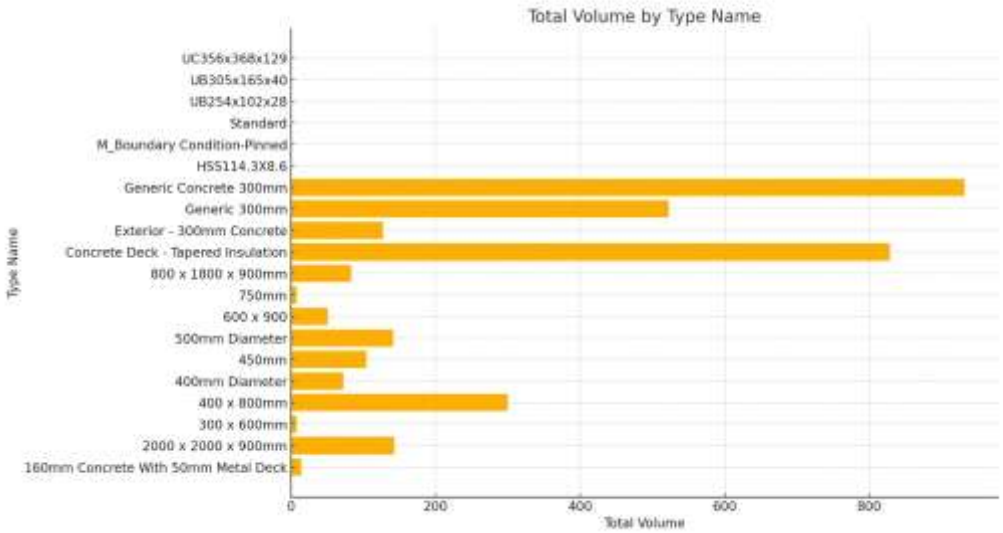
التي يزيد حجمها عن 10 أمتار مكعبة" - وسيقوم النموذج تلقائيًا بتحويل هذا الاستعلام إلى SQL أو رمز في Pandas ، مما يولد جدولًا موجزًا أو رسمًا بيانيًا أو حتى مستندًا نهائيًا.

فيما يلي بعض الأمثلة الواقعية لكيفية تفاعل نماذج LLM - النماذج مع بيانات التصميم الممثلة في تنسيقات (BIM-) CAD- المختلفة.

- مثال على استعلام في LLM دردشة إلى مشروع CAD بصيغة RVT بعد التحويل (الشكل13-4.1) إلى إطار بيانات مجدول (QWEN ، Claude ، Grok ، DeepSeek Mistral ، LlaMa ،CHATGP أو أي صيغة أخرى):

> تجميع البيانات في Dataframe التي تم الحصول عليها من ملف RVT حسب "اسم النوع" عند جمع معلمة "الحجم" وإظهار عدد العناصر في المجموعة. ويرجى إظهار كل ذلك على شكل مدرج تكراري أفقي بدون قيم صفرية.

استجابة LLM كرسم بياني شريطي أفقي (بتنسيق PNG):



الشكل5-4-6.4 بدلاً من 17 نقرة بالماوس أو 40 سطرًا من التعليمات البرمجية من خلال استخدام المكونات الإضافية، في LLM نسترجع جدول QTO على الفور من خلال استعلام نصي.

لإنشاء جدول QTO لأنواع الجدران مع المساحة الإجمالية والكمية من فئة "الجدران"، دعنا نصيغ استعلامًا نصيًا لـ LLM -chat:

> خذ فقط تلك العناصر من إطار بيانات المشروع التي تحتوي على "OST_Walls" في معلمة "الفئة"، وقم بتجميعها حسب "اسم النوع"، وجمع قيمة عمود "المساحة"، وإضافة الكمية وعرضها في الجدول عن طريق إزالة القيم الفارغة.

استجابة LLM في شكل جدول QTO مكتمل:

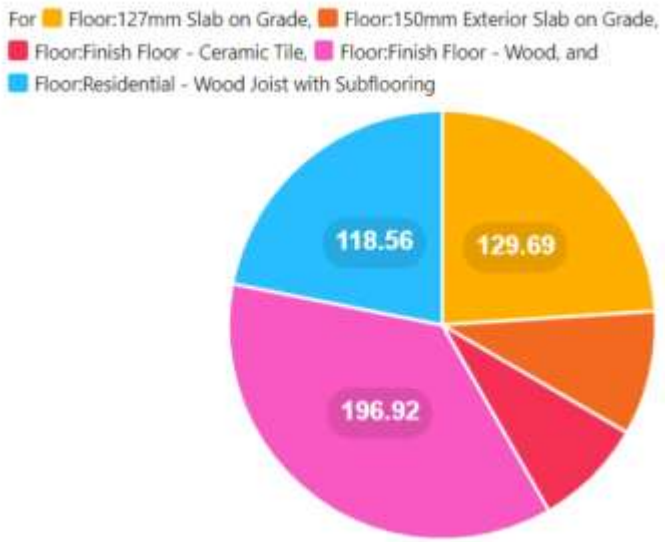
Type Name	Total Area	Count
CL_W1	393.12 sq m	10
Cavity wall_sliders	9.37 sq m	1
Foundation - 300mm Concrete	30.90 sq m	1
Interior - 165 Partition (1-hr)	17.25 sq m	3
Interior - Partition	186.54 sq m	14
Retaining - 300mm Concrete	195.79 sq m	10
SH_Curtain wall	159.42 sq m	9
SIP 202mm Wall - conc clad	114.76 sq m	4
Wall - Timber Clad	162.91 sq m	8

الشكل6-6.4 يوفر إنشاء جدول بلغة طبيعية نفس نتيجة الجودة عند استخدام أدوات (BIM-) - CAD.

دعنا نستعلم عن المشروع بتنسيق IFC بعد التحويل إلى إطار بيانات مجدول وإدخال استعلام نصي مماثل في أي محادثة LLM:

> خذ فقط تلك العناصر من المشروع التي تحتوي على قيم المستوى 1 والمستوى 2 في معلمة "الأصل"، وخذ العناصر التي تحتوي على قيم IfcSlab في معلمة "الفئة"، ثم قم بتجميع هذه العناصر حسب معلمة "نوع الكائن"، واجمع القيم في معلمة "PSet_RVT _Dimensions Area"، وأظهرها كمخطط دائري.

استجابة LLM كمخطط دائري مكتمل لمجموعات العناصر من بيانات IFC:



الشكل7-6.4 يمكن أن تكون نتيجة الاستعلام عن بيانات IFC بتنسيق منظم أي نوع من الرسوم البيانية الملائمة لفهم البيانات.

يوجد خلف كل من الحلول الجاهزة الناتجة (الشكل5-6.4 - الشكل7-6.4) عشرات الأسطر من كود بايثون باستخدام مكتبة بانداس. يمكن نسخ الشيفرة الناتجة من غرفة دردشة LLM واستخدامها في أي IDE محلي أو عبر الإنترنت للحصول على نتائج متطابقة خارج غرفة دردشة LLM.

في نفس دردشة LLM يمكننا العمل ليس فقط مع المشاريع التي تم الحصول عليها من تنسيقات CAD (BIM) ثلاثية الأبعاد ، ولكن أيضًا مع الرسومات المسطحة بتنسيق DWG ، والتي يمكننا الاستعلام عنها في دردشة LLM لعرض، على سبيل المثال، بيانات عن مجموعات العناصر في شكل خطوط أو أشكال هندسية ثلاثية الأبعاد بعد تحويلها إلى شكل منظم.

التحليل الآلي لملفات DWG - ملفات مع LLM و Pandas

لطالما كانت عملية معالجة البيانات من ملفات DWG - الملفات بسبب الطبيعة غير المنظمة للمعلومات - مهمة معقدة، تتطلب برامج متخصصة وتحليل يدوي في كثير من الأحيان. ومع ذلك، مع تطوير أدوات الذكاء الاصطناعي وأدوات LLM ، أصبح من الممكن أتمتة العديد من الخطوات، هذه، اليوم، عملية يدوية في الغالب. دعونا ننظر في خط أنابيب حقيقي من الطلبات إلى LLM (في هذا المثال ChatGPT) للعمل مع رسومات DWG، والتي تتيح لك العمل مع المشروع:

- تصفية بيانات DWG حسب الطبقة والمعرف والإحداثيات
- تصور هندسة العناصر
- وضع تعليقات توضيحية على الرسومات تلقائيًا بناءً على المعلمات
- توسيع الخطوط المتعددة الجدران إلى المستوى الأفقي
- إنشاء تفاعلي ثلاثي الأبعاد - تصورات تفاعلية للبيانات المستوية
- هيكلة بيانات البناء وتحليلها بدون أدوات CAD المعقدة

في حالتنا هذه، تبدأ عملية بناء خط الأنابيب بتوليد التعليمات البرمجية المتسلسلة عبر LLM. أولاً، يتم إنشاء استعلام يصف المهمة. يقوم ChatGPT بتوليد كود Python -code، والذي يتم تنفيذه وتحليله، وتظهر النتيجة داخل غرفة الدردشة. إذا لم تكن النتيجة كما هو متوقع، يتم تصحيح الطلب وتكرار العملية

Pipeline هي سلسلة من الخطوات الآلية التي يتم تنفيذها لمعالجة البيانات وتحليلها. في مثل هذه العملية، تأخذ كل خطوة البيانات كمدخلات، وتقوم بإجراء تحويلات وتمرر النتيجة إلى الخطوة التالية.

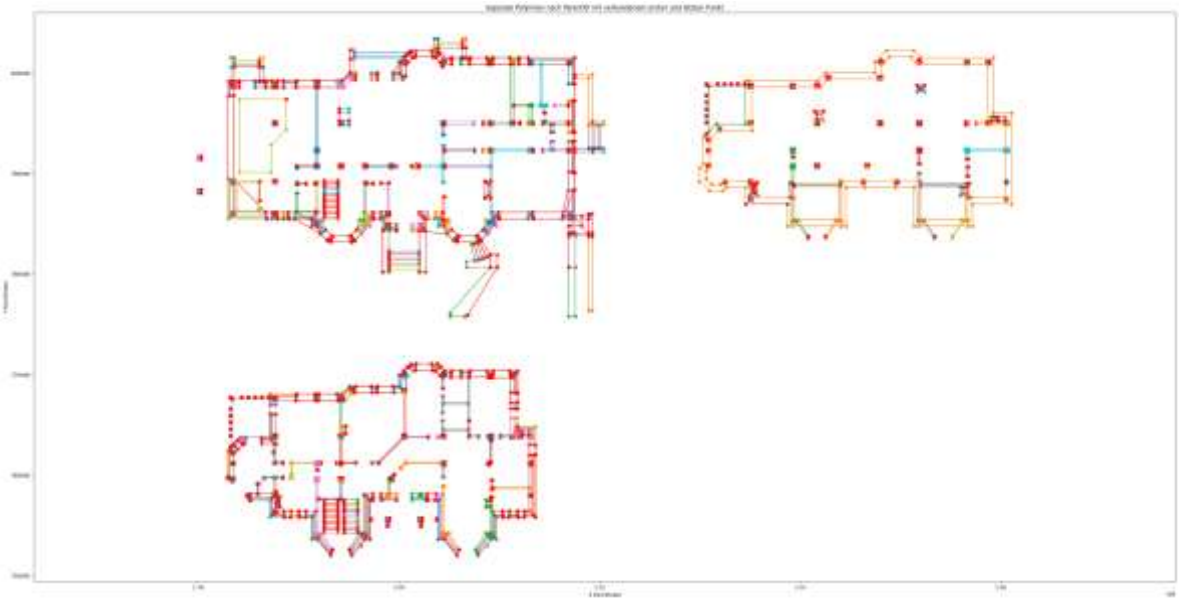
بعد الحصول على النتيجة المرغوبة، يتم نسخ الكود من LLM ولصقه في الكود على شكل كتل في أي من IDEs الملائمة، في حالتنا على منصة Kaggle.com. يتم دمج أجزاء التعليمات البرمجية الناتجة في خط أنابيب واحد ، والذي يعمل على أتمتة العملية بأكملها - من تحميل البيانات إلى تحليلها النهائي. يسمح هذا النهج بالتطوير السريع وتوسيع نطاق العمليات التحليلية دون خبرة عميقة في البرمجة. يمكن العثور على الرمز الكامل لجميع الأجزاء أدناه، إلى جانب نماذج من الاستعلامات، على منصة Kaggle.com من خلال البحث عن "DWG Analyse مع ChatGPT |DataDrivenConstruction" [129].

دعونا نبدأ عملية العمل مع بيانات DWG، بعد التحويل إلى شكل منظم (الشكل13-4.1) ، بخطوة كلاسيكية - تجميع وتصفية جميع بيانات الرسم، اللازمة لمهمتنا عناصر الجدار، وتحديداً الخطوط المتعددة الخطوط (تسمح المعلمة "ParentID" بتجميع الخطوط في مجموعات)، والتي تحتوي في المعلمة (عمود إطار البيانات) "طبقة" على قيمة سلسلة تحتوي على مجموعة الأحرف التالية (RegEx) - "جدار".

- للحصول على رمز لمهمة مماثلة والنتيجة على شكل صورة يجب عليك كتابة الاستعلام التالي في LLM:

أولاً، تحقق مما إذا كان إطار البيانات الذي تم الحصول عليه من DWG يحتوي على الأعمدة المحددة: "طبقة" و"معرّف" و"معرّف الأصل" و"نقطة". ثم قم بتصفية المعرفات من عمود "الطبقة" التي تحتوي على السلسلة "جدار". ابحث عن العناصر الموجودة في عمود "معرّف الأصل" التي تطابق هذه المعرّفات. حدِّد دالة لتنظيف وتقسيم البيانات في عمود "النقطة". يتضمن ذلك إزالة الأقواس وتقسيم القيم إلى إحداثيات "س" و"ص" و"ض". ارسم البيانات باستخدام matplotlib. لكل "معرّف أصل" فريد، ارسم خطًا مضلعًا منفصلًا يربط إحداثيات "النقطة". تأكد من توصيل النقطتين الأولى والأخيرة إن أمكن. قم بتعيين التسميات والعناوين المناسبة، مع التأكد من أن المحورين x و y متساويين في القياس.

ستعطيك الإجابة LLM صورة جاهزة تخفي وراءها كود بايثون الذي أنشأها:



الشكلL 6.4-8 **جميع خطوط طبقة "الجدار"** من ملف DWG ، ومسح إحداثياتها، وأنشأ الخطوط المتعددة باستخدام إحدى مكتبات بايثون.

الآن دعنا نضيف إلى الخطوط معلمة المساحة التي يمتلكها كل خط متعدد الخطوط في خصائصه (في أحد أعمدة إطار البيانات):

احصل الآن على "معرّف أصلي" واحد فقط من كل خط متعدد الخطوط - ابحث عن هذا المعرّف في عمود "المعرّف"، وخذ قيمة "المساحة"، واقسم على 1,000,000 وأضف هذه القيمة إلى الرسم البياني

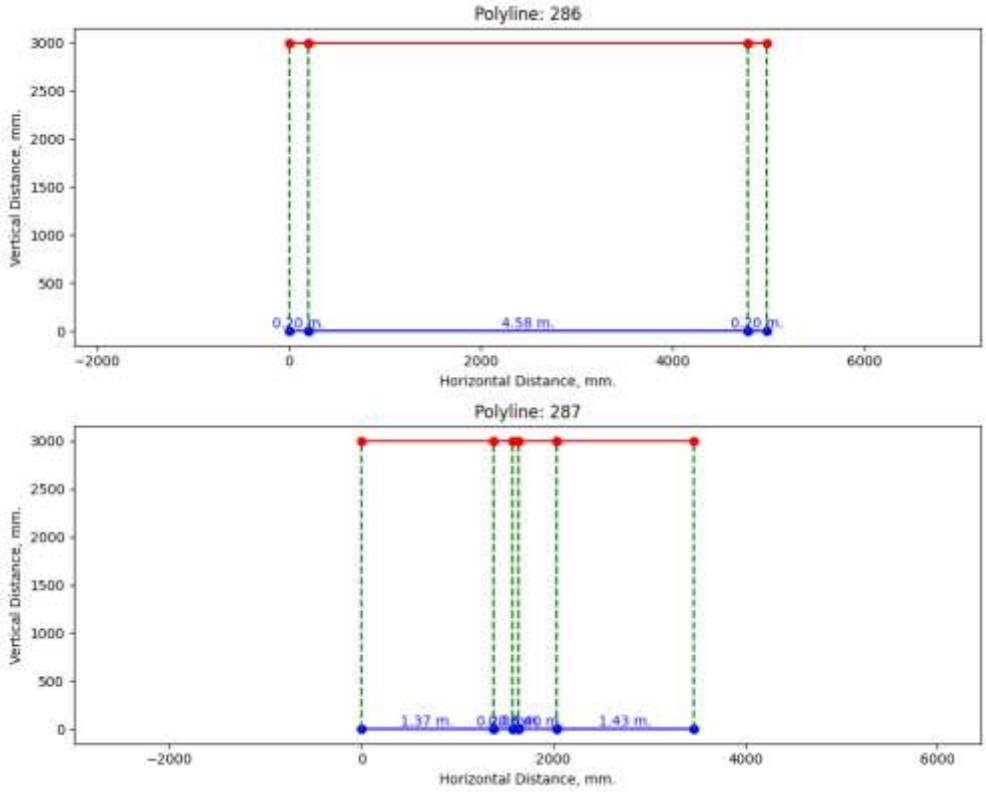
- ستُظهر استجابة LLM رسمًا بيانيًا جديدًا حيث سيكون لكل خط متعدد الخطوط تعليقًا بمساحته:

الشكل9-6.4 أضافت LLM كودًا يأخذ قيم المساحة لكل خط متعدد الخطوط ويضيفها إلى الصورة مع تصور الخط.

- ثم سنحول كل خط متعدد الخطوط إلى خط أفقي، ونضيف خطًا موازيًا على ارتفاع 3000 مم ونربطها في مستوى واحد لنظهر بهذه الطريقة تخطيط أسطح عناصر الجدار:

تحتاج إلى أخذ جميع العناصر من عمود "الطبقة" بقيمة "الجدار". خذ هذه المعرّفات كقائمة من عمود "المعرّف" وابحث عن هذه المعرّفات من إطار البيانات بأكمله في عمود "معرّف الأصل". جميع العناصر عبارة عن خطوط مدمجة في خط واحد متعدد الخطوط. كل خط له هندسة س، ص مختلفة للنقطة الأولى في عمود "النقطة". يجب أن تأخذ كل خط متعدد الخطوط بالتناوب ومن النقطة 0,0 ارسم طول كل قطعة من الخط المتعدد أفقياً طول كل قطعة من الخط المتعدد في خط واحد. ثم ارسم نفس الخطوط بالضبط نفس الخطوط فقط 3000 أعلى، وارسم جميع النقاط في مستوى واحد.

ستُخرج استجابة LLM كودًا يسمح لك برسم رسومات الحائط في المستوى:

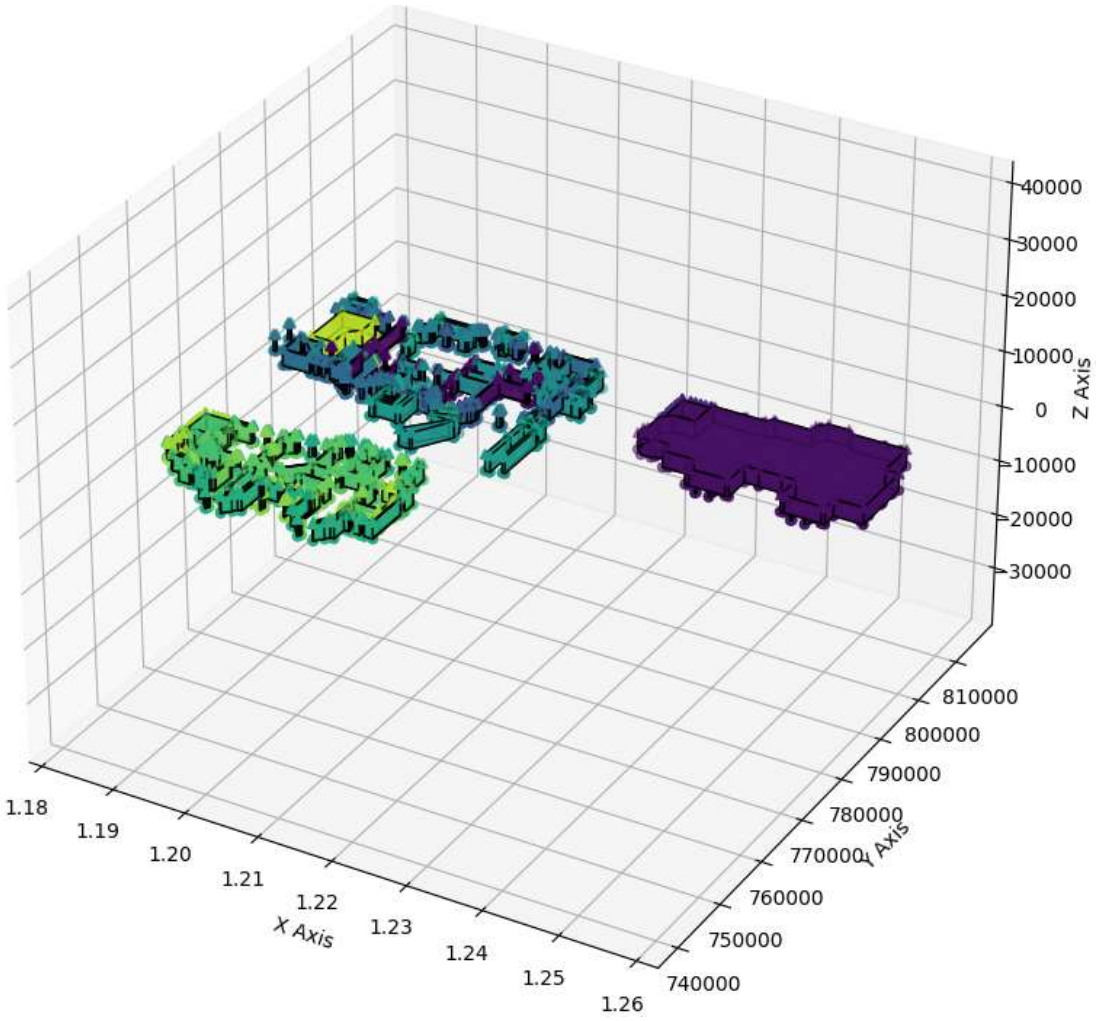


الشكل10-6.4 نقوم بتحويل كل خط متعدد الخطوط باستخدام المطالبات إلى تخطيط يصور مستويات الجدران مباشرةً في دردشة LLM.

- الآن دعنا ننتقل من الإسقاط ثنائي الأبعاد إلى ثلاثي الأبعاد - نمذجة الجدران من الخطوط المسطحة عن طريق ربط الطبقات العلوية والسفلية من الخطوط المتعددة:

> تصور عناصر الجدران في ثلاثي الأبعاد ، وربط الخطوط المتعددة عند الارتفاعات z = 0 و z = 3000 مم. لإنشاء هندسة مغلقة تمثل جدران المبنى. استخدم أداة الرسوم البيانية Matplotlib ثلاثية الأبعاد.

- سيقوم LLM بتوليد نموذج تفاعلي ثلاثي الأبعاد -رسم بياني تفاعلي يتم فيه تمثيل كل خط متعدد الخطوط كمجموعة من المستويات. سيتمكن المستخدم من التنقل بحرية بين العناصر باستخدام فأرة الكمبيوتر، واستكشاف النموذج في الوضع ثلاثي الأبعاد عن طريق نسخ الرمز من الدردشة إلى IDE:



التينLLM 11-6.4 ساعد في بناء كود [129] لتصور خطوط الرسم المسطحة في عرض ثلاثي الأبعاد يمكن استكشافه في العارض ثلاثي الأبعاد داخل IDE.

لبناء خط أنابيب منطقي وقابل للتكرار - من التحويل الأولي وتحميل ملف DWG إلى النتيجة النهائية - يوصى بنسخ كتلة التعليمات البرمجية LLM التي تم إنشاؤها إلى IDE بعد كل خطوة. وبهذه الطريقة، لا يمكنك التحقق من النتيجة في الدردشة فحسب، بل يمكنك أيضًا تشغيلها في بيئة التطوير الخاصة بك على الفور. يتيح لك ذلك بناء العملية

بالتتابع، وتصحيحها وتكييفها حسب الحاجة.

يمكنك العثور على كود خط الأنابيب الكامل لجميع الأجزاء (الأشكال6.4-8 إلى الأشكال6.4-11) إلى جانب نماذج استعلامات على منصة Kaggle.com من خلال البحث عن "DWG Analyse مع ChatGPT | DataDrivenConstruction" [129]. على Kaggle لا يمكنك عرض الكود والمطالبات المستخدمة فحسب، بل يمكنك أيضًا نسخ واختبار خط الأنابيب بالكامل مع إطارات بيانات DWG الأصلية في السحابة مجانًا دون الحاجة إلى تثبيت أي برامج إضافية أو IDE نفسه.

يتيح لك النهج المعروض في هذا الفصل أتمتة فحص ومعالجة وتوليد المستندات القائمة على مشاريع DWG بشكل كامل. يعد خط الأنابيب المطور مناسبًا لمعالجة الرسومات الفردية وللمعالجة المجمعة لعشرات ومئات وآلاف ملفات DWG مع الإنشاء التلقائي للتقارير والتصورات اللازمة لكل مشروع.

يمكن تنظيم العملية بطريقة متسلسلة وشفافة: أولاً يتم تحويل البيانات من ملف CAD تلقائيًا إلى تنسيق XLSX ، ثم يتم تحميلها في إطار البيانات، يلي ذلك التجميع والتحقق وتوليد النتائج - كل هذا يتم تنفيذه في دفتر ملاحظات واحد من Jupyter أو Python -script، في أي IDE شائع. إذا لزم الأمر، يمكن توسيع العملية بسهولة من خلال التكامل مع أنظمة إدارة وثائق المشروع: يمكن استرداد ملفات CAD تلقائيًا وفقًا لمعايير محددة، ويمكن إعادة النتائج إلى نظام التخزين ويمكن إخطار المستخدمين عندما تكون النتائج جاهزة - عبر البريد الإلكتروني أو برامج المراسلة.

> يقلل استخدام دردشات ووكلاء LLM للعمل مع بيانات التصميم من الاعتماد على برامج CAD المتخصصة ويتيح لك إجراء تحليل وتصور للتصميمات المعمارية دون الحاجة إلى التفاعل اليدوي مع الواجهة - دون الحاجة إلى نقرات بالماوس وتذكر التنقل المعقد في القائمة.

مع مرور كل يوم، ستسمع صناعة البناء والتشييد أكثر فأكثر عن LLM ، والبيانات المنظمة الحبيبية وإطارات البيانات وقواعد البيانات العمودية. ستكون أطر البيانات الموحدة ثنائية الأبعاد DataFrames المكوّنة من قواعد بيانات وتنسيقات CAD المختلفة ، الوقود المثالي للأدوات التحليلية الحديثة التي يتعامل معها المتخصصون في

الصناعات الأخرى بنشاط.

سيتم تبسيط عملية الأتمتة نفسها بشكل كبير - بدلاً من دراسة واجهة برمجة التطبيقات للمنتجات المتخصصة المغلقة وكتابة البرامج النصية المعقدة لتحليل أو تحويل المعلمات، الآن سيكون كافياً صياغة مهمة في شكل مجموعة من الأوامر النصية الفردية، والتي سيتم طيها في خط الأنابيب المطلوب أو عملية سير العمل للغة البرمجة المطلوبة، والتي تعمل مجاناً على أي جهاز تقريباً. لا مزيد من الانتظار للمنتجات أو التنسيقات أو المكونات الإضافية أو التحديثات الجديدة من بائعي أدوات (BIM-) CAD-. سيتمكن المهندسون والبناؤون من العمل بشكل مستقل مع البيانات باستخدام أدوات بسيطة ومجانية وسهلة الفهم، بمساعدة من LLM الدردشات والوكلاء.

الخطوات التالية: الانتقال من التنسيقات المغلقة إلى البيانات المفتوحة

عند العمل مع بيانات التصميم في المستقبل، من غير المحتمل أن يحتاج أي شخص حقًا إلى فهم النواة الهندسية للأدوات المملوكة أو تعلم مئات التنسيقات غير المتوافقة التي تحتوي على نفس المعلومات. ومع ذلك، من دون فهم سبب أهمية الانتقال إلى البيانات المنظمة المفتوحة، من الصعب الدفاع عن استخدام أدوات مجانية جديدة وبيانات مفتوحة ومناهج من غير المرجح أن يروج لها بائعو البرمجيات.

ناقشنا في هذا الفصل الملامح الرئيسية لبيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)، والقيود والفرص التي تواجهها هذه الأنظمة، وأنه على الرغم من الوعود التسويقية التي يقدمها البائعون، يواجه المهندسون والمصممون صعوبات في استخراج ونقل وتحليل معلومات التصميم كل يوم. يمكن لفهم بنية هذه الأنظمة والتعرف على الأساليب البديلة - القائمة على التنسيقات المفتوحة والأتمتة من خلال LLM - أن يجعل الحياة أسهل بكثير حتى

بالنسبة لمهني واحد، ناهيك عن الشركات. لتلخيص هذا الجزء، يجدر بنا أن نسلط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق الأساليب التي تمت مناقشتها في هذا القسم على مهامك اليومية:

- وسّع مجموعة أدواتك للعمل مع بيانات المشروع
  - اكتشف المكونات الإضافية والأدوات المساعدة المتاحة لاستخراج البيانات من أنظمة CAD - (BIM-) التي تستخدمها
  - استكشف حزم SDKs وواجهات برمجة التطبيقات المتاحة التي تتيح لك أتمتة استخراج البيانات من التنسيقات المغلقة دون الحاجة إلى فتح برنامج متخصص يدويًا
  - إتقان المهارات الأساسية في العمل مع تنسيقات الهندسة غير البارامترية المفتوحة (OBJ، وglTF، وUSD، وDAE) والمكتبات مفتوحة المصدر المقابلة لها
  - محاولة التفكير في نظام لتخزين البيانات الوصفية للمشروع منفصلة عن البيانات الوصفية للمشروع خارج نطاق CAD (BIM) حلول لتبسيط التحليل والتكامل مع الأنظمة الأخرى
  - استخدام LLM لأتمتة مشكلات تحويل البيانات بين التنسيقات
- إنشاء عملياتك الخاصة للتعامل مع معلومات المشروع
  - البدء في وصف المهام ومتطلبات النمذجة من خلال المعلمات وقيمها بتنسيقات بسيطة ومنظمة
  - إنشاء مكتبة شخصية من البرامج النصية أو كتل التعليمات البرمجية للعمليات التي يتم تنفيذها بشكل متكرر
- تعزيز استخدام المعايير المفتوحة في عملك
  - قم بدعوة الزملاء والشركاء لمشاركة البيانات بتنسيقات مفتوحة غير مقيدة من قبل النظام البيئي

لموردي البرامج

- ☐ توضيح فوائد استخدام البيانات المهيكلة باستخدام أمثلة محددة
- ☐ بدء المناقشات حول المشاكل المتعلقة بالصيغ المغلقة والحلول الممكنة

حتى إذا كنت لا تستطيع تغيير سياسة شركتك فيما يتعلق بمنصات (BIM-) - CAD، فإن الفهم الشخصي لمبادئ العمل مع بيانات المشروع بتنسيقات مفتوحة سيسمح لك بزيادة كفاءة عملك بشكل كبير. من خلال إنشاء أدواتك وأساليبك الخاصة لاستخراج البيانات وتحويلها من تنسيقات مختلفة، فإنك لا تقوم فقط بتحسين سير عملك فحسب، بل تكتسب أيضًا المرونة لتجاوز قيود الحلول البرمجية القياسية.

الجزء VII

اتخاذ القرارات القائمة على البيانات، والتحليلات، والأتمتة، والتعلم الآلي

يركز الجزء السابع على تحليل البيانات وأتمتة العمليات في صناعة الإنشاءات. ويناقش كيف تصبح البيانات أساسًا لصنع القرار ويشرح مبادئ تصور المعلومات من أجل التحليل الفعال. يتم وصف مؤشرات الأداء الرئيسية (KPI)، وطرق تقييم العائد على الاستثمار (ROI) وإنشاء لوحات معلومات لمراقبة المشروع بالتفصيل. يتم إيلاء اهتمام خاص لعمليات ETL (استخراج ، تحويل ، تحميل) وأتمتة هذه العمليات باستخدام خطوط الأنابيب (خط الأنابيب) لتحويل البيانات المتباينة إلى معلومات منظمة للتحليل. تتم مناقشة أدوات تنسيق سير العمل مثل Apache Airflow ، و Apache NiFi و n8n ، والتي تسمح ببناء خطوط أنابيب بيانات مؤتمتة دون معرفة عميقة بالبرمجة. تلعب النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) واستخدامها لتبسيط تحليل البيانات وأتمتة المهام الروتينية دورًا مهمًا

الفصل 7.1.

تحليلات البيانات واتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات

بعد خطوات جمع المعلومات وهيكلتها وتنظيفها والتحقق منها، ظهرت مجموعة بيانات متماسكة وقابلة للتحليل. غطت الأجزاء السابقة من الكتاب عملية تنظيم وهيكلة المصادر غير المتجانسة - من وثائق PDF والسجلات النصية للاجتماعات إلى نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب والبيانات الهندسية. كما تم وصف عملية التحقق من المعلومات ومواءمتها مع متطلبات مختلف الأنظمة والمصنفات وإزالة التكرارات والتناقضات بالتفصيل.

جميع الحسابات التي يتم إجراؤها على هذه البيانات (الجزءان الثالث والرابع من الكتاب) - من التحويلات البسيطة إلى حسابات الوقت والتكلفة ومؤشرات البيئة والمياه والبيئة والحوكمة (الجزء الخامس) - هي مهام تحليلية مجمعة. وهي تشكل الأساس لفهم الحالة الحالية للمشروع، وتقييم معاييره، ومن ثم اتخاذ القرارات. ونتيجةً لذلك، تتحول البيانات، نتيجةً للحسابات، من مجموعة من السجلات المتباينة إلى مورد يمكن التحكم فيه وقادر على الإجابة على أسئلة العمل الرئيسية.

لقد تناولت الفصول السابقة بالتفصيل عمليات جمع البيانات ومراقبة الجودة لاستخدامها في حالات الأعمال النموذجية والعمليات الخاصة بصناعة الإنشاءات. تتشابه التحليلات في هذا السياق من نواحٍ عديدة مع التطبيقات في الصناعات الأخرى، ولكن لها عدد من الميزات المحددة.

ستتناول الفصول التالية بالتفصيل عملية تحليل البيانات، بما في ذلك خطوات الأتمتة بدءًا من الحصول على المعلومات الأولية وتحويلها إلى نقلها لاحقًا إلى الأنظمة والوثائق المستهدفة. أولاً، سيتم عرض الجزء النظري الذي يركز على جوانب مختارة من عملية اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات. ثم، في الفصول التالية، الجزء العملي المتعلق بأتمتة وبناء عملية أتمتة عمليات تحويل البيانات -Pipeline.

البيانات كمصدر في صنع القرار

غالبًا ما تكون عملية صنع القرار المستندة إلى البيانات عملية تكرارية وتبدأ بالجمع المنهجي للمعلومات من مجموعة متنوعة من مصادر المعلومات. ومثل الدورة الطبيعية، تتساقط عناصر البيانات الفردية ونظم المعلومات بأكملها تدريجيًا في التربة - وتتراكم في مستودعات المعلومات الخاصة بالشركات (الشكل2-1.3). وبمرور الوقت، تتحول هذه البيانات، مثل الأوراق والأغصان المتساقطة، إلى مادة قيّمة. تقوم الفطريات من مهندسي ومحللي البيانات بتنظيم المعلومات وتجهيزها للاستخدام المستقبلي وتحويل البيانات والأنظمة المتساقطة إلى سماد عضوي قيّم، لتنمو براعم جديدة وأنظمة جديدة (الشكل5-1.2).

تشير الاتجاهات في الاستخدام الواسع النطاق للتحليلات في مختلف الصناعات، إلى بداية حقبة جديدة يصبح فيها العمل مع البيانات أساس النشاط المهني (الشكل1-7.1). من المهم أن يتكيف المتخصصون في صناعة البناء والتشييد مع هذه التغييرات وأن يكونوا مستعدين للانتقال إلى عصر جديد - عصر البيانات والتحليلات

> أصبح نقل البيانات يدويًا بين الجداول وإجراء العمليات الحسابية يدويًا شيئًا من الماضي تدريجيًا، مفسحًا المجال للأتمتة وتحليل تدفق البيانات والتحليلات والتعلم الآلي. أصبحت هذه الأدوات عناصر أساسية في أنظمة دعم القرار الحديثة.

في كتاب ماكنزي "إعادة التشغيل. دليل ماكنزي للتغلب على المنافسة في عصر التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي" [130] يستشهد بدراسة استقصائية أجريت عام 2022 على 1,330 من كبار المسؤولين التنفيذيين من مختلف المناطق والصناعات والمجالات الوظيفية يستشهد [130] بدراسة استقصائية أُجريت في عام 2022 على 1,330 من كبار المسؤولين التنفيذيين من مختلف المناطق والصناعات والمجالات الوظيفية. ووفقًا لنتائجها، فإن 70% من القادة يستخدمون التحليلات المتقدمة لتوليد أفكارهم الخاصة، و50% منهم يطبقون الذكاء الاصطناعي لتحسين وأتمتة عمليات اتخاذ القرار.

الشكل7.1-7.1 تحليل البيانات والتحليلات هي الأداة الرئيسية لزيادة سرعة اتخاذ القرار في الشركة.

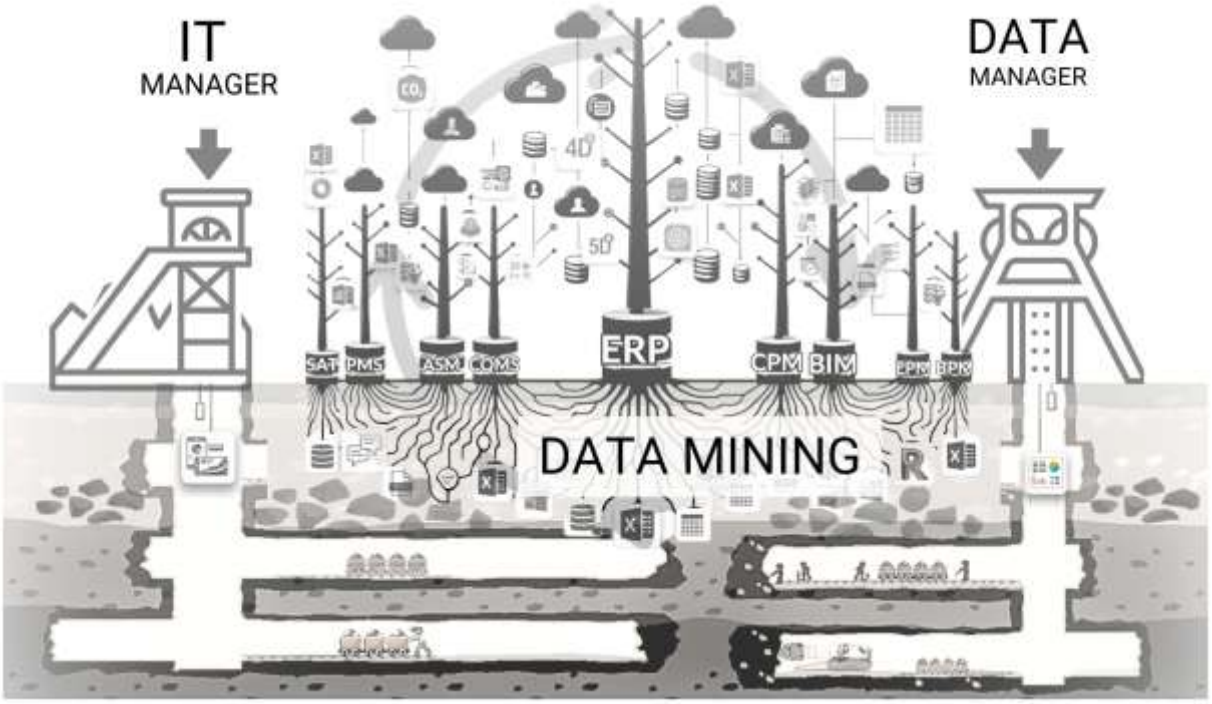
يتغلغل تحليل البيانات ، مثل انتشار الفطريات، في دبال القرارات السابقة، مما يساعد على الربط بين الأنظمة الفردية وتوجيه المديرين إلى رؤى قيمة. هذه المعرفة، مثل المغذيات من أشجار نظام البيانات المتحللة، تغذي القرارات الجديدة في الشركة، مما يؤدي إلى التغيير الفعال ونمو المعلومات عالية الجودة، مثل البراعم والبراعم الجديدة التي تنبثق من تربة غنية وصحية (الشكل5-1.2).

لدى الأرقام قصة مهمة لترويها. إنهم يعتمدون عليك لإعطائهم صوتًا واضحًا ومقنعًا [131].

- ستيفن فيو، خبير تصور البيانات

في الشركات المتوسطة والصغيرة الحجم، يعتبر العمل على استخراج المعلومات وإعدادها لمزيد من التحليل في الوقت الحالي عملية كثيفة العمالة للغاية (الشكل2-7.1)، يمكن مقارنتها بتعدين الفحم في القرن الثامن عشر. وحتى وقت قريب، كان عمل استخراج البيانات وإعدادها محصورًا إلى حد ما بالمغامرين الذين يعملون في مجال متخصص للغاية مع مجموعة صغيرة ومحدودة من الأدوات للعمل مع أنواع مختلفة من البيانات من مصادر غير منظمة وغير منظمة ومختلطة ومختلطة ومغلقة.

غالبًا ما يكون صانعو القرار والمديرون غير متمرسين في التعامل مع البيانات والأنظمة غير المتجانسة، ومع ذلك يحتاجون إلى اتخاذ قرارات بناءً عليها. ونتيجة لذلك، لم تكن عملية اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات في صناعة الإنشاءات الحديثة على مدى العقود الماضية أشبه بعملية مؤتمتة بل كانت أشبه بالعمل اليدوي الذي كان يقوم به عمال المناجم في مناجم الفحم في بدايات القرن الماضي.



الشكل7.1-2.7 في عملية التنقيب عن البيانات، يمر الخبراء بمسار معقد لإعداد البيانات - من التنظيف إلى الهيكلة للتحليلات اللاحقة.

في حين أن الأساليب الحديثة لاستخراج البيانات في صناعة البناء والتشييد هي بالتأكيد أكثر تقدماً من التقنيات البدائية التي كان يستخدمها عمال المناجم في القرن الثاني عشر، إلا أنها لا تزال مهمة معقدة وعالية المخاطر، وتتطلب موارد وخبرات كبيرة لا يمكن أن تتحملها سوى الشركات الكبيرة. وقد كانت عمليات استخراج وتحليل البيانات من الإرث المتراكم للمشاريع السابقة حتى وقت قريب تتم في الغالب من قبل الشركات الكبيرة المتقدمة تكنولوجياً التي كانت تجمع البيانات وتخزنها باستمرار لعقود من الزمن

في السابق، كانت الشركات الناضجة تقنيًا التي كانت تجمع البيانات لعقود من الزمن تلعب الدور الرائد في مجال التحليلات. أما اليوم، فالوضع آخذ في التغير: فقد أصبح الوصول إلى البيانات وأدوات معالجة البيانات ديمقراطيًا - فالحلول التي كانت معقدة في السابق متاحة الآن للجميع مجانًا.

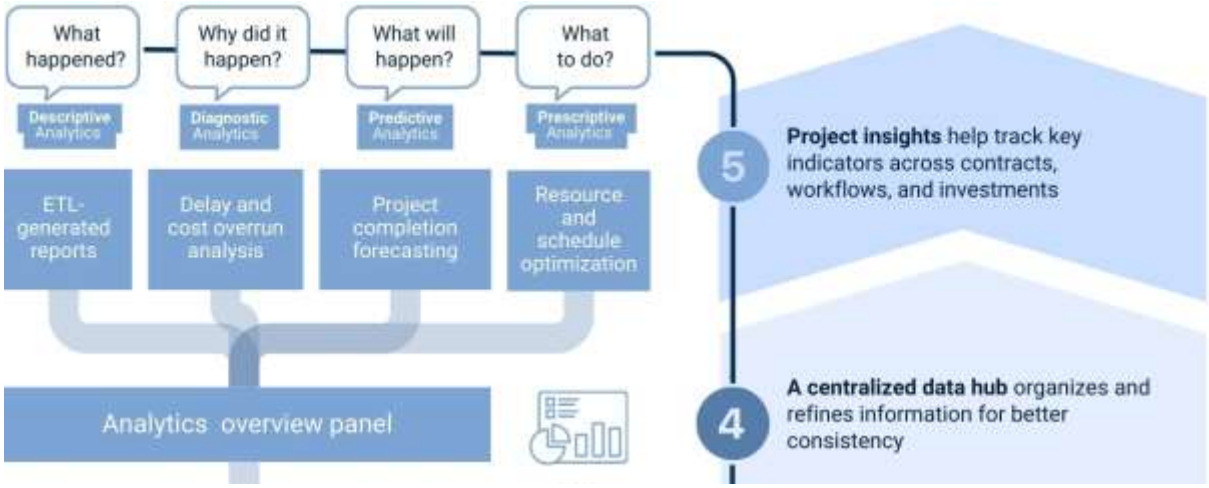
يتيح تطبيق التحليلات للشركات اتخاذ قرارات أكثر دقة واستنارة في الوقت الفعلي. توضح دراسة الحالة التالية كيف يمكن أن تساعد البيانات التاريخية في اتخاذ قرارات سليمة من الناحية المالية:

- **مدير المشروع** - "يبلغ متوسط سعر الخرسانة في المدينة الآن 82€ / متر مكعب، ولدينا 95 يورو/متر مكعب في التقدير."
- **المُقدِّر** - "في المشاريع السابقة، كان التجاوز في التكلفة حوالي 15%، لذلك قمت بالتراجع."
- **مدير البيانات أو مهندس التحكم من جانب العميل** - "دعنا نلقي نظرة على تحليلات آخر ثلاث مناقصات."

بعد تحليل إطار البيانات من المشاريع السابقة، نحصل على:

- **متوسط سعر الشراء الفعلي:** 84.80 / متر مكعب€
- **متوسط نسبة الإنفاق الزائد:** + 4.7% + 4.7%
- **المعدل الموصى به في التقدير:** ~ 85 / متر مكعب€

لن يكون هذا القرار مبنيًا على مشاعر ذاتية، بل على إحصاءات تاريخية محددة، مما يساعد على تقليل المخاطر وزيادة صلاحية عطاء المناقصة. يصبح تحليل البيانات من المشاريع السابقة نوعًا من "السماد العضوي" الذي تنبت منه حلول جديدة أكثر دقة.



الشكل3-7.1 تحليلات البيانات تجيب على ثلاثة أسئلة رئيسية: **ماذا حدث، ولماذا حدث، وما الذي يجب فعله بعد ذلك**.

غالبًا ما يواجه صانعو القرار والمديرون الحاجة إلى العمل مع بيانات وأنظمة غير متجانسة دون خبرة فنية كافية. في مثل هذه الحالات، يعد التصور المرئي، وهو أحد الخطوات الأولى والأكثر أهمية في عملية التحليل، وسيلة مساعدة رئيسية لفهم البيانات. فهو يسمح بتقديم المعلومات في شكل مرئي ومفهوم.

تصور البيانات: مفتاح الفهم واتخاذ القرارات

في صناعة البناء اليوم، حيث تتسم بيانات المشاريع بالتعقيد والتركيب متعدد المستويات، يلعب التصور دورًا رئيسيًا. يتيح تصور بيانات لمديري ومهندسي المشاريع تصور الأنماط والاتجاهات المعقدة المخفية في أحجام كبيرة وغير متجانسة من البيانات.

> يجعل تصور بيانات من السهل فهم حالة المشروع: تخصيص الموارد أو اتجاهات التكلفة أو استخدام المواد. تجعل الرسوم البيانية والمخططات المعلومات المعقدة والجافة سهلة الوصول إليها وفهمها، مما يتيح لك تحديد المجالات الرئيسية التي تحتاج إلى اهتمام واكتشاف المشاكل المحتملة بسرعة.

لا يسهل تصور البيانات تفسير المعلومات فحسب، بل يعد خطوة حاسمة في عملية التحليل واتخاذ القرارات الإدارية المستنيرة، مما يساعد في الإجابة على السؤالين "ماذا حدث؟" و "كيف حدث؟" (الشكل 2.2-5). (الشكل5-2.2).

> **الرسومات هي أدوات بصرية لحل المشاكل المنطقية [132].**
>
> **- جاك برتين، "الرسوم البيانية ومعالجة المعلومات البيانية**

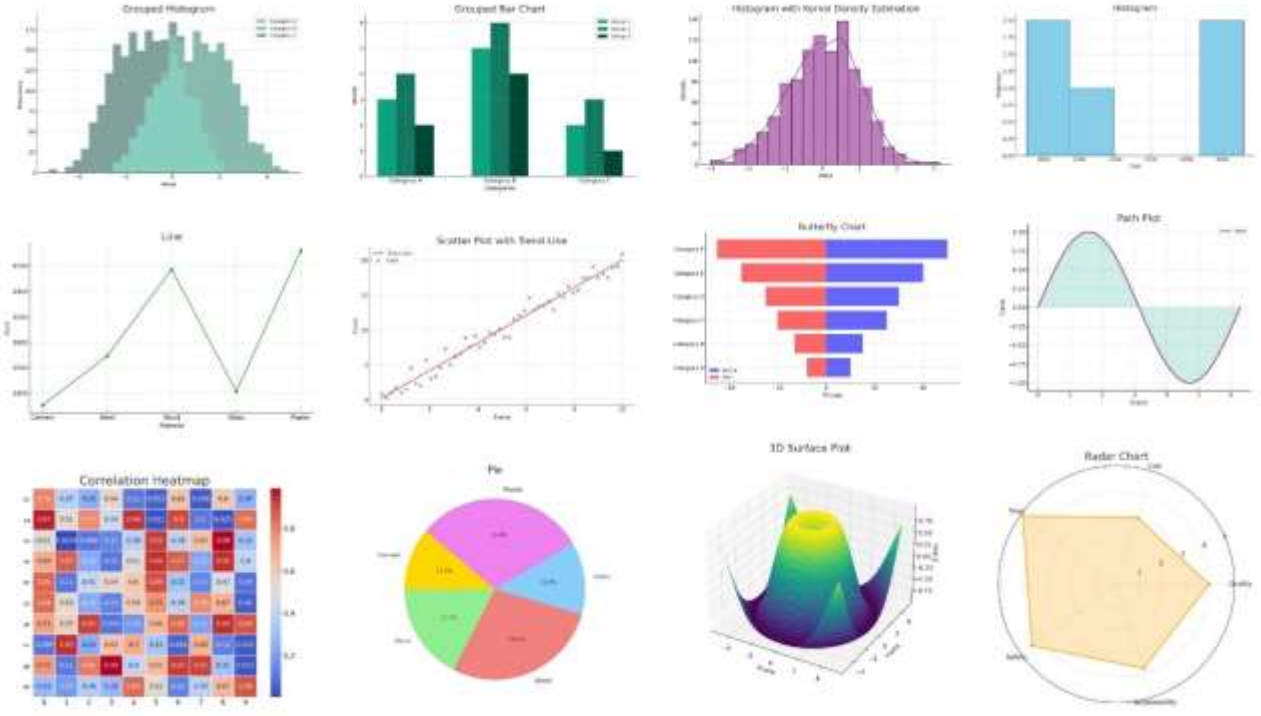
قبل اتخاذ القرارات الرئيسية، من الأرجح أن يستخدم مديرو المشاريع قبل اتخاذ القرارات الرئيسية عروضاً مرئية للبيانات بدلاً من الأرقام الجافة التي يصعب تفسيرها من جداول البيانات أو الرسائل النصية.

> فالبيانات بدون تصور مثل مواد البناء المبعثرة بشكل عشوائي في موقع بناء: إمكاناتها غير واضحة. ولا تتضح قيمتها إلا عندما يتم تصورها بوضوح، مثل المنزل المصنوع من الطوب والخرسانة، حتى تتضح قيمتها. وإلى أن يتم بناء المنزل، من المستحيل تحديد ما إذا كانت كومة المواد ستصبح كوخًا صغيرًا أو فيلا فاخرة أو ناطحة سحاب.

تمتلك الشركات بيانات من أنظمة مختلفة (من الشكل4-2-1 إلى الشكل10-1-2)، ومعاملات مالية وبيانات نصية واسعة النطاق. ومع ذلك، غالبًا ما يكون استخدام هذه البيانات لتحقيق الفائدة التجارية أمرًا صعبًا. في مثل هذه الحالات، يصبح التصور أداة مهمة لتوصيل معنى البيانات، مما يساعد على تقديم المعلومات في تنسيقات يمكن لأي خبير فهمها، مثل لوحات المعلومات والرسوم البيانية والمخططات.

تبرز دراسة PwC "ما يحتاجه الطلاب للنجاح في عالم الأعمال سريع التغير" (2015) [9] أن الشركات الناجحة تتجاوز تحليل البيانات وتستخدم أدوات التصور التفاعلية مثل الرسوم البيانية والرسوم البيانية ولوحات المعلومات التحليلية لدعم عملية اتخاذ القرار. وفقًا للتقرير - يساعد التصور المرئي للبيانات العملاء على فهم القصة التي ترويها البيانات من خلال المخططات والرسوم البيانية والرسوم البيانية ولوحات المعلومات ونماذج البيانات التفاعلية.

تعمل عملية تحويل المعلومات إلى أشكال بيانية مرئية مثل المخططات والرسوم البيانية والرسوم البيانية والرسوم البيانية على تحسين فهم الدماغ البشري للبيانات وتفسيرها (الشكل4-7.1). وهذا يسمح لمديري المشاريع والمحللين بتقييم السيناريوهات المعقدة بسرعة أكبر واتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على اتجاهات وأنماط يمكن التعرف عليها بصريًا بدلاً من الحدس.



الشكل4-7-7.1 تم تصميم أنواع مختلفة من التصور لمساعدة الدماغ البشري على فهم المعلومات الجافة للأرقام وفهمها بشكل أفضل.

ستتم مناقشة إنشاء تصورات من البيانات، واستخدام مكتبات التصور المجانية المختلفة بمزيد من التفصيل في الفصل التالي عن عمليات ETL.

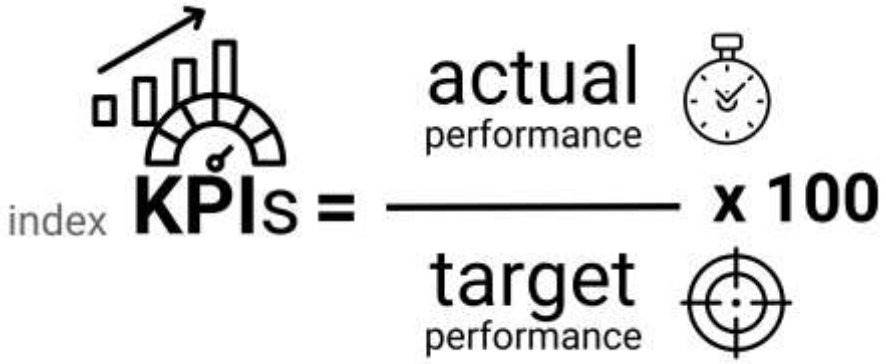
أصبح التصور عنصرًا أساسيًا في العمل مع البيانات في صناعة الإنشاءات - فهو لا يساعد فقط على "رؤية" البيانات، بل يساعد أيضًا على فهم معناها في سياق مهام الإدارة. ومع ذلك، ولكي يكون التصور مفيدًا حقًا، من الضروري تحديد ما يجب تصوره مسبقًا وما هي المقاييس المهمة حقًا لتقييم أداء المشروع. وهنا يأتي دور مقاييس الأداء مثل مؤشرات الأداء الرئيسية والعائد على الاستثمار. فبدونها، حتى أجمل لوحات المعلومات قد تصبح مجرد "ضوضاء معلوماتية".

مؤشرات الأداء الرئيسية والعائد على الاستثمار

في صناعة البناء والتشييد اليوم، تلعب إدارة مؤشرات الأداء (مؤشرات الأداء الرئيسية والعائد على الاستثمار) وتصورها من خلال التقارير ولوحات المعلومات دورًا رئيسيًا في تحسين الإنتاجية وكفاءة إدارة المشاريع.

> كما هو الحال في أي عمل تجاري، من الضروري في مجال الإنشاءات تحديد المقاييس التي يتم من خلالها قياس النجاح والعائد على الاستثمار والأداء بوضوح. وعند الحصول على بيانات عن مختلف العمليات، يجب على المؤسسة التي تعتمد على البيانات أن تتعلم أولاً تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية (مؤشرات الأداء الرئيسية) - وهي مقاييس كمية تعكس مدى تحقيق الأهداف الاستراتيجية والتشغيلية.

ولحساب مؤشر الأداء الرئيسي ، تُستخدم عادةً معادلة (الشكل5-7.1) تتضمن المؤشرات الفعلية والمخططة. فعلى سبيل المثال، لحساب مؤشر أداء رئيسي فردي لمشروع أو موظف أو عملية ما، يتم قسمة الأداء الفعلي على الأداء المخطط له وضرب الناتج في 100 في المائة.



الشكل5-7-1.7 مؤشرات الأداء الرئيسية تستخدم لقياس مدى نجاح المشروع أو العملية في تحقيق الأهداف الرئيسية.

على مستوى الموقع، يمكن استخدام مؤشرات أداء رئيسية أكثر تفصيلاً المقاييس:

- **توقيت المراحل الرئيسية** (التأسيس، والتركيب، والتشطيب) - يسمح بالتحكم في الامتثال لخطط العمل.
- **النسبة المئوية لتجاوزات المواد** - يساعد على إدارة المشتريات وتقليل الفاقد.
- **عدد مرات تعطل الماكينات غير المجدولة** - يؤثر على الإنتاجية والتكاليف.

ويمكن أن يؤدي اختيار المقاييس الخاطئة إلى قرارات خاطئة (الشكل5-2.2). على سبيل المثال، إذا ركزت شركة ما على تكلفة المتر المربع فقط دون مراعاة تكلفة التعديلات، فإن التوفير في المواد يمكن أن يؤدي إلى تدني الجودة وارتفاع التكاليف في المشاريع المستقبلية.

عند تحديد الأهداف، من المهم أن تكون واضحًا بشأن ما يتم قياسه. فالصياغة الغامضة تؤدي إلى استنتاجات غير صحيحة وتعقّد عملية التحكم. دعونا نلقي نظرة على أمثلة لمؤشرات الأداء الرئيسية الناجحة وغير الناجحة في مجال الإنشاءات.

مؤشرات الأداء الرئيسية الجيدة:

- "بحلول نهاية العام، قم بتخفيض النسبة المئوية لأعمال التجديد بنسبة 10 في المائة."

- "زيادة سرعة تركيب الواجهات بنسبة 15% دون المساس بالجودة بحلول الربع القادم"
- "تقليل وقت تعطل الآلات بنسبة 20% من خلال تحسين جداول العمل بحلول نهاية العام"

هذه المقاييس قابلة للقياس بوضوح، بقيم وأطر زمنية محددة.

مؤشرات الأداء الرئيسية السيئة:

- "سنبني بشكل أسرع" (إلى أي مدى أسرع؟ ماذا تعني كلمة "أسرع"؟).
- "سنعمل على تحسين جودة أعمال الخرسانة" (كيف يتم قياس الجودة بالضبط؟)
- "سنعمل على تحسين تفاعل المقاول في الموقع" (ما هي المعايير التي ستظهر التحسن؟)

> مؤشرات الأداء الرئيسية الجيدة هي تلك التي يمكن قياسها وتقييمها بموضوعية. وهذا أمر مهم بشكل خاص في مجال الإنشاءات، فبدون مؤشرات واضحة يستحيل مراقبة الأداء وتحقيق نتائج مستقرة.

وبالإضافة إلى مؤشر الأداء الرئيسي ، هناك مقياس إضافي لتقييم فعالية الاستثمارات: **ROI (العائد على الاستثمار)** - وهو مؤشر عائد على الاستثمار يعكس النسبة بين الربح والأموال المستثمرة. يساعد العائد على الاستثمار في تقييم ما إذا كان إدخال أساليب أو تقنيات أو أدوات جديدة له ما يبرره: من الحلول الرقمية والأتمتة (على سبيل المثال الشكل2-7.3) إلى استخدام مواد بناء جديدة. يساعد هذا المؤشر على اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن المزيد من الاستثمارات بناءً على تأثيرها الحقيقي على ربحية الأعمال

في سياق إدارة مشاريع التشييد، يمكن استخدام العائد على الاستثمار (العائد على الاستثمار) كأحد مؤشرات الأداء الرئيسية (KPI) إذا كان هدف الشركة هو قياس العائد على الاستثمار في مشروع أو تكنولوجيا أو تحسين عملية ما. على سبيل المثال، إذا تم تنفيذ تقنية جديدة لإدارة الإنشاءات، يمكن أن يُظهر العائد على الاستثمار مدى تحسن الربحية.

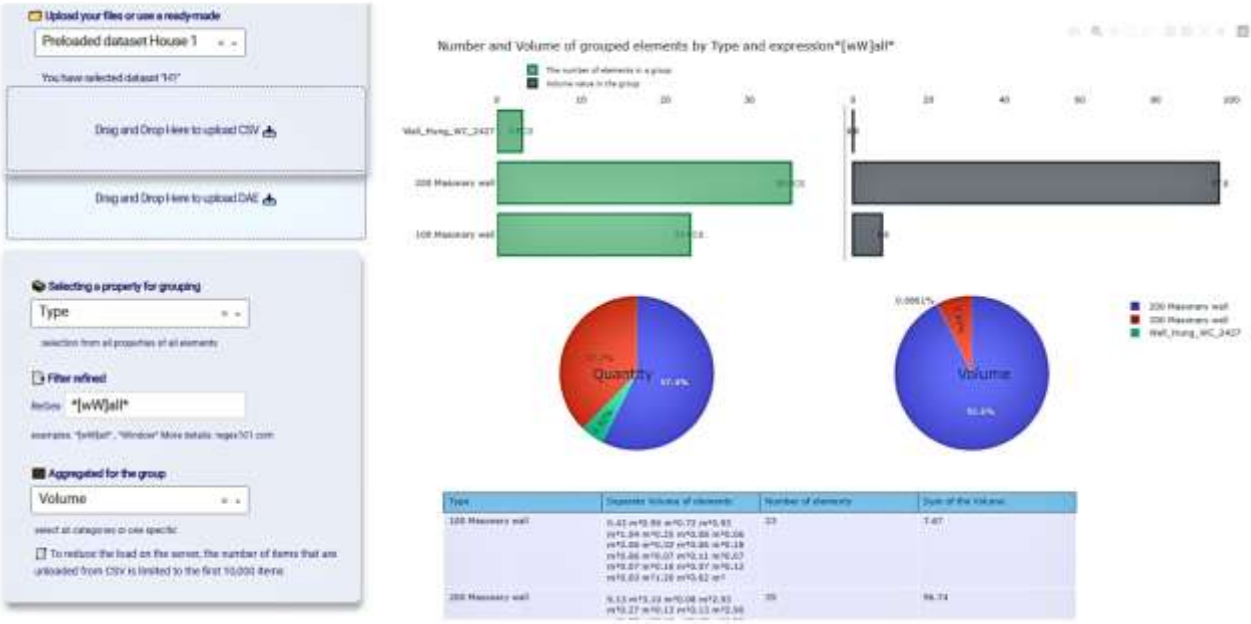
يتيح القياس المنتظم لمؤشرات الأداء الرئيسية وعائدات الاستثمار استنادًا إلى البيانات التي يتم جمعها من مصادر مختلفة، مثل استهلاك المواد وساعات العمل والتكاليف، لإدارة المشروع إدارة الموارد بفعالية واتخاذ قرارات سريعة. يسمح تخزين هذه البيانات على المدى الطويل بتحليل الاتجاهات المستقبلية وتحسين العمليات.

تُستخدم المخططات والرسوم البيانية المختلفة لتصور مؤشرات الأداء الرئيسية وعائد الاستثمار والمقاييس الأخرى وعادةً ما يتم دمجها في لوحات المعلومات.

لوحات المعلومات ولوحات المعلومات: تصور المقاييس للإدارة الفعالة

يتم استخدام مجموعة متنوعة من المخططات والرسوم البيانية لتصور المؤشرات والمقاييس، والتي عادةً ما يتم دمجها في واجهات عرض البيانات ولوحات المعلومات. توفر لوحات المعلومات هذه عرضًا مركزيًا لحالة المشروع أو أجزاء من المشروع، وتعرض المؤشرات الرئيسية (من الناحية المثالية في الوقت الفعلي). تسمح لوحات المعلومات المحدثة والمحدثة باستمرار للفريق بالاستجابة السريعة للتغييرات.

لوحات المعلومات هي أدوات تصور التقييمات الكمية، مما يسهل الوصول إليها وفهمها لجميع المشاركين في المشروع.



الشكل7.6-7.1 إدارة مؤشرات الأداء الرئيسية وتصورها من خلال لوحات المعلومات هو المفتاح لتحسين إنتاجية المشروع وكفاءته.

فيما يلي بعض الأمثلة على الأدوات الشائعة التي يمكنك من خلالها إنشاء لوحات المعلومات:

- Power BI هي أداة من Microsoft لإنشاء تقارير ولوحات معلومات تفاعلية.
- يُعد Tableau وGoogle Data Studio أداتين قويتين لتصوير البيانات وإنشاء لوحات المعلومات دون الحاجة إلى كتابة تعليمات برمجية.
- Plotly (الشكل6-7.1 ، الشكل12-7.2) **هي** مكتبة لإنشاء الرسوم البيانية التفاعلية، و Dash هو إطار عمل لإنشاء تطبيقات الويب لتحليل البيانات. يمكن استخدامهما معًا لإنشاء لوحات معلومات تفاعلية.
- العديد من مكتبات بايثون (الشكل9-7.2 **-** الشكل11-7.2) - تحتوي بايثون على العديد من مكتبات مفتوحة

المصدر والمجانية لتصور البيانات، مثل Matplotlib و Seaborn و Plotly و Bokeh وغيرها. يمكن استخدام هذه المكتبات لإنشاء الرسوم البيانية ودمجها في تطبيق ويب باستخدام أطر عمل مثل Flask أو Django.

- مكتبات جافا سكريبت: تتيح لك إنشاء لوحات معلومات تفاعلية باستخدام مكتبات جافا سكريبت مفتوحة المصدر مثل D3.js أو Chart.js ودمجها في تطبيق ويب.

> لتقييم مؤشرات الأداء الرئيسية وإنشاء لوحات معلومات، تحتاج إلى بيانات محدثة وجدول زمني واضح لجمع المعلومات وتحليلها.

بشكل عام، تشكل مؤشرات الأداء الرئيسية ، والعائد على الاستثمار ولوحات المعلومات في صناعة الإنشاءات الأساس لنهج تحليلي لإدارة المشاريع. فهي لا تساعد فقط في مراقبة وتقييم الوضع الحالي، ولكنها توفر أيضًا رؤى قيمة لعمليات التخطيط والتحسين المستقبلية - وهي عمليات تعتمد بشكل مباشر على تفسير البيانات وطرح الأسئلة الصحيحة وفي الوقت المناسب.

تحليل البيانات وفن طرح الأسئلة

تفسير البيانات هي المرحلة الأخيرة من التحليل، حيث تصبح المعلومات منطقية وتبدأ "بالتحدث". هذا هو المكان الذي تتم فيه صياغة الإجابات على الأسئلة الرئيسية: "ماذا نفعل؟" و"كيف نفعل؟" (الشكل5-2.2). تسمح هذه المرحلة بتلخيص النتائج، وتحديد الأنماط، وإنشاء علاقات السبب والنتيجة، واستخلاص الاستنتاجات بناءً على التصور والتحليل الإحصائي.

> **ولعل الوقت ليس ببعيد عندما يدرك المرء أنه لكي يصبح مواطنًا فعالًا في إحدى الدول العالمية المعقدة الجديدة العظيمة التي تتطور الآن، من الضروري أن يكون قادرًا على الحساب، والتفكير من حيث المتوسطات والحدود القصوى والدنيا، كما هو ضروري الآن أن يكون قادرًا على القراءة والكتابة [133].**
>
> **- صموئيل س. ويلكس، مقتبس في خطاب رئاسي عام 1951 أمام الجمعية الإحصائية الأمريكية**

> ووفقًا لتقرير "تحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي في تنفيذ المشاريع الحكومية" (2024) الذي نشرته حكومة المملكة المتحدة [83]، فإن تطبيق التحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي (AI) يمكن أن يحسن بشكل كبير عمليات إدارة المشاريع، ويزيد من دقة الوقت والتنبؤ بالتكاليف، فضلاً عن الحد من المخاطر وعدم اليقين. تبرز الورقة البحثية أن المؤسسات العامة التي تستخدم أدوات تحليلية متقدمة تحقق أداءً أعلى في مبادرات البنية التحتية.

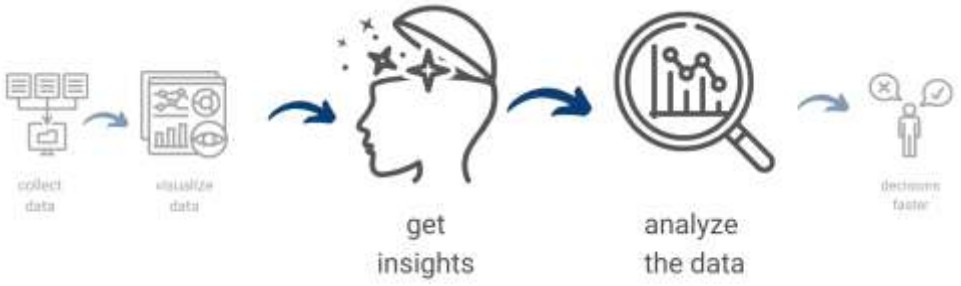
يمكن مقارنة أعمال البناء الحديثة التي تعمل في بيئة الثورة الصناعية الرابعة ذات التنافسية العالية والهامش المنخفض بالعمليات العسكرية. وهنا، يعتمد بقاء الشركة ونجاحها على سرعة الحصول على الموارد والمعلومات الجيدة - وبالتالي على اتخاذ القرارات في الوقت المناسب وعلى أساس مستنير (الشكل7-7.1).

إذا كان تصور البيانات هو "الذكاء" الذي يوفر نظرة عامة، فإن تحليلات البيانات هي "الذخيرة" اللازمة للعمل. فهي تجيب على السؤالين: ماذا نفعل؟ وكيف نفعل ذلك؟ وتشكل الأساس لاكتساب ميزة تنافسية في السوق.

> تعمل التحليلات على تحويل البيانات المتباينة إلى معلومات منظمة وذات مغزى يمكن الاستناد إليها في اتخاذ القرارات.

لا تتمثل مهمة المحللين والمديرين في تفسير المعلومات فحسب، بل في تقديم قرارات مستنيرة

وتحديد الاتجاهات وتحديد العلاقات بين أنواع مختلفة من البيانات وتصنيفها وفقًا لأهداف المشروع وخصائصه. وباستخدام أدوات التصور وأساليب التحليل الإحصائي، فإنهم يحولون البيانات إلى أصول استراتيجية للشركة.



الشكل7-7.1 إن تحليل البيانات هو الذي يحول المعلومات التي يتم جمعها في نهاية المطاف إلى مصدر لاتخاذ القرارات.

من أجل اتخاذ قرارات مستنيرة حقًا في عملية التحليلات ، من الضروري معرفة كيفية صياغة الأسئلة التي يتم طرحها على البيانات بشكل صحيح. تؤثر جودة هذه الأسئلة بشكل مباشر على عمق الرؤى المكتسبة، وبالتالي على جودة القرارات الإدارية.

> **لا يوجد الماضي إلا بقدر ما هو موجود في سجلات اليوم. وما تمثله هذه السجلات تحدده الأسئلة التي نطرحها. ولا يوجد تاريخ آخر غير هذا التاريخ [134].**
>
> **- جون أرشيبالد ويلر، عالم فيزيائي 1982**

يعد فن طرح الأسئلة العميقة والتفكير النقدي مهارة أساسية في العمل مع البيانات. يميل معظم الناس إلى طرح أسئلة بسيطة وسطحية لا تتطلب جهدًا كبيرًا للإجابة عليها. ومع ذلك، يبدأ التحليل الحقيقي بأسئلة ذات مغزى و مدروسة يمكن أن تكشف عن العلاقات الخفية وعلاقات السبب والنتيجة في المعلومات التي قد تكون مخفية وراء طبقات

متعددة من التفكير.

> ووفقًا لدراسة "التحول القائم على البيانات: التسارع على نطاق واسع الآن" (بوسطن كونسلتينج جروب، 2017) [135]، يتطلب التحول الرقمي الناجح الاستثمار في قدرات التحليلات وبرامج إدارة التغيير ومواءمة أهداف الأعمال مع مبادرات تكنولوجيا المعلومات. يجب على الشركات التي تنشئ ثقافة قائمة على البيانات الاستثمار في قدرات تحليل البيانات وإطلاق برامج إدارة التغيير لغرس تفكير وسلوكيات وطرق عمل جديدة.

فبدون الاستثمار في تطوير ثقافة تحليلية وتحسين أدوات البيانات وتدريب المتخصصين، ستستمر الشركات في المخاطرة باتخاذ قراراتها بناءً على معلومات قديمة أو غير مكتملة - أو الاعتماد على الآراء الذاتية لمديري مكاتب تقييم الأداء (الشكل9-1 -2).

> إن إدراك أهمية وضرورة التحديث المستمر للتحليلات ولوحات المعلومات يقود الإدارة حتمًا إلى فهم أهمية أتمتة العمليات التحليلية. تزيد الأتمتة من سرعة اتخاذ القرار وتقلل من تأثير العامل البشري وتضمن ملاءمة البيانات. ومع النمو الهائل لأحجام المعلومات، لا تصبح السرعة ميزة تنافسية فحسب، بل تصبح عاملاً رئيسيًا للنجاح المستدام.

ترتبط أتمتة عمليات تحليل البيانات ومعالجتها بشكل عام ارتباطًا وثيقًا بموضوع ETL (استخراج ، تحويل ، تحويل ، تحميل). وكما هو الحال في عملية الأتمتة نحتاج في عملية الأتمتة إلى تحويل البيانات، ففي عملية ETL يتم استخراج البيانات من مصادر مختلفة، وتحويلها وفقًا للمتطلبات اللازمة وتحميلها إلى الأنظمة المستهدفة لاستخدامها مرة أخرى.

الفصل 7.2.

تدفق البيانات دون جهد يدوي: سبب الحاجة إلى ETL

أتمتة عملية أتمتة عمليات تحويل البيانات إلى التشغيل الآلي: تقليل التكاليف وتسريع معالجة البيانات

عندما تتوقف مؤشرات الأداء الرئيسية () عن النمو على الرغم من الزيادة في حجم البيانات وحجم فريق العمل، فإن إدارة الشركة تدرك حتمًا الحاجة إلى أتمتة العمليات. وعاجلاً أم آجلاً، يصبح هذا الإدراك حافزًا لإطلاق الأتمتة المعقدة، والهدف الرئيسي من ذلك هو الحد من تعقيد العمليات، وتسريع المعالجة وتقليل الاعتماد على العامل البشري.

> وفقًا لدراسة ماكينزي "كيف تبني بنية بيانات لدفع الابتكار - اليوم وغدًا" (2022) [136]، تكتسب الشركات التي تستخدم بنى البيانات المتدفقة ميزة كبيرة لأنها تستطيع تحليل المعلومات في الوقت الفعلي. تسمح تقنيات التدفق بالتحليل المباشر للرسائل في الوقت الفعلي وتطبيق الصيانة التنبؤية في التصنيع من خلال تحليل بيانات المستشعرات في الوقت الفعلي.

تبسيط العمليات هو الأتمتة، حيث يتم استبدال الوظائف اليدوية التقليدية بالخوارزميات والأنظمة.

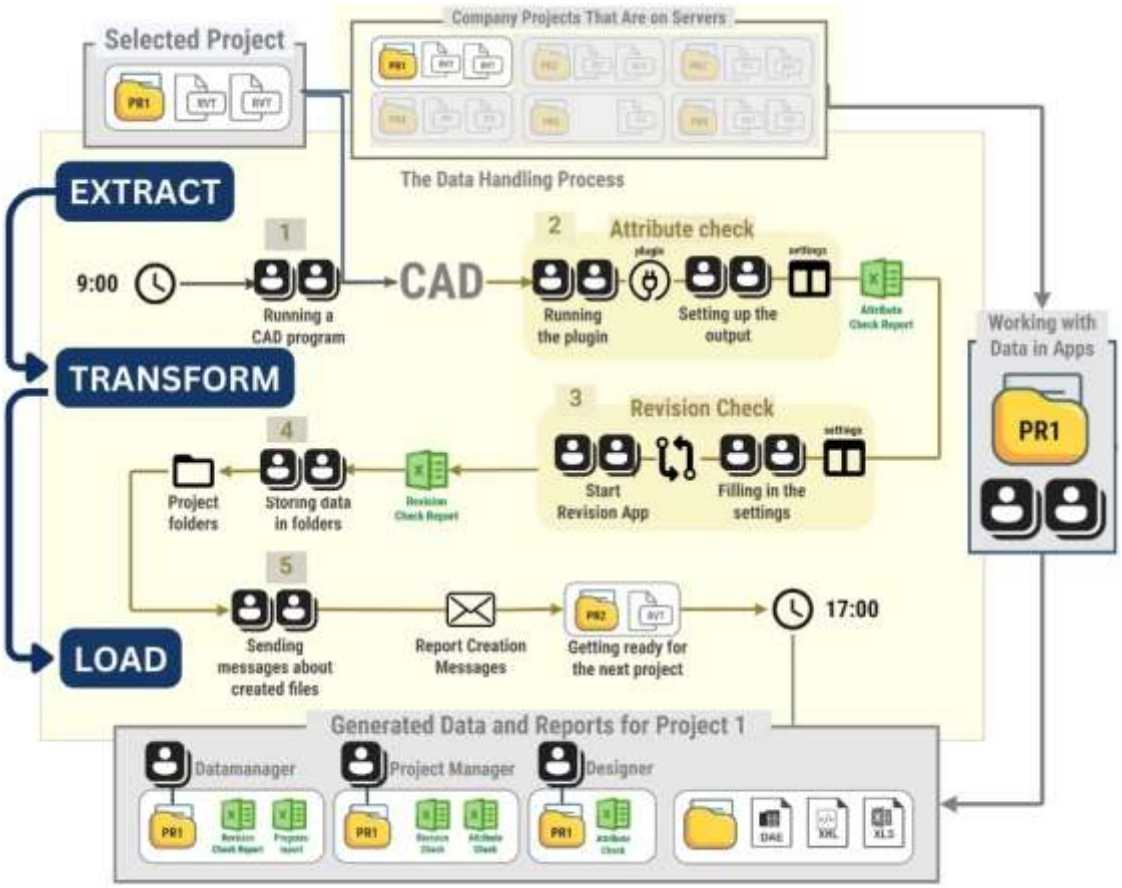
إن مسألة الأتمتة، أو بالأحرى "تقليل دور البشر في معالجة البيانات"، هي عملية لا رجعة فيها وحساسة للغاية بالنسبة لكل شركة. فغالبًا ما يتردد المتخصصون في أي مجال مهني في الإفصاح عن أساليب عملهم وخفاياها لزملائهم من المحسنين، مدركين خطر فقدان وظائفهم في بيئة تكنولوجية سريعة التطور.

> **إذا أردت أن تصنع أعداءً، فحاول تغيير الأمور [137].**
>
> **- وودرو ويلسون، خطاب أمام مؤتمر رجال المبيعات، ديترويت، 1916**

على الرغم من الفوائد الواضحة للأتمتة، إلا أن العديد من الشركات لا تزال لديها نسبة عالية من العمل اليدوي في ممارساتها اليومية، خاصة في مجال البيانات الهندسية. لتوضيح الوضع الحالي، دعونا نلقي نظرة على مثال نموذجي لمعالجة البيانات المتسلسلة في مثل هذه العمليات.

يمكن توضيح المعالجة اليدوية للبيانات بمثال التفاعل مع المعلومات التي تم الحصول عليها من قواعد بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب. وتتم المعالجة التقليدية للبيانات ("يدوياً" - العملية) في أقسام التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) لإنشاء جداول السمات أو إنشاء الوثائق استناداً إلى بيانات التصميم بالترتيب التالي (الشكل7-2-1):

1. **الاستخراج** اليدوي **(الاستخراج)**: يفتح المستخدم المشروع يدويًا - عن طريق تشغيل تطبيق CAD (BIM) (الشكل7-1-2.7 الخطوة 1).
2. **التحقق**: تتضمن الخطوة التالية عادةً تشغيل العديد من المكونات الإضافية يدويًا أو التطبيقات المساعدة لإعداد البيانات وتقييم جودتها (الشكل7-1-2.7 الخطوة 2-3).
3. **التحويل** اليدوي **(التحويل):** بعد التجهيز، تبدأ معالجة البيانات، وهو ما يتطلب التشغيل اليدوي لأدوات برمجية مختلفة يتم فيها إعداد البيانات للتحميل (الشكل7-1-2.7 الخطوة 4).
4. **التحميل** اليدوي **(**تحميل**):** التحميل اليدوي للبيانات المحولة إلى أنظمة وتنسيقات بيانات ومستندات خارجية (الشكل7-1-2.7 الخطوة 5).



الشكل7.2-1.7 المعالجة اليدوية التقليدية محدودة بالرغبات والقدرات المادية للفني الفرد.

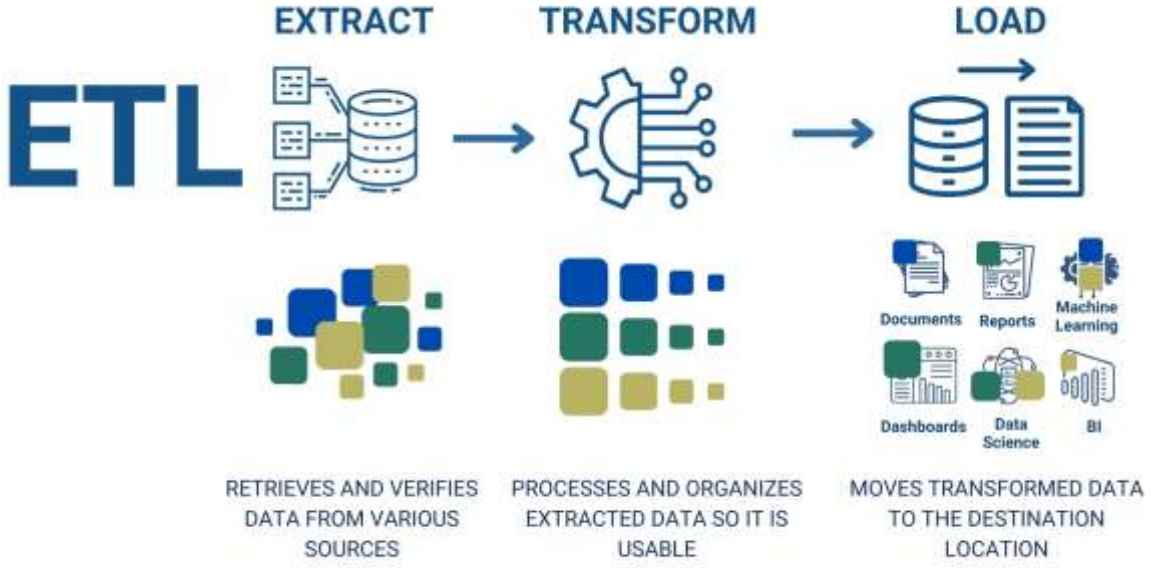
يُعد سير العمل هذا مثالاً على عملية الاستخراج والتحويل والتحميل (ETL) الكلاسيكية. وعلى النقيض من الصناعات الأخرى، حيث كانت خطوط أنابيب ETL الأوتوماتيكية هي المعيار السائد منذ فترة طويلة، لا يزال العمل اليدوي يهيمن على صناعة البناء، مما يبطئ العمليات ويزيد من التكاليف

> ETL (استخراج ، تحويل ، تحويل ، تحميل) هي عملية استخراج البيانات من مصادر مختلفة، وتحويلها إلى التنسيق المطلوب وتحميلها إلى النظام المستهدف لمزيد من التحليل والاستخدام.

ETL **هي عملية** تشير إلى ثلاثة مكونات رئيسية لمعالجة البيانات: الاستخراج ، والتحويل ، والتحميل (الشكل-2-7.2 2):

- استخرج - استخرج البيانات من مصادر مختلفة (ملفات، قواعد بيانات، واجهة برمجة التطبيقات).
- **التحويل** - تنظيف البيانات وتجميعها وتطبيعها ومعالجتها منطقياً.
- **تحميل** - تحميل معلومات منظمة في مستودع بيانات أو تقرير أو نظام ذكاء الأعمال.

في وقت سابق من هذا الكتاب، لم يتم التطرق إلى مفهوم ETL إلا لمامًا: في تحويل مستند ممسوح ضوئيًا غير منظم إلى تنسيق جدولي منظم (الشكل1-1-4.1)، وفي سياق إضفاء الطابع الرسمي على المتطلبات لتنظيم تصور كل من العمليات الحياتية والتجارية (الشكل20-4.4)، وفي أتمتة التحقق من صحة البيانات ومعالجة البيانات من حلول التصميم بمساعدة الحاسوب. دعونا الآن نلقي نظرة على ETL بمزيد من التفصيل في سياق سير العمل النموذجي.



الشكل2-7-7.2 أتمتة مهام معالجة البيانات المتكررة.

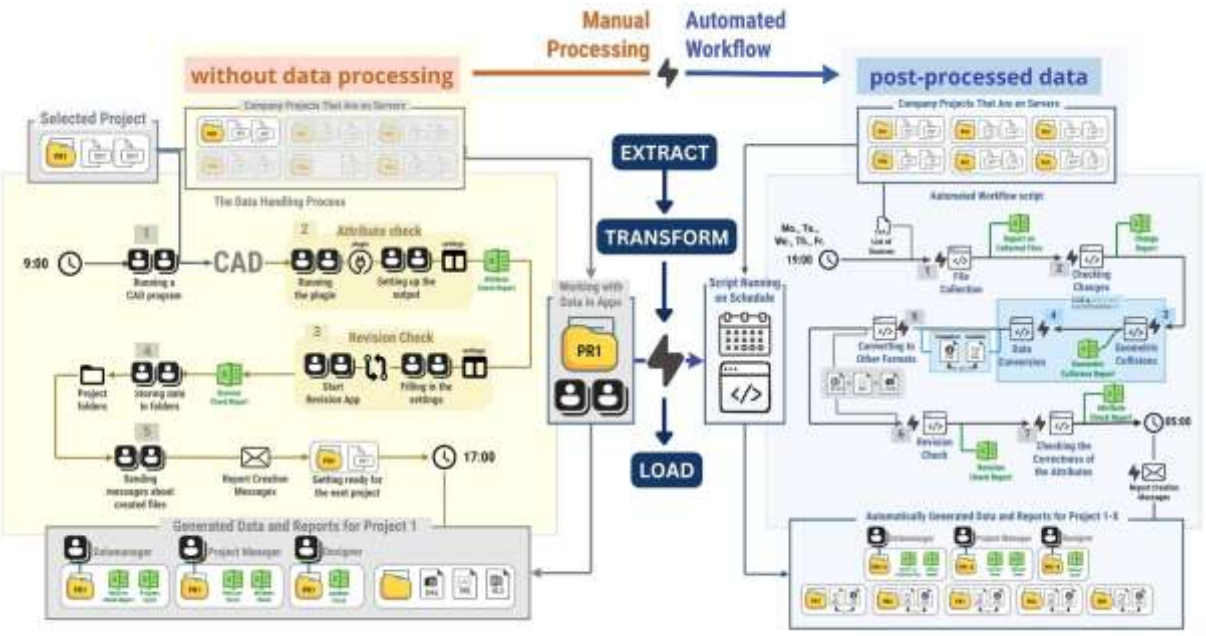
يدويًا أو شبه آليًا - تنطوي العملية على مدير أو فني يدير جميع الخطوات يدويًا - من جمع البيانات إلى إنشاء التقارير. تستغرق مثل هذه العملية وقتًا طويلاً، خاصةً عندما تكون ساعات العمل محدودة (على سبيل المثال من الساعة

9:00 إلى الساعة 17:00).

تسعى الشركات في كثير من الأحيان إلى حل مشكلة انخفاض الكفاءة وبطء السرعة عن طريق شراء حلول متكاملة معيارية (تخطيط موارد المؤسسات ، نظام إدارة المشاريع ، نظام إدارة المشاريع ، نظام إدارة المحتوى في المؤسسة ، إلخ)، والتي يتم تطويرها بعد ذلك من قبل بائعين واستشاريين خارجيين. إلا أن هؤلاء البائعين والمطورين الخارجيين غالباً ما يصبحون نقطة تبعية حرجة: حيث تؤثر قيودهم التقنية بشكل مباشر على أداء النظام بأكمله وعلى الأعمال ككل، كما هو مفصل في الفصول السابقة حول الأنظمة والتنسيقات الخاصة. وقد نوقشت المشاكل الناجمة عن التجزئة والتبعية بالتفصيل في الفصل المعنون "كيف تغرق شركات الإنشاءات في فوضى البيانات".

> إذا لم تكن الشركة مستعدة لتنفيذ منصة معيارية كبيرة من أحد البائعين، فإنها تبدأ في البحث عن طرق بديلة للأتمتة. تتمثل إحدى هذه الطرق في تطوير منصات - ناقلات ETL المعيارية المفتوحة الخاصة بها ، حيث يتم تنفيذ كل مرحلة (الاستخراج، التحويل، التحقق من الصحة، التحميل) كنصوص برمجية يتم تنفيذها وفق جدول زمني.

في النسخة المؤتمتة من سير عمل ETL نفسه (الشكل7.2-1)، يبدو سير العمل وكأنه رمز معياري يبدأ بمعالجة البيانات وترجمتها إلى شكل منظم مفتوح. وبمجرد تلقي البيانات المهيكلة، يتم تشغيل العديد من البرامج النصية أو الوحدات النمطية تلقائيًا، على أساس مجدول، للتحقق من التغييرات وتحويل وإرسال الرسائل (الشكل7.2-3).



الشكل7.2-3.7 على اليسار عملية التصنيع الآلي اليدوي، وعلى اليمين عملية آلية لا تقتصر على قدرات المستخدم، على عكس التصنيع الآلي اليدوي التقليدي.

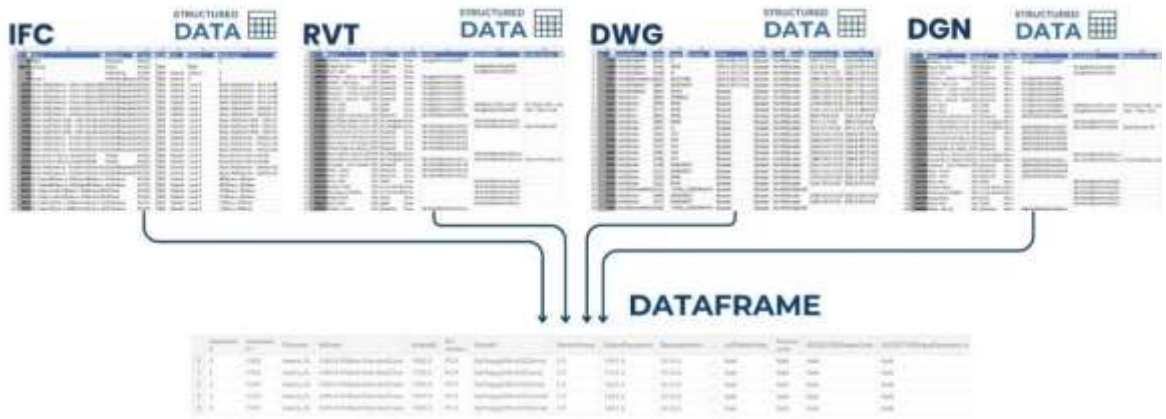
في سير العمل الآلي، يتم تبسيط معالجة البيانات من خلال المعالجة المسبقة لبيانات (ET(L: الهيكلة والتوحيد.

> في طرق المعالجة التقليدية، يعمل المتخصصون مع البيانات "كما هي" - كما يتم استرجاعها من الأنظمة أو البرامج. وفي العمليات المؤتمتة، على النقيض من ذلك، غالبًا ما تمر البيانات أولاً من خلال برنامج ETL -Payplane، حيث يتم إحضارها إلى هيكل وشكل متسق ومناسب لمزيد من الاستخدام والتحليل.

دعونا نأخذ مثالاً عمليًا على ETL ، يوضح عملية التحقق من صحة جدول البيانات الموضحة في فصل "التحقق من صحة بيانات ونتائج التحقق من الصحة" (الشكل13-4.4). وللقيام بذلك، نستخدم مكتبة Pandas بالاقتران مع LLM لعمليات تحليل البيانات ومعالجتها آليًا.

استخراج: جمع البيانات

تبدأ المرحلة الأولى من عملية ETL - استخراج) - بكتابة كود لجمع مجموعات البيانات ليتم فحصها ومعالجتها بشكل أكبر. للقيام بذلك، سنقوم بمسح جميع مجلدات خادم الإنتاج، وجمع المستندات ذات تنسيق ومحتوى معين، ثم تحويلها إلى شكل منظم. تتم مناقشة هذه العملية بالتفصيل في الفصلين "تحويل البيانات غير المنظمة والنصية إلى شكل منظم" و"تحويل بيانات CAD (BIM) إلى شكل منظم" (الشكل1-1-4.1 - الشكل12-4.1).



الشكل4-7.2-7.2 تحويل بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) إلى إطار بيانات كبير واحد يحتوي على جميع أقسام المشروع.

وكمثال توضيحي، نستخدم خطوة استخراج تحميل البيانات والحصول على جدول لجميع مشاريع (-BIM) -CAD (الشكل4-7.2) يستخدم محولات ممكّنة للهندسة العكسية [138] لتنسيقات RVT و IFC للحصول على جداول منظمة من جميع المشاريع ودمجها في جدول DataFrame واحد كبير.

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

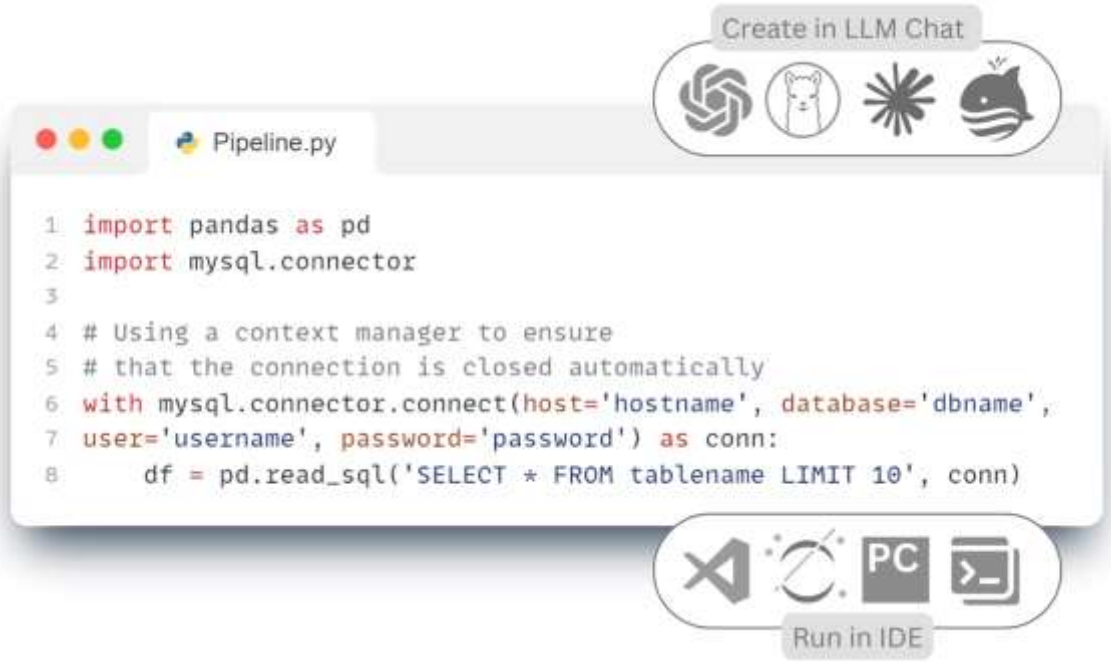
الشكل5-7-2.7 التحويل باستخدام كود بايثون وأداة الهندسة العكسية لأداة الهندسة العكسية لملفات RVT و IFC في ملف واحد منظم كبير DataFrame (df).

يمكن ل Pandas DataFrame تحميل البيانات من مجموعة متنوعة من المصادر، بما في ذلك ملفات CSV النصية وجداول بيانات Excel و JSON - و XML - وملفات تخزين البيانات الضخمة مثل Parquet و HDF5 ، ومن MySQL و PostgreSQL و SQLite و Microsoft SQL Server و Oracle وقواعد البيانات الأخرى. بالإضافة إلى ذلك، يدعم Pandas تحميل البيانات من واجهات برمجة التطبيقات وصفحات الويب والخدمات السحابية وأنظمة التخزين مثل Google BigQuery و Amazon Redshift و Snowflake.

لكتابة كود للاتصال وجمع المعلومات من قواعد البيانات، أرسل طلبًا نصيًا مشابهًا إلى غرفة الدردشة LLM (QWEN ، Claude ، Grok ، DeepSeek Mistral ، LlaMa ،CHATGP أو أي شيء آخر):

> يرجى كتابة مثال للاتصال بـ MySQL وتحويل البيانات إلى ⏎

رد LLM:



الشكل6-7.2 مثال على الاتصال عبر Python بقاعدة بيانات MySQL واستيراد البيانات من قاعدة بيانات MySQL إلى DataFrame.

يمكن تشغيل الكود الناتج (الشكل5-7.2 ، الشكل6-7.2) يمكن تشغيله في إحدى بيئات التطوير المتكاملة (IDE) الشائعة التي ذكرناها أعلاه في وضع عدم الاتصال بالإنترنت: PyCharm، أو Visual Studio Code (VS Code)، أو Jupyter Notebook ، أو Spyder، أو Atom، أو Sublime Text، أو Eclipse مع مكون PyDev الإضافي، أو Thonny، أو Wing IDE، أو IntelliJ IDEA مع مكون Python الإضافي ، أو JupyterLab، أو الأدوات الشائعة على الإنترنت: Kaggle.كوم، Amazon SageMaker، Microsoft Azure Notebooks، Google Collab.

من خلال تحميل البيانات متعددة الأشكال في المتغير "df" (الشكل5-7.2 - الصف 25؛ الشكل6-7.2 - الصف 8)، قمنا بتحويل البيانات إلى تنسيق Pandas DataFrame ، وهو أحد أكثر البنى شيوعًا لمعالجة البيانات، وهو جدول ثنائي الأبعاد مع صفوف وأعمدة. سنتحدث أكثر عن تنسيقات التخزين الأخرى المستخدمة في ETL -Pipelines مثل Parquet و Apache ORC و JSON و Feather و HDF5 ، بالإضافة إلى مستودعات البيانات الحديثة في فصل "تخزين البيانات وإدارتها في صناعة البناء" (الشكل2-8.1).

بعد مرحلة استخراج البيانات وهيكلتها (استخلاص)، يتم تشكيل مصفوفة واحدة من المعلومات (الشكل5-7.2 ، الشكل 6-7.2)، وتكون جاهزة لمزيد من المعالجة. ومع ذلك، قبل تحميل هذه البيانات في الأنظمة المستهدفة أو استخدامها للتحليل، من الضروري التأكد من جودتها وسلامتها وتوافقها مع المتطلبات المحددة. في هذه المرحلة يتم تحويل البيانات (التحويل) - وهي خطوة أساسية لضمان موثوقية الاستنتاجات والقرارات اللاحقة.

ETL التحويل: تطبيق قواعد التحقق من الصحة

والتحويل: تطبيق قواعد التحقق والتحويل

خطوة التحويل هي الخطوة التي تتم فيها معالجة البيانات وتحويلها. قد تتضمن هذه العملية التحقق من صحة البيانات وتطبيعها وملء القيم المفقودة والتحقق من صحتها باستخدام أدوات آلية

> وفقًا لدراسة شركة برايس ووترهاوس كوبرز "الاعتماد على البيانات. ما الذي يحتاجه الطلاب للنجاح في عالم الأعمال سريع التغير" (2015) [9]، فإن شركات التدقيق الحديثة تبتعد عن التحقق العشوائي من البيانات وتتجه نحو تحليل كميات هائلة من المعلومات باستخدام أدوات آلية. لا يتيح هذا النهج إمكانية تحديد التناقضات في التقارير فحسب، بل يتيح أيضًا تقديم توصيات لتحسين العمليات التجارية.

في مجال البناء، يمكن استخدام طرق مماثلة، على سبيل المثال، للتحقق التلقائي من صحة بيانات التصميم

ومراقبة جودة البناء وتقييم أداء المقاول. تتمثل إحدى أدوات أتمتة وتسريع معالجة البيانات في استخدام التعبيرات العادية (RegEx) في مرحلة تحويل البيانات (التحويل) من عملية ETL. يتيح لك RegEx التحقق بكفاءة من سلاسل البيانات واكتشاف التناقضات وضمان سلامة المعلومات بأقل استهلاك للموارد. تمت مناقشة المزيد من التفاصيل حول RegEx (الشكل7-4.4) في فصل "ترجمة المتطلبات إلى شكل منظم".

لننظر إلى مثال عملي: في نظام إدارة كائنات الممتلكات (RPM) يحدد المدير المتطلبات للسمات الرئيسية للكائنات (الشكل7-7.2). في مرحلة التحويل، يجب التحقق من صحة المعلمات التالية:

- التحقق من تنسيقات معرّف الكائن (السمة "معرّف")
- التحكم في قيم فترة ضمان الاستبدال (السمة "فترة الضمان")
- التحقق من دورة استبدال العنصر (السمة "متطلبات الصيانة")

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

الشكل7-7.2 التحقق التحقق من الجودة يبدأ بتحديد متطلبات السمات وقيم حدودها.

لتعيين القيم الحدية للتحقق من صحة المعرفات، على سبيل المثال، لنفترض أننا نعلم من خبرتنا أن القيم الصالحة لخاصية "المعرف" يمكن أن تتضمن فقط القيم المتسلسلة "W-NEW" أو "W-OLD1" أو "D-122" أو قيم مماثلة حيث يكون الحرف الأول حرفًا متبوعًا بشرطة ثم ثلاثة أحرف أبجدية "جديد" أو "قديم" أو أي رقم مكون من ثلاثة أرقام (الشكل

7-7.2). يمكن استخدام التعبير العادي التالي (RegEx) للتحقق من صحة هذه المعرفات:

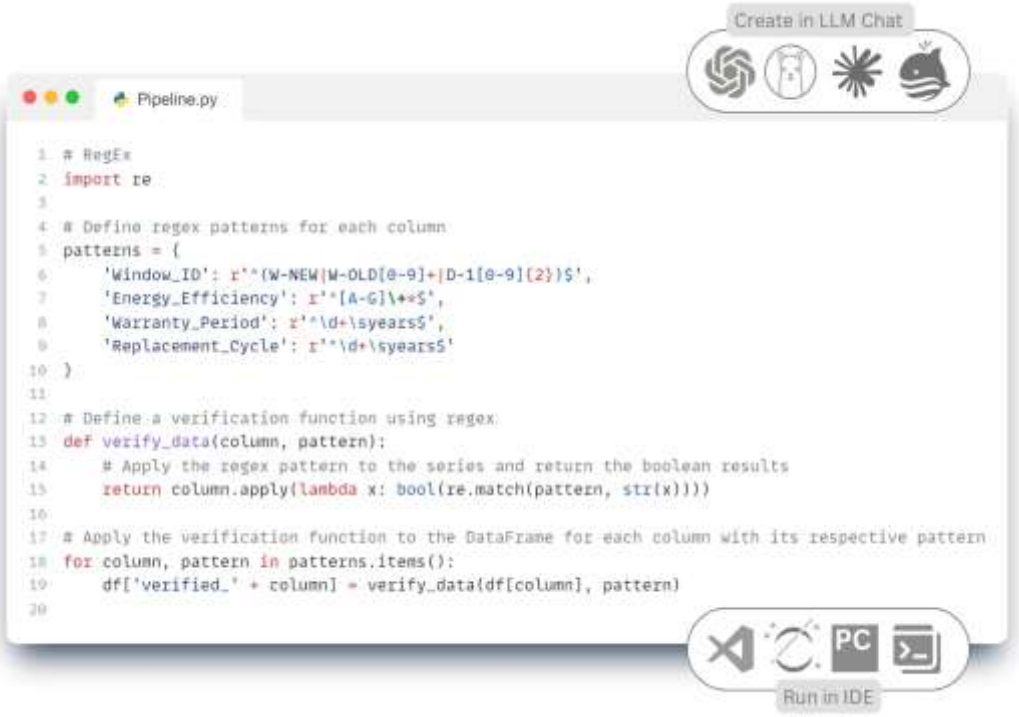
```
$W-NEW$|^W-OLD[0-9]+$|^D-1[0-9]{2}^
```

يتأكد هذا القالب من تطابق جميع المعرّفات في البيانات مع المعايير المحددة. إذا فشلت أي قيمة في اجتياز الفحص، يقوم النظام بتسجيل خطأ. لإنشاء رمز Python -code لتحويل البيانات واستخدام البيانات الناتجة لإنشاء جدول نتائج، ما عليك سوى صياغة استعلام في محادثة LLM.

طلب نصي إلى LLM:

> اكتب رمزًا للتحقق من صحة أعمدة DataFrame باستخدام التعبيرات العادية ، والتي تتحقق من المعرفات بصيغة "W-NEW" أو "W-OLD" عبر RegEx، وكفاءة الطاقة بالحروف من "A" إلى "G"، وفترة الضمان ودورة الاستبدال بقيم رقمية بالسنوات ⏎

رد LLM:



الشكل7.2-7.8 كود كود يقوم بأتمتة عملية التحقق من الصحة من خلال تطبيق قوالب RegEx على أعمدة معلمات إطار البيانات.

يستخدم الرمز أعلاه، الذي تم إنشاؤه تلقائيًا من بايثون - الرمز (الشكل7.2-8)، مكتبة "re" (التعبيرات العادية RegEx) لتحديد دالة تتحقق من كل سمة من سمات عنصر البيانات في إطار البيانات. بالنسبة لكل عمود (سمة) محدد، تطبق الدالة نمط RegEx للتحقق من أن كل سجل يتوافق مع التنسيق المتوقع وتضيف النتائج كقيم جديدة (خطأ/صحيح) إلى عمود السمة الجديد في إطار البيانات.

ويضمن هذا التحقق الآلي من صحة البيانات امتثال البيانات بشكل رسمي ويمكن استخدامه كجزء من نظام مراقبة الجودة أثناء مرحلة التحويل.

بعد الانتهاء بنجاح من خطوة التحويل وفحص الجودة، تصبح البيانات جاهزة للتحميل إلى الأنظمة المستهدفة.

يمكن تحميل البيانات التي تم تحويلها والتحقق من صحتها إلى Excel ، JSON ، CSV ، قواعد البيانات وغيرها من التنسيقات لمزيد من الاستخدام. واعتمادًا على المهمة، يمكن أيضًا تقديم النتائج في تقارير أو رسوم بيانية أو لوحات معلومات تحليلية.

ETL التحميل: عرض النتائج في مخططات ورسوم بيانية

بعد اكتمال مرحلة التحويل ، عندما يتم هيكلة البيانات والتحقق منها، تكون المرحلة الأخيرة هي مرحلة التحميل ، حيث يمكن تحميل البيانات في النظام المستهدف وعرضها بصريًا للتحليل. ويسمح العرض المرئي للبيانات بتحديد الانحرافات بسرعة، وتحليل التوزيعات وتوصيل الاستنتاجات الرئيسية لجميع المشاركين في المشروع، بما في ذلك أولئك الذين ليس لديهم خلفية تقنية.

بدلًا من تقديم المعلومات على شكل جداول وأرقام، يمكننا استخدام الرسوم البيانية والرسوم البيانية ولوحات المعلومات (لوحات المعلومات). إحدى الأدوات الأكثر شيوعًا ومرونة لتصور البيانات المنظمة في بايثون هي مكتبة Matplotlib (الشكل9-7.2 ، الشكل10-7.2). تتيح لك إنشاء مخططات ثابتة ومتحركة وتفاعلية، وتدعم مجموعة واسعة من أنواع المخططات.

- لتصور نتائج التحقق من السمات من نظام RPM (الشكل7-7.2) ، يمكنك استخدام الاستعلام التالي لنموذج اللغة:

> اكتب كودًا لتصور بيانات DataFrame ، أعلاه (الشكل7-7.2)، مع رسم بياني للنتائج لإظهار تكرار الأخطاء في السمة ⏎

- استجابة LLM في شكل كود وتصور جاهز مباشرة في غرفة دردشة LLM لنتائج تنفيذ الكود:

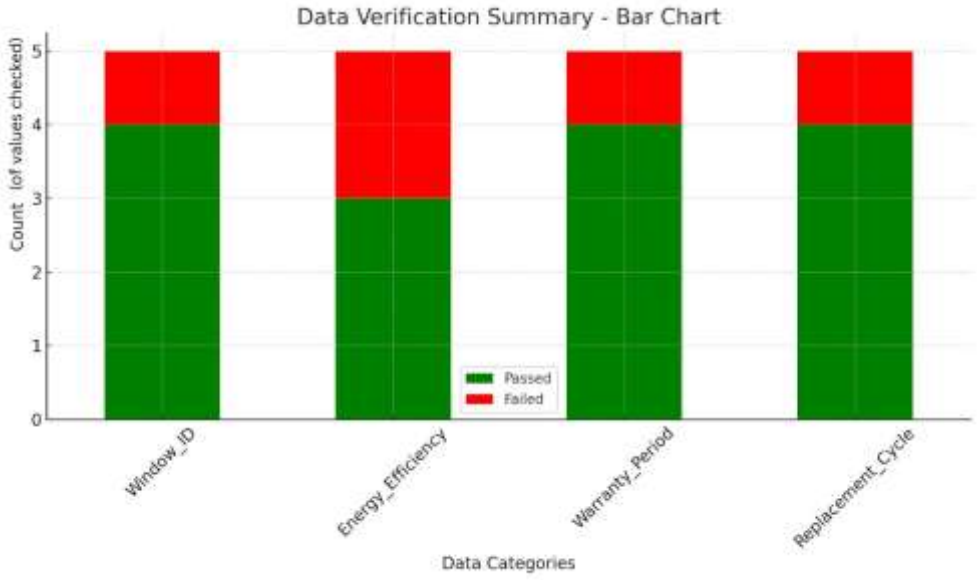
Create in LLM Chat

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



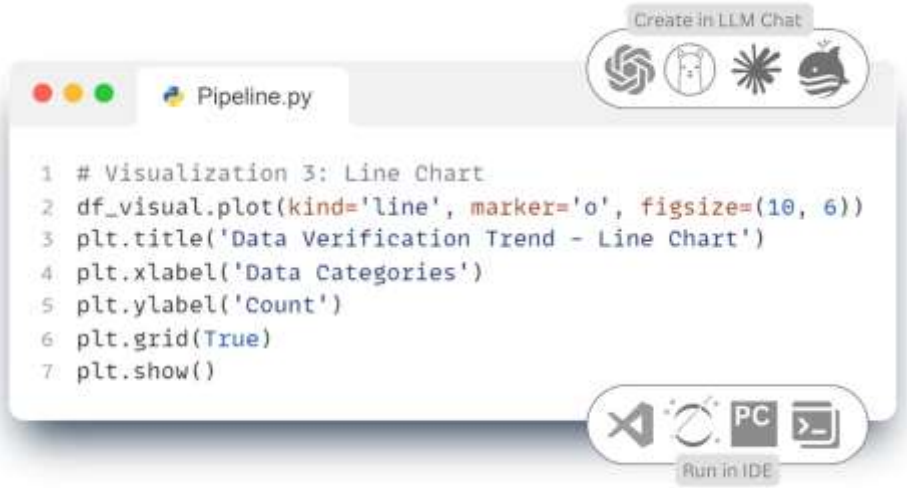
الشكل9-7.2 التصور لنتائج التحويل خطوة التحقق من قيم السمات من نظام RPM (الشكل7-7.2) كمدرج تكراري في خطوة

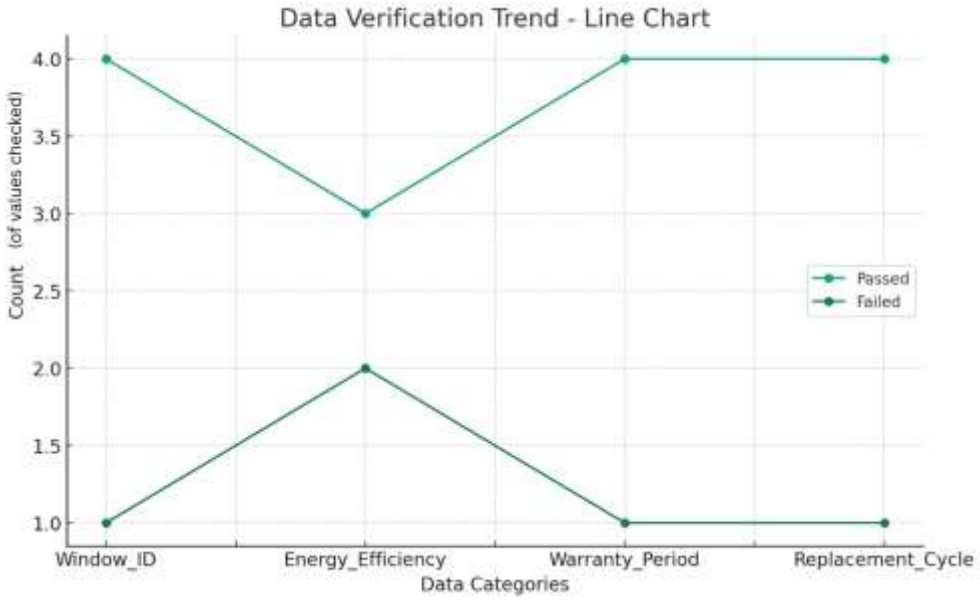
التحميل.

هناك العديد من مكتبات التصور المفتوحة المصدر والمجانية التي تتيح لك تقديم البيانات المنظمة بتنسيقات مختلفة. دعونا نواصل تصور النتائج بنوع آخر من الرسوم البيانية مع المطالبة التالية في الدردشة:

> ارسم البيانات نفسها على شكل رسم بياني للخطوط ⏎

رد LLM:





الشكل10-7.2 التصور من بيانات التحقق من الصحة (الشكل8-7.2) كمخطط خطي تم الحصول عليه باستخدام مكتبة Matplotlib.

هناك العديد من مكتبات التصور المفتوحة المصدر والمجانية مثل:

- سيبورن - للرسوم البيانية الإحصائية (الشكل11-7.2)
- بلوتلي - لتصورات الويب التفاعلية (الشكل12-7.2 ، الشكل6-7.1)
- Altair - للتصور التوضيحي
- اندفاعة أو ستريمليت - لإنشاء لوحات معلومات كاملة

ليس من الضروري معرفة مكتبات محددة للتصور - فالأدوات الحديثة، بما في ذلك LLM ، تسمح لك بإنشاء كود تلقائي للرسوم البيانية والتطبيقات الكاملة بناءً على وصف المهمة.

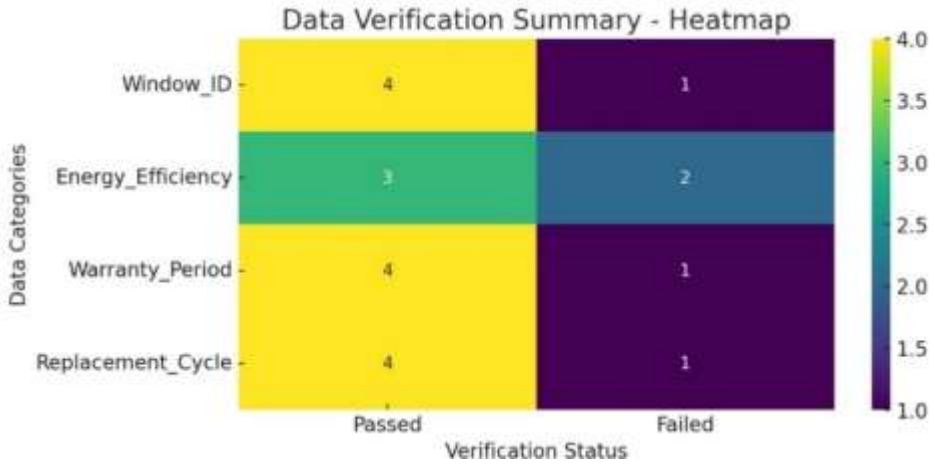
يعتمد اختيار الأداة على أهداف المشروع: سواء كان تقريرًا أو عرضًا تقديميًا أو لوحة معلومات على الإنترنت. على سبيل

المثال، تعتبر المكتبة مفتوحة المصدر Seaborn جيدة بشكل خاص للعمل مع البيانات الفئوية، مما يساعد على تحديد الأنماط والاتجاهات.

- للاطلاع على مكتبة سيبورن قيد التشغيل ، يمكنك إما أن تطلب من LLM استخدام المكتبة المطلوبة مباشرة أو إرسال طلب نصي مماثل إلى LLM على:

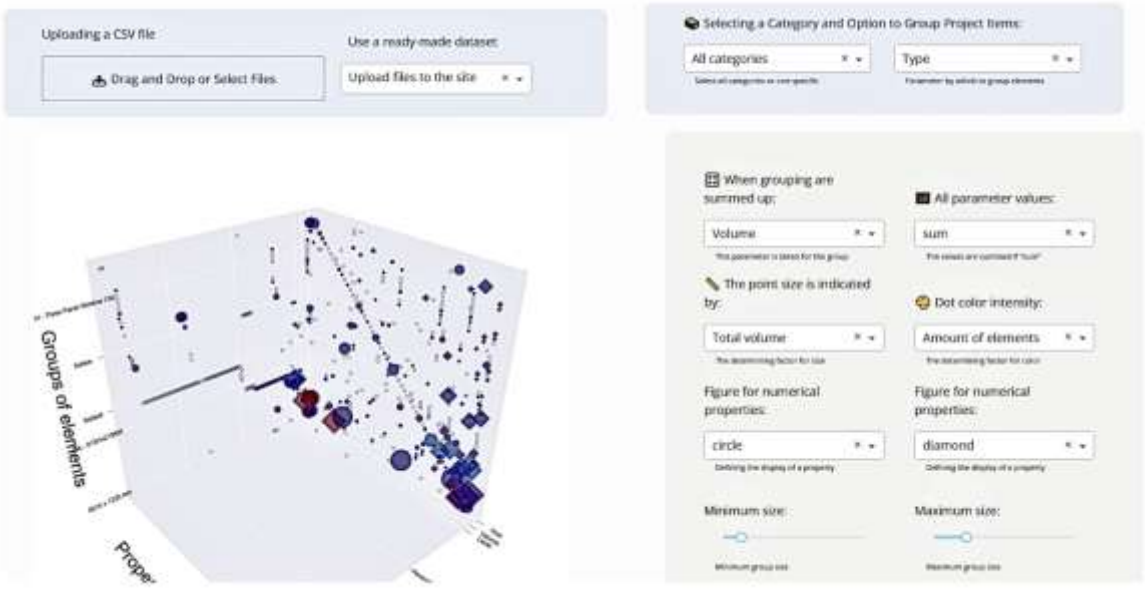
> إظهار الخريطة الحرارية ⏎

- إجابة LLM في شكل كود ورسم بياني مكتمل، يمكن الآن نسخ كود الرسم البياني الخاص به في IDE، ويمكن نسخ الرسم البياني نفسه أو حفظه للصقه في مستند:



الشكل7.2-11 تصور نتائج التحقق من صحة البيانات (الشكل7.2-8) باستخدام مكتبة سيبورن.

بالنسبة لأولئك الذين يفضلون نهجًا تفاعليًا، هناك أدوات تتيح لك إنشاء مخططات ولوحات ديناميكية مع القدرة على التفاعل. توفر مكتبة Plotly (الشكل7.1-6 ، الشكل7.2-12) القدرة على إنشاء مخططات ولوحات تفاعلية للغاية يمكن تضمينها في صفحات الويب وتسمح للمستخدم بالتفاعل مع البيانات في الوقت الفعلي.



الشكل7.2-12 تفاعلي ثلاثي الأبعاد -تصور سمات العناصر من مشروع (BIM-) CAD- باستخدام مكتبة بلوتلي.

توفر المكتبات المتخصصة مفتوحة المصدر بوكيه ، وداش و ستريمليت طريقة ملائمة لتقديم البيانات دون الحاجة إلى

معرفة عميقة بتطوير الويب. Bokeh مناسبة للرسوم البيانية التفاعلية المعقدة، وتستخدم Dash لبناء لوحات معلومات تحليلية كاملة، وتتيح لك Streamlit إنشاء تطبيقات ويب لتحليل البيانات بسرعة.

من خلال أدوات التصور هذه، يمكن للمطورين والمحللين نشر النتائج بفعالية على الزملاء وأصحاب المصلحة، مما يتيح التفاعل السهل مع البيانات وتبسيط عملية اتخاذ القرار.

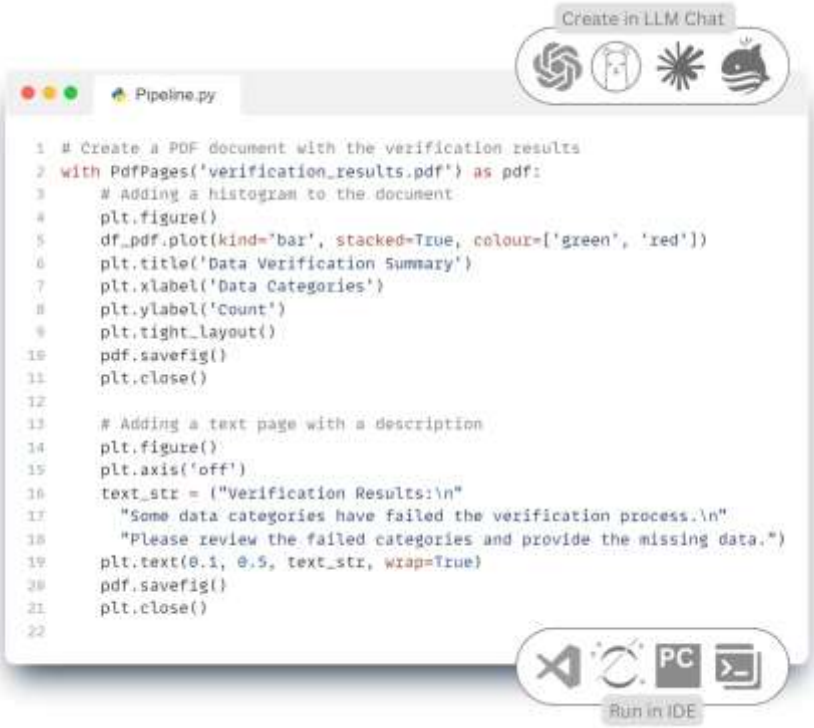
ETL Load: الإنشاء التلقائي لمستندات PDF

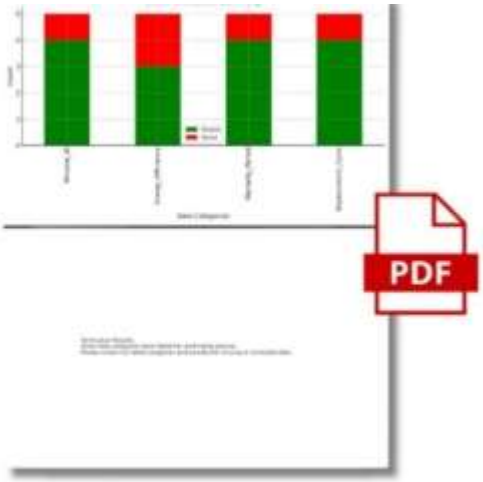
في مرحلة تحميل البيانات، لا يمكنك فقط تصور البيانات وتحميلها إلى الجداول أو قواعد البيانات، بل يمكنك أيضًا إنشاء التقارير تلقائيًا، بما في ذلك الرسوم البيانية والمخططات والمؤشرات التحليلية الرئيسية اللازمة التي يتلقاها المدير أو المتخصص الذي ينتظر نتائج الفحص. يمكن أن تحتوي التقارير الآلية على كل من التعليقات والتفسير النصي للبيانات وعناصر التصور - الجداول والرسوم البيانية.

- لإنشاء ملف PDF -تقرير مع رسم بياني (الشكل9-7.2) ووصف للتحليل استنادًا إلى التحقق الذي أجريناه في الفصول السابقة، يكفي صياغة طلب في استمرار الحوار مع LLM، على سبيل المثال:

> اكتب كودًا لإنشاء ملف PDF -ملف مع رسم بياني ووصف لنتائج التحقق من صحة البيانات أعلاه (في الدردشة)، واكتب نصًا تحذيريًا بأن بعض الفئات لم يتم التحقق من صحتها وأن الناقصة تحتاج إلى ملء ⏎

- رد LLM على شكل رمز و PDF منتهي مع النتائج:





الشكل13-7.2 ينشئ الرمز الآلي مستندًا بصيغة PDF - مستندًا يحتوي على رسم بياني ببيانات الاختبار ونص بنتائج الاختبار.

يقوم الحل المكتوب تلقائيًا والمكون من 20 سطرًا فقط من التعليمات البرمجية باستخدام LLM بإنشاء مستند PDF (أو DOC) المطلوب على الفور مع عرض مرئي في شكل رسم بياني للسمات (الشكل13-7.2) يوضح عدد

البيانات التي نجحت وفشلت في التحقق من الصحة، مع إضافة كتلة نصية تلخص النتائج والتوصيات لاتخاذ مزيد من الإجراءات.

يعد الإنشاء الآلي للوثائق عنصراً أساسياً في مرحلة التحميل ، خاصة في بيئة المشروع حيث تكون سرعة إعداد التقارير والدقة أمرًا بالغ الأهمية.

ETL Load: التوليد التلقائي للوثائق من FPDF

تعد أتمتة إعداد التقارير في مرحلة ETL Load خطوة مهمة في معالجة البيانات، خاصةً عندما يلزم تقديم نتائج التحليلات في شكل يسهل توصيلها وفهمها. في صناعة البناء والتشييد، غالبًا ما يكون هذا مناسبًا للتقارير المرحلية أو إحصاءات بيانات المشروع أو تقارير ضمان الجودة أو الوثائق المالية.

واحدة من أكثر الأدوات ملاءمة لمثل هذه المهام هي المكتبة مفتوحة المصدر ، FPDF ، متاحة لكل من Python و PHP.

> توفر مكتبة FPDF مفتوحة المصدر طريقة مرنة لإنشاء المستندات من خلال التعليمات البرمجية، مما يسمح لك بإضافة رؤوس ونصوص وجداول وصور. إن استخدام التعليمات البرمجية بدلاً من التحرير اليدوي يقلل من الأخطاء ويسرّع عملية إعداد التقارير بصيغة PDF.

إحدى الخطوات الرئيسية في إنشاء مستند PDF هي إضافة العناوين والنص الرئيسي في شكل تعليقات أو أوصاف. ومع ذلك، عند إنشاء تقرير، من المهم ليس فقط إضافة نص، ولكن أيضًا تنظيمه بشكل صحيح. العناوين والمسافات البادئة وتباعد الأسطر - كل هذا يؤثر على سهولة قراءة المستند. باستخدام FPDF ، يمكنك تعيين معلمات التنسيق والتحكم في ترتيب العناصر وتخصيص نمط المستند.

FPDF يشبه إلى حد كبير من حيث المبدأ HTML. يمكن لأولئك الذين هم على دراية بالفعل بتنسيق HTML إنشاء مستندات PDF بسهولة مهما كانت درجة تعقيدها باستخدام FPDF، حيث أن بنية الكود مشابهة جداً لترميز HTML: تتم إضافة الرؤوس والنصوص والصور والجداول بطريقة مماثلة. أما أولئك الذين ليسوا على دراية بتنسيق HTML فلا داعي للقلق - يمكنك استخدام LLM ، والذي سيساعدك على الفور في تكوين الكود لإنشاء تخطيط المستند المطلوب.

- يوضح المثال التالي كيفية إنشاء تقرير برأس ونص أساسي. يؤدي تنفيذ هذا الرمز في أي IDE مع دعم Python إلى إنشاء ملف PDF يحتوي على الرأس والنص المطلوبين:

```
من Fpdf استيراد FPDF    # استيراد مكتبة FPDF
pdf = FPDF()    # إنشاء مستند PDF - مستند
pdf.add_page()    # إضافة صفحة

pdf.set_font("Arial", style='B', size='16')  # تعيين الخط: Arial، بخط عريض، حجم 16
pdf.cell(200, 10, "تقرير المشروع"، ln=صحيح، محاذاة='C')  # إنشاء عنوان وتوسيطه
pdf.set_font("Arial"، الحجم=12)  # قم بتغيير الخط إلى Arial عادي، الحجم 12
pdf.multi_cell(0, 10, "يحتوي هذا المستند على بيانات عن نتائج التحقق من ملف المشروع...")  # إضافة نص متعدد الأسطر
pdf.output(r "C:\\reports\report.pdf")  # حفظ ملف PDF -file
```

الشكل7.2.7-14 ببضعة أسطر من كود بايثون ، يمكننا إنشاء مستند نصي PDF الذي نحتاجه تلقائيًا.

عند إعداد التقارير، من المهم أن نأخذ في الاعتبار أن البيانات التي يتشكل منها المستند نادراً ما تكون ثابتة. فالرؤوس

والكتل النصية (الشكل7.2-14) غالباً ما تتشكل ديناميكياً، وتتلقى القيم في مرحلة التحويل في عملية التحويل.

> يتيح لك استخدام الكود إنشاء مستندات تحتوي على معلومات محدثة: اسم المشروع، وتاريخ إنشاء التقرير، بالإضافة إلى معلومات عن المشاركين أو الحالة الحالية. يسمح لك استخدام المتغيرات في الكود بإدراج هذه البيانات تلقائيًا في الأماكن المطلوبة في التقرير، مما يلغي تمامًا الحاجة إلى التحرير اليدوي قبل الإرسال.

بالإضافة إلى النصوص والعناوين البسيطة، تحتل الجداول مكانة خاصة في وثائق المشروع. تحتوي كل وثيقة تقريبًا على بيانات منظمة: من أوصاف الكائنات إلى نتائج الفحص. لا يسمح التوليد التلقائي للجداول استنادًا إلى البيانات من مرحلة التحويل بتسريع عملية إعداد المستند فحسب، بل يسمح أيضًا بتقليل الأخطاء عند نقل المعلومات. يسمح برنامج FPDF بإدراج الجداول في ملفات PDF (كنص أو صور)، وتعيين حدود الخلايا وأحجام الأعمدة والخطوط (الشكل7.2-15). وهي ملائمة بشكل خاص عند العمل مع البيانات الديناميكية، عندما يمكن أن يختلف عدد الصفوف والأعمدة حسب مهام المستند.

- يوضح المثال التالي كيفية أتمتة إنشاء الجداول، على سبيل المثال مع قوائم المواد أو التقديرات أو نتائج اختبار المعلمات:

```
البيانات = [
    ["الصنف"، "الكمية"، "السعر"]،  # عناوين الأعمدة
    ["خرسانة"، "10 متر مكعب"، "$ 500."]،  # بيانات الصف الأول
    ["حديد التسليح"، "2 طن"، "$ 600"]،  # بيانات الصف الثاني
    ["الطوب"، "5000 قطعة"، "$ 750."]، # بيانات الصف الثالث.
]
```

```
pdf = FPDF () # إنشاء مستند PDF - مستند
pdf.add_page() # إضافة صفحة
pdf.set_font("Arial"، الحجم=12) # تعيين الخط

بالنسبة للصف في البيانات: # البحث في صفوف الجدول
    بالنسبة للعنصر في الصف: # انتقل عبر الخلايا في الصف
        pdf.cell(60, 10, item, border=1) # إنشاء خلية بحدود وعرض 60 وارتفاع 10
    pdf.ln() # الانتقال إلى السطر التالي
pdf.output(r "C:\reports\table.pdf") # حفظ ملف PDF -file
```

Item	Quantity	Price
Concrete	10 m³	$500
Rebar	2 t.	$600
Brick	5000 pcs.	$750

table.pdf

الشكل15 - 7.2 - 7.2 يمكنك إنشاء نص تلقائيًا ليس فقط نصًا ولكن أيضًا أي معلومات جدول من خطوة التحويل في ملف PDF.

في سيناريوهات إعداد التقارير الحقيقية، عادةً ما تكون الجداول عبارة عن معلومات يتم إنشاؤها ديناميكيًا يتم الحصول عليها في مرحلة تحويل البيانات. في المثال المعطى (الشكل15-7.2) يتم إدراج الجدول في مستند PDF في شكل ثابت: تم وضع البيانات الخاصة بالمثال في قاموس البيانات (السطر الأول من الكود)، في الظروف الحقيقية يتم ملء متغير البيانات هذا تلقائيًا بعد تجميع إطار البيانات على سبيل المثال.

في الممارسة العملية، غالبًا ما يتم بناء هذه الجداول على أساس البيانات المنظمة القادمة من مصادر ديناميكية مختلفة: قواعد البيانات، أو ملفات Excel -ملفات، أو واجهة برمجة التطبيقات -واجهات أو نتائج الحسابات التحليلية. في معظم الأحيان في مرحلة التحويل (ETL)، يتم تجميع البيانات أو تجميعها أو تصفيتها - وبعد ذلك فقط يتم تحويلها إلى مجاميع في شكل رسوم بيانية أو جداول ثنائية الأبعاد تُعرض في التقارير. وهذا يعني أن

محتوى الجدول يمكن أن يتغير بناءً على المعلمات المحددة أو فترة التحليل أو مرشحات المشروع أو إعدادات المستخدم.

> إن استخدام أطر البيانات ومجموعات البيانات الديناميكية في مرحلة التحويل يجعل عملية إعداد التقارير في مرحلة التحميل مرنة وقابلة للتطوير والتكرار بسهولة قدر الإمكان دون الحاجة إلى التدخل اليدوي.

إلى جانب الجداول والنصوص، يدعم FPDF أيضًا إضافة رسوم بيانية للبيانات المجدولة، مما يسمح لك بتضمين الصور التي تم إنشاؤها باستخدام Matplotlib أو مكتبات التصور الأخرى التي ناقشناها أعلاه في التقرير. يمكن إضافة أي رسوم بيانية ومخططات ومخططات بيانية إلى المستند باستخدام الكود.

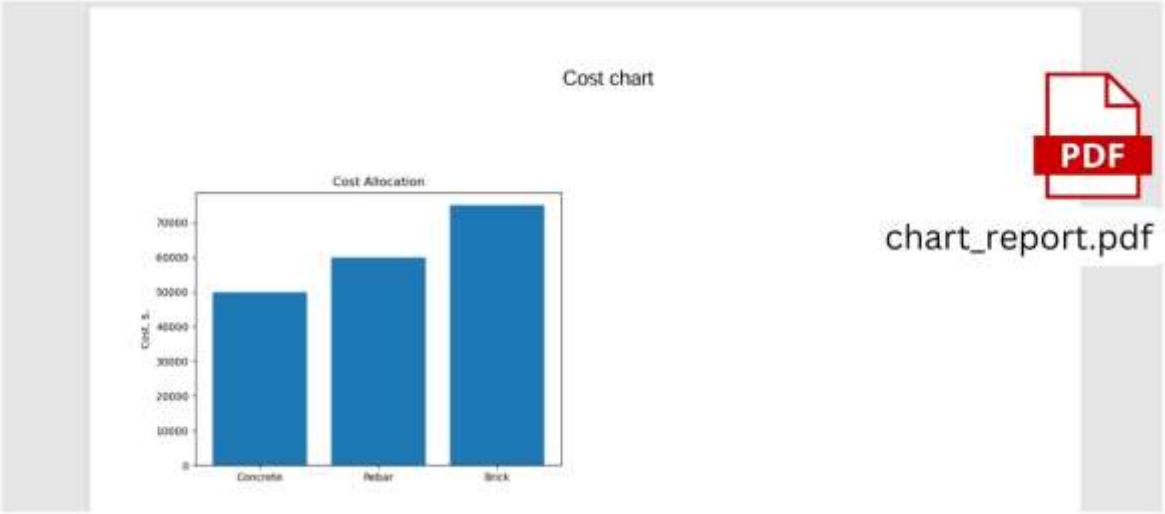
- باستخدام مكتبة Python FPDF ، دعنا نضيف رسمًا بيانيًا تم إنشاؤه مسبقًا باستخدام Matplotlib. إلى مستند PDF:

```
استيراد matplotlib.pyplot ك plt  # استيراد Matplotlib لإنشاء المخططات

fig، ax = plt.subplots()  # إنشاء الشكل والمحاور للرسم البياني
الفئات = ["خرسانة"، "خرسانة"، "حديد تسليح"، "طوب"]  # أسماء الفئات
القيم = [50000، 60000، 75000]  # قيم الفئات
ax.bar(الفئات، القيم)  # إنشاء مخطط شريطي
plt.ylabel("القيم،$.")  # قم بتوقيع المحور Y
plt.title("توزيع التكلفة")  # إضافة عنوان
plt.savefig(r "C:\ \ \reports\chart\chart\chart\chart.png")  # احفظ المخطط كصورة

pdf = FPDF ()  # إنشاء ملف PDF - مستند
pdf.add_page()  # إضافة صفحة
pdf.set_font("Arial"، الحجم=12)  # تعيين الخط
pdf.cell(200, 10, "مخطط التكلفة"، ln=صحيح، محاذاة="C")  # إضافة رأس

pdf.image(r "C:\ \reports\chart\chart\chart\chart.png", x=10, y=30, w=100)  # إدراج الصورة في
ملف PDF (س، ص - الإحداثيات، ث - العرض)
pdf.output(r "C:\\reports\chart_report.pdf")  # احفظ ملف PDF
```



الشكل16-7.2.7 باستخدام عشرات الأسطر من التعليمات البرمجية، يمكنك إنشاء رسم بياني وحفظه ثم لصقه في مستند PDF.

مع برنامج FPDF ، تصبح عملية إعداد المستندات ومنطقها شفافة وسريعة ومريحة. وتسمح القوالب المدمجة في الكود بإنشاء مستندات ببيانات محدثة، مما يلغي الحاجة إلى الملء اليدوي.

> استخدام أتمتة ETL - بدلاً من إعداد التقارير اليدوية التي تستغرق وقتًا طويلاً، يمكن للمتخصصين التركيز على تحليل البيانات واتخاذ القرارات، بدلاً من اختيار الأداة المناسبة للعمل مع مستودع بيانات معين بواجهة مستخدم واضحة.

وبالتالي، فإن مكتبة FPDF توفر أداة مرنة للإنشاء الآلي للمستندات مهما كانت درجة تعقيدها - بدءًا من التقارير الفنية القصيرة إلى الملخصات التحليلية المعقدة مع الجداول والرسوم البيانية، مما يسمح ليس فقط بتسريع تدفق المستندات، بل يقلل أيضًا بشكل كبير من احتمالية حدوث أخطاء مرتبطة بإدخال البيانات وتنسيقها يدويًا.

ETL التحميل: إعداد التقارير والتحميل إلى أنظمة أخرى

في مرحلة التحميل، تم إنشاء النتائج في شكل جداول ورسوم بيانية وتقارير PDF نهائية معدة وفقًا للمتطلبات المحددة. علاوةً على ذلك، من الممكن تصدير هذه البيانات إلى تنسيقات يمكن قراءتها آليًا (مثل CSV)، وهو أمر ضروري للتكامل مع الأنظمة الخارجية مثل ERP و CAFM و CPM ومنصات ذكاء الأعمال وغيرها من حلول الشركات أو الصناعة. بالإضافة إلى CSV، يمكن إجراء عمليات التحميل إلى XLSX أو JSON أو XML أو مباشرةً إلى قواعد البيانات التي تدعم التبادل التلقائي للمعلومات.

لتوليد الكود المناسب لأتمتة خطوة التحميل، ما عليك سوى الاستعلام عن واجهة LLM - الواجهة، على سبيل المثال: ChatGPT ، أو LlaMa ، أو Mistral ، أو DeepSeek ، أو Grok ، أو Claude ، أو QWEN:

> اكتب كودًا لإنشاء تقرير بنتائج التحقق من صحة البيانات في DataFrame ، حيث يتم حساب الأعمدة التي تسبقها كلمة "تم التحقق من صحتها_" وإعادة تسميتها إلى "تم التحقق من صحتها" و"فشلت"، ويتم استبدال القيم المفقودة بـ 0، ثم يتم تصدير الصفوف التي تجتاز جميع عمليات التحقق من الصحة فقط إلى ملف CSV -file.

رد LLM:

الشكل17-7.2 يتم تصدير البيانات التي تم التحقق من صحتها التي تم الحصول عليها في خطوة التحويل من إطار البيانات النهائي إلى ملف CSV - ملف للتكامل مع الأنظمة الأخرى.

يقوم الرمز أعلاه (الشكل17-7.2) بتنفيذ المرحلة الأخيرة من عملية ETL - العملية، وهي عملية التحميل، حيث يتم حفظ البيانات التي تم التحقق منها بصيغة CSV ، المتوافقة مع معظم الأنظمة وقواعد البيانات الخارجية. وبالتالي، نكون قد أكملنا الدورة الكاملة لعملية ETL ، بما في ذلك الاستخراج والتحويل والتصور والتوثيق وتصدير البيانات إلى الأنظمة والتنسيقات التي نحتاجها، مما يضمن إمكانية التكرار والشفافية وأتمتة العمل مع المعلومات.

يمكن استخدام خط أنابيب ETL لمعالجة المشاريع الفردية والتطبيقات واسعة النطاق - عند تحليل مئات أو آلاف البيانات الواردة في شكل مستندات أو صور أو عمليات مسح ضوئي أو مشاريع CAD أو سحب نقطية أو ملفات PDF أو غيرها من المصادر القادمة من الأنظمة الموزعة. إن القدرة على أتمتة العملية بشكل كامل لا تجعل من عملية أتمتة ETL مجرد أداة معالجة تقنية، بل تجعلها أساس البنية التحتية لمعلومات البناء الرقمية.

ETL مع LLM: تصور بيانات من مستندات PDF - المستندات

حان الوقت للانتقال إلى بناء عملية ETL كاملة تغطي جميع المراحل الرئيسية لمعالجة البيانات في سيناريو واحد - الاستخراج والتحويل والتحميل. دعنا ننشئ خط أنابيب ETL-Pipeline آليًا يسمح لك بمعالجة مستندات PDF دون عمل يدوي - استخراج البيانات من المستندات وتصورها وتحليلها ونقلها إلى أنظمة أخرى.

سيتم وصف عملية ETL في مثالنا من خلال المطالبات، والتي يجب أن تشرح لنموذج اللغة (LLM) جميع عمليات ETL مع وصف للنتيجة النهائية التي سيتم الحصول عليها. في هذه الحالة، تتمثل المهمة في العثور على جميع ملفات PDF في المجلد المحدد ومجلداته الفرعية، واستخراج المعلومات ذات الصلة منها - مثل أسماء المواد والكميات والتكاليف - وتقديم النتيجة كجدول منظم (DataFrame) لإجراء مزيد من التحليل

- أول استعلام نصي في LLM لاستخراج البيانات تلقائيًا من مستندات PDF متعددة وإنشاء إطار بيانات للبيانات لخطوة الاستخراج:

> اكتب كودًا لاستخراج معلومات المواد من ملفات PDF في مجلد معين ومجلداته الفرعية. تتضمن البيانات الموجودة في ملف PDF اسم المادة والكمية والتكلفة. يجب حفظ النتيجة في إطار البيانات ⏎

رد LLM:

Create in LLM Chat

Pipeline.py

```python
import os
import pdfplumber
import pandas as pd

def extract_data(base_folder_path):
    """
    Extract material data from PDF files in the specified base
    folder and all its subfolders.Assumes each line in the PDF contains
    'Material' followed by material name, quantity, and cost.
    """
    data = []
    # Walk through each folder and subfolder in the base folder
    for folder_path, _, files in os.walk(base_folder_path):
        for file in filter(lambda f: f.endswith('.pdf'), files):
            with pdfplumber.open(os.path.join(folder_path, file)) as pdf:
                # Process each page in the PDF
                for page in pdf.pages:
                    # Splitting text into lines
                    for line in page.extract_text().split('\n'):
                        # Check if the line contains material data
                        if 'Material' in line:
                            parts = line.split()
                            # Append data to list; convert quantity and cost to float
                            data.append({'file': file, 'material': parts[1],
                            'quantity': float(parts[2]), 'cost': float(parts[3])})
    # Convert list of dictionaries to pandas DataFrame
    return pd.DataFrame(data)

# Specify the base folder path containing PDF files and subfolders with PDFs
df = extract_data(r'C:\')
```

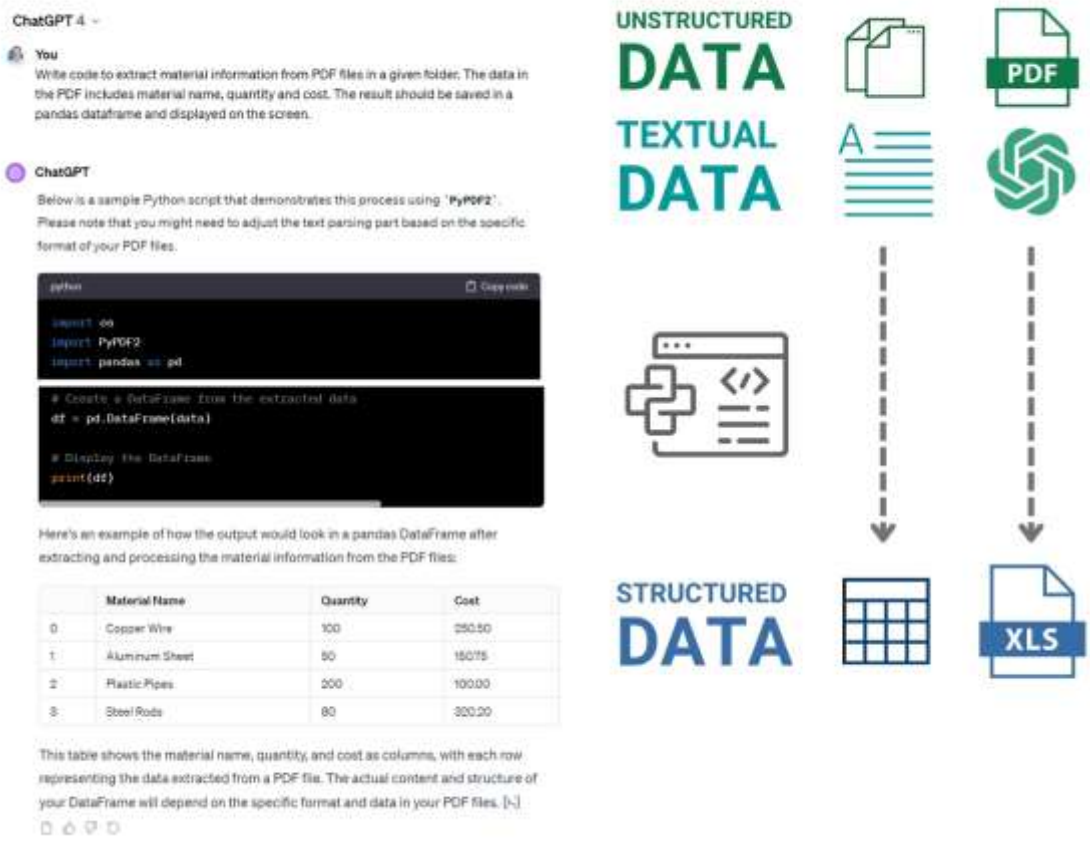
Run in IDE

الشكلLLM 7.2-18 ينشئ رمزًا برمجيًا من لغة بايثون لاستخراج البيانات من ملفات PDF في مجلد معين وجميع مجلداته الفرعية.

إن استجابة LLM استجابة (الشكل7.2-18) هي عبارة عن برنامج نصي جاهز من Python -نص برمجي يقوم تلقائيًا باجتياز جميع المجلدات وفتح ملفات PDF التي تم العثور عليها واستخراج المعلومات النصية منها وتحويلها إلى جدول. يمكن تشغيل كود الدردشة الناتج في أحد برامج IDE الشهيرة PyCharm، أو Visual Studio Code (VS Code)، أو Jupyter Notebook ، أو Spyder، أو Spyder، أو Atom، أو Sublime Text، أو Eclipse مع مكون PyDev الإضافي، أو Thonny، أو Wing IDE، أو IntelliJ IDEA مع مكون Python الإضافي، أو JupyterLab، أو الأدوات الشائعة على

الإنترنت Kaggle.com، أو Google Collab، أو Microsoft Azure Notebooks، أو Amazon SageMaker.

بدلاً من ذلك، لتبسيط عملية التجميع، بدلاً من نسخ الكود من LLM واستخدام الكود في IDE، يمكننا أيضًا تحميل عشرات ملفات PDF - ملفات مباشرة إلى دردشة LLM (الشكل19-7.2) والحصول على جدول كمخرجات، دون الحاجة إلى رؤية الكود أو تشغيله. ستكون نتيجة تنفيذ هذا الرمز جدولاً بالسمات التي حددناها.



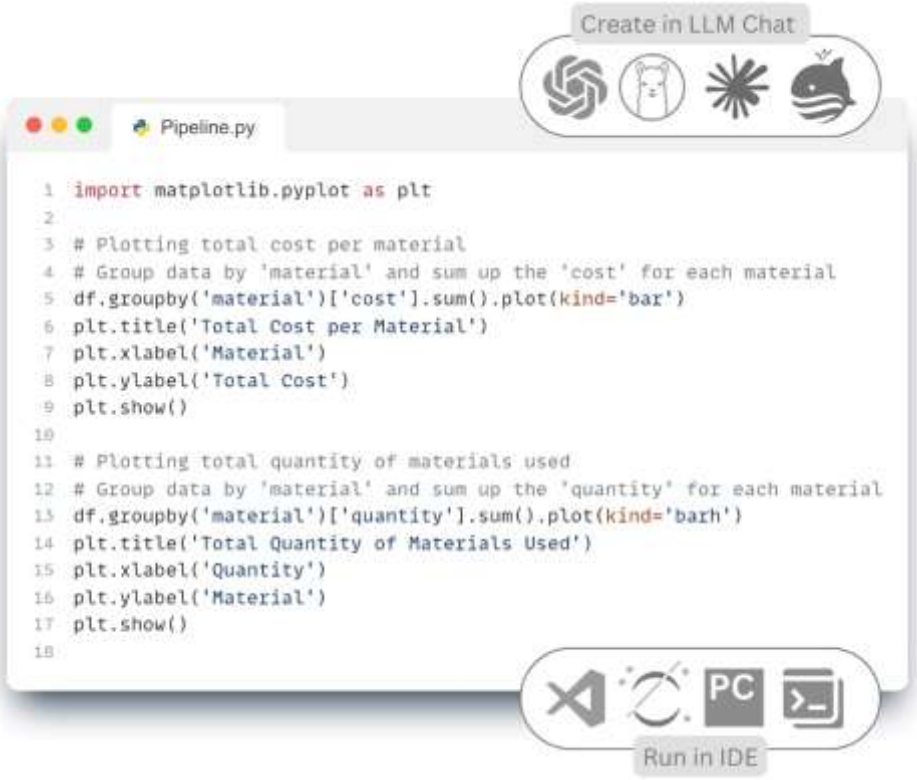
الشكل19-7.2.7 نتيجة تنفيذ التعليمات البرمجية في LLM ، والتي تستخرج البيانات من ملفات PDF -ملفات في عرض إطار بيانات منظم مع سمات محددة.

في الخطوة التالية، نطلب نموذجًا لغويًا على البيانات التي تم الحصول عليها - على سبيل المثال، لمقارنة تكلفة وحجم استخدام المواد وإنشاء بعض الأمثلة المرئية التي ستكون بمثابة أساس لمزيد من التحليل.

- اطلب في دردشة مستمرة مع LLM لرسم بعض الرسوم البيانية من الجداول التي تم إنتاجها في خطوة

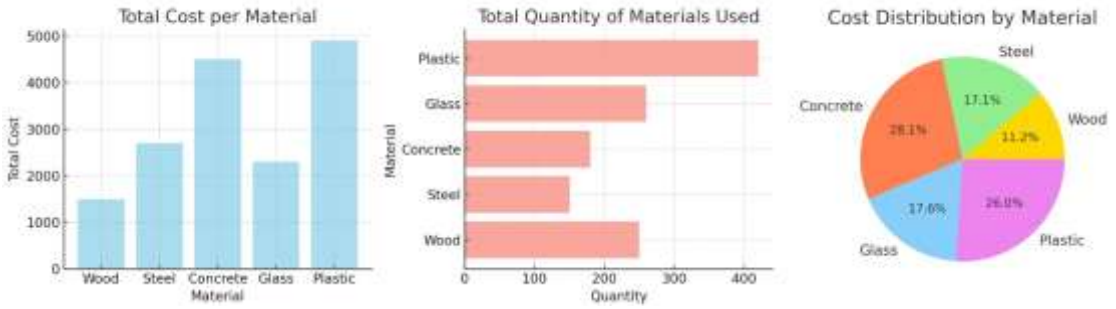
التحويل (الشكل7.2-18):

تصور التكلفة الإجمالية والكمية الإجمالية لكل مادة من إطار البيانات (الشكل7.2-18 ⏎



الشكل7.2-20 استجابة LLM - النماذج في صورة كود بايثون لتصور البيانات من إطار بيانات باستخدام مكتبة matplotlib.

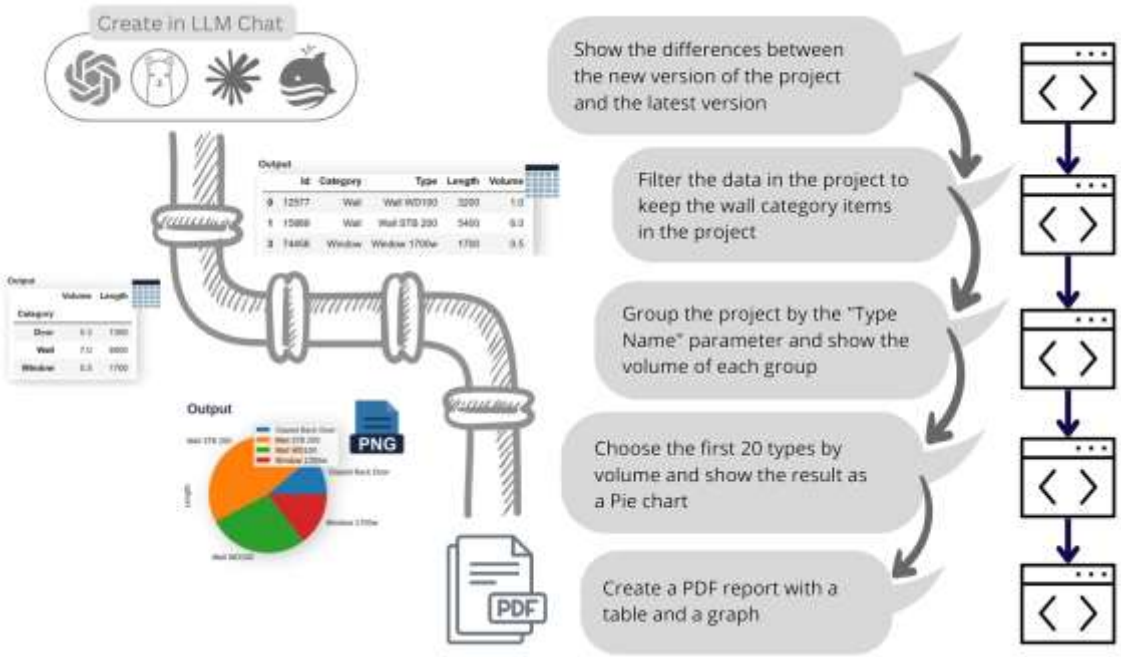
LLM يولد وينفذ تلقائيًا رمز Python - الرمز (الشكل7.2-20) باستخدام مكتبة matplotlib. بعد تنفيذ هذا الرمز، نحصل على رسوم بيانية للتكاليف واستخدام المواد في مشاريع البناء مباشرة في الدردشة (الشكل7.2-21)، مما يبسط العمل التحليلي إلى حد كبير.



الشكل21-7.2 التصور من استجابة LLM كرسوم بيانية استنادًا إلى البيانات المجمعة في DataFrame.

يتوفر الدعم في تطوير أفكار لكتابة التعليمات البرمجية ، وتحليل وتنفيذ التعليمات البرمجية، وتصور النتائج من خلال استعلامات نصية بسيطة في LLM ، دون الحاجة إلى تعلم أساسيات البرمجة. لا شك أن ظهور أدوات الذكاء الاصطناعي مثل LLM يغير بالتأكيد نهج البرمجة وأتمتة معالجة البيانات (الشكل22-7.2).

> وفقًا لتقرير PwC "ما هي القيمة الحقيقية للذكاء الاصطناعي لأعمالك وكيف يمكنك الاستفادة منه؟ (2017) [139]، ستكون أتمتة العمليات وتحسين الإنتاجية المحرك الرئيسي للنمو الاقتصادي. ومن المتوقع أن تمثل التحسينات في الإنتاجية أكثر من 55% من إجمالي نمو الناتج المحلي الإجمالي المدفوع بالذكاء الاصطناعي بين عامي 2017 و2030."



AI LLM يساعد في إنشاء مسودة كود يتم تطبيقها على المشاريع المستقبلية دون الحاجة إلى LLM.

> وباستخدام أدوات مثل ChatGPT ، وLlaMa ، وMistral ، وClaude ، وDebSeek ، وQWEN ، وGrok ، بالإضافة إلى البيانات المفتوحة والبرمجيات مفتوحة المصدر ، يمكننا أتمتة العمليات التي لم تكن تتم في السابق إلا باستخدام أنظمة متخصصة وعالية التكلفة وصعبة الصيانة ذات وحدات خاصة.

في سياق البناء، هذا يعني أن الشركات التي تكون أول من يطبق عمليات مؤتمتة لخطوط الأنابيب - البيانات ستجني فوائد كبيرة، بدءًا من تحسين كفاءة إدارة المشاريع إلى تقليل الخسائر المالية إلى التخلص من التطبيقات المجزأة ومستودعات البيانات المنعزلة.

يعد المنطق الموصوف لتنفيذ مهام الأعمال في عملية ETL جزءًا مهمًا من أتمتة التحليلات وعمليات معالجة البيانات، وهو تنوع محدد لمفهوم أوسع - خطوط الأنابيب (Pipelines).

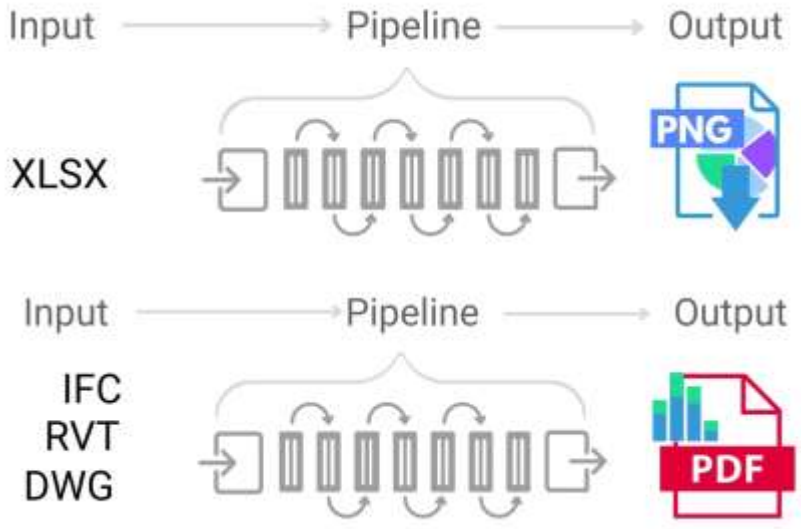
الفصل 7.3.

ناقل أوتوماتيكي من طراز etl (خط أنابيب)

خط الأنابيب: ناقل البيانات التلقائي الناقل البيانات

استُخدمت عملية ETL تقليديًا لمعالجة البيانات في النظم التحليلية، والتي تغطي كلاً من المصادر المنظمة وغير المنظمة. ومع ذلك، في البيئة الرقمية اليوم، يتم استخدام مصطلح أوسع نطاقًا بشكل متزايد - خط الأنابيب (الناقل)، والذي يصف أي سلسلة متسلسلة من المعالجة حيث تصبح مخرجات إحدى المراحل مدخلات للمرحلة التالية.

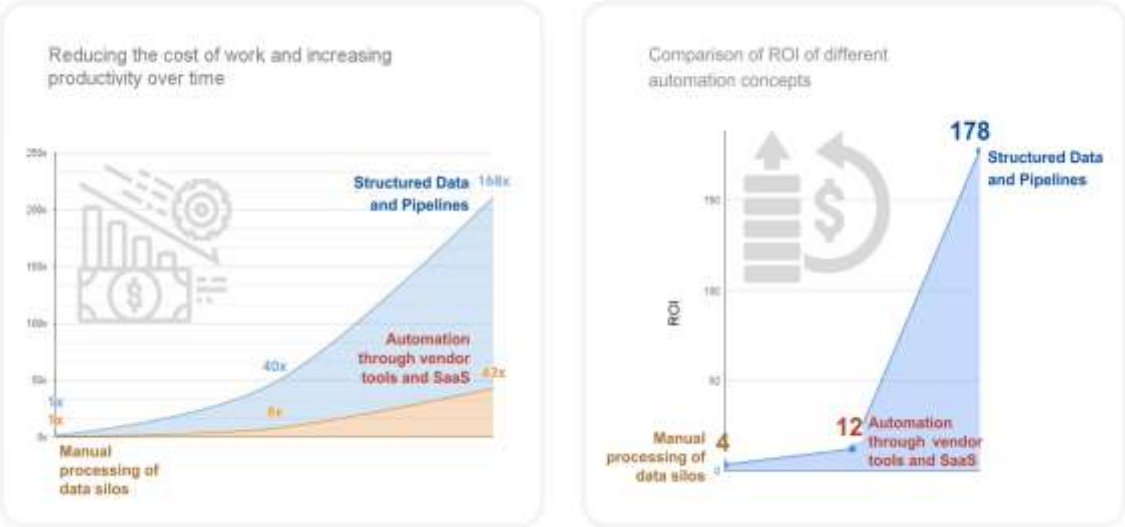
لا ينطبق هذا النهج على البيانات فحسب، بل ينطبق أيضًا على أنواع أخرى من الأتمتة: معالجة المهام، وبناء التقارير، والتكامل مع البرامج وسير العمل الرقمي (الشكل7.3-1).



الشكل7.3-7-1 خط الأنابيب هو تسلسل معالجة يصبح فيه مخرج إحدى المراحل مدخلاً للمرحلة التالية.

يعد استخدام خط الأنابيب أحد العناصر الرئيسية للأتمتة، خاصة عند العمل مع كميات كبيرة من البيانات غير

المتجانسة. تسمح بنية خط الأنابيب بتنظيم خطوات المعالجة المعقدة في شكل معياري ومتسق ويمكن التحكم فيه، مما يزيد من سهولة القراءة ويبسط صيانة الكود ويتيح التصحيح التدريجي والاختبار القابل للتطوير.



الشكلROI Pipeline 2-7-3.7 تقلل عملية التحقق من صحة البيانات من وقت التنفيذ بعشرات ومئات المرات مقارنة بالمعالجة باستخدام الأدوات الكلاسيكية [74].

على عكس العمل اليدوي في النظم الخاصة (تخطيط موارد المؤسسات ، نظام المعلومات الإدارية ، التصميم بمساعدة الحاسوب ، إلخ)، يتيح لك التخطيط بالأنابيب زيادة سرعة المهام بشكل كبير (الشكل2-7.3)، وتجنب العمل المتكرر وأتمتة بدء العمليات في الوقت المناسب (الشكل3-7.3).

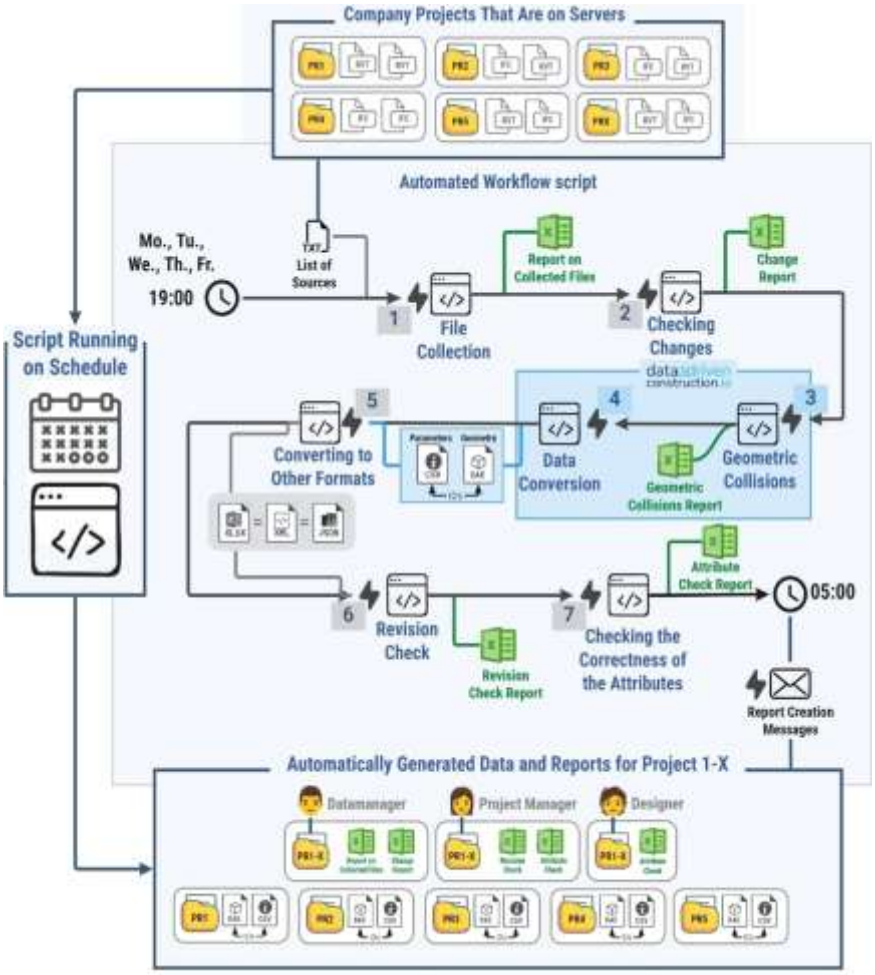
الشكل7-3-3-7 مثال ETL خط أنابيب لاشتقاق رسم بياني تلقائيًا من البيانات المجدولة في ملف XLSX دون فتح Excel.

لمعالجة البيانات المتدفقة وإنشاء خط أنابيب مؤتمت، على غرار عملية ETL، تحتاج إلى تحديد مصادر البيانات مسبقًا، بالإضافة إلى الإطار الزمني لجمعها - إما لعملية تجارية معينة، أو على مستوى الشركة بأكملها.

> في مشاريع البناء، تأتي البيانات من العديد من المصادر غير المتجانسة مع فترات تحديث مختلفة. من أجل إنشاء عرض بيانات موثوق به، من المهم تسجيل وقت استرجاع المعلومات وتحديثها. وهذا يتيح اتخاذ القرارات في الوقت المناسب ويحسن كفاءة إدارة المشروع.

أحد الخيارات هو بدء عملية التجميع في وقت محدد - على سبيل المثال، في الساعة 19:00، في نهاية يوم العمل. عند هذه النقطة، يتم تنشيط البرنامج النصي الأول المسؤول عن تجميع البيانات من مختلف الأنظمة والمخازن (الشكل7-3-4 الخطوة 1). ويلي ذلك المعالجة الآلية للبيانات وتحويلها إلى تنسيق منظم مناسب للتحليلات (الشكل7-3-4 الخطوة 2-4). في المرحلة النهائية، باستخدام البيانات المعدة، يتم إنشاء التقارير ولوحات المعلومات

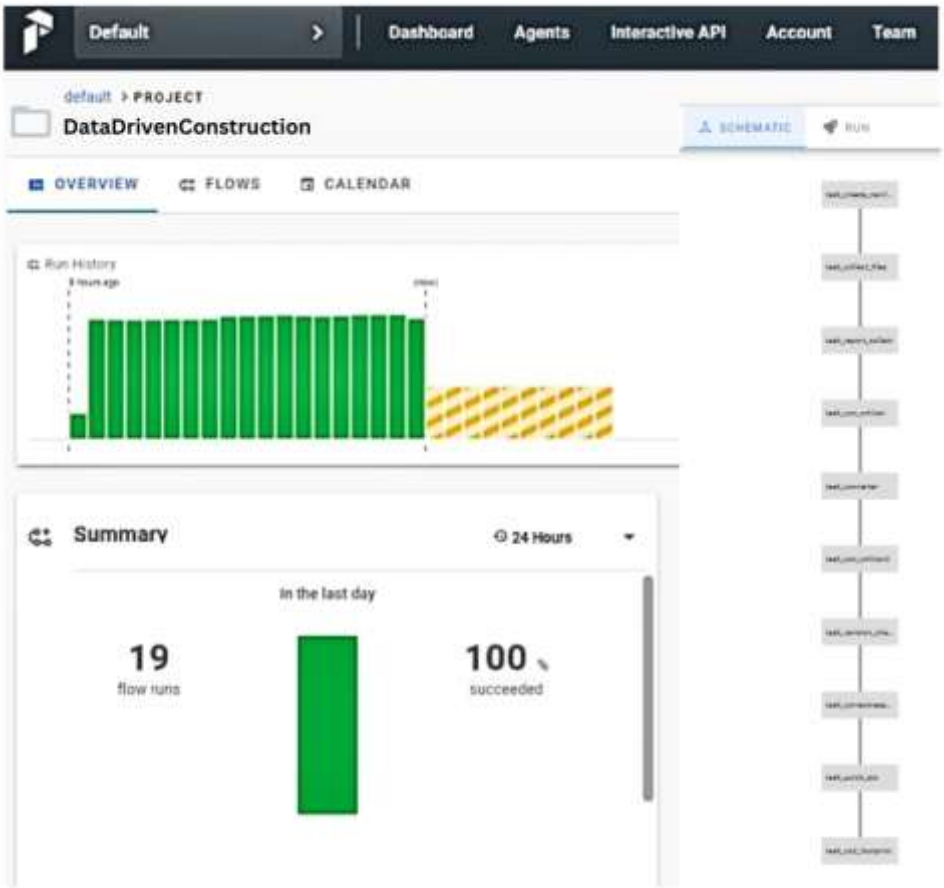
والمنتجات الأخرى الموضحة في الفصول السابقة تلقائيًا (الشكل7.3-4 الخطوة 6-7). ونتيجة لذلك، وبحلول الساعة 05:00 صباحًا، يكون لدى المديرين بالفعل تقارير محدثة عن حالة المشروع بالصيغة المطلوبة (الشكل-7.3 5).



الشكل7.3-7.4 البيانات في خط الأنابيب ، التي يتم جمعها تلقائيًا في المساء، تتم معالجتها ليلاً بحيث يكون لدى المديرين تقارير محدثة وتقارير حديثة بحلول الصباح.

إن جمع البيانات في الوقت المناسب، وتعريف مؤشرات الأداء الرئيسية، وأتمتة عمليات التحول والتصور من خلال لوحات المعلومات هي عناصر أساسية لنجاح عملية اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات.

يمكن تنفيذ مثل هذه العمليات المؤتمتة (الشكل4-7.3) باستقلالية تامة: فهي تعمل وفق جدول زمني، وتعالج البيانات دون رقابة، ويمكن نشرها إما في السحابة أو على الخادم الخاص بالشركة (الشكل5-7.3). يسمح ذلك بدمج خطوط أنابيب ETL هذه في البنية التحتية الحالية لتكنولوجيا المعلومات، مع الحفاظ على التحكم في البيانات وتوفير المرونة في التوسع.



الشكل7.5-7.3 التلقائي - الناقل العمليات (الشكل4-7.3) على منصة بريفيكت، حيث يتم تشغيل 10 نصوص برمجية من نوع بايثون بالتناوب بعد الساعة 19:00 كل يوم عمل.

لا يقتصر دور أتمتة سير العمل على زيادة إنتاجية الفريق من خلال توفير الوقت لمهام أكثر أهمية وأقل روتينية فحسب، بل يمثل أيضًا خطوة أولى مهمة نحو دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) في العمليات التجارية، والتي سنناقشها بمزيد من التفصيل في الفصل الخاص بالتحليلات التنبؤية والتعلم الآلي.

خط الأنابيب -ETL عملية التحقق من صحة البيانات مع LLM

في الفصول السابقة حول إنشاء متطلبات البيانات وأتمتة عملية تحويل البيانات ، قمنا بتقسيم عملية إعداد البيانات وتحويلها والتحقق من صحتها وتصورها خطوة بخطوة. تم تنفيذ هذه الأنشطة ككتل برمجية منفصلة (الشكل18-7.2 - الشكل20-7.2) يؤدي كل منها مهمة محددة.

الآن لدينا الهدف التالي - دمج هذه العناصر في خط أنابيب واحد متماسك وآلي لمعالجة البيانات - خط أنابيب، خط أنابيب -Pipeline - حيث يتم تنفيذ جميع المراحل (التحميل، والتحقق من الصحة، والتصور، والتصدير) بالتتابع في برنامج نصي واحد قابل للتنفيذ التلقائي.

في المثال التالي، سيتم تنفيذ دورة كاملة لمعالجة البيانات: من تحميل ملف CSV المصدر →إلى التحقق من البنية والقيم باستخدام التعبيرات العادية →حساب النتائج→ إنشاء تقرير مرئي بتنسيق PDF.

- يمكنك استخدام الاستعلام النصي التالي إلى LLM. لاسترداد الرمز المناسب:

> يُرجى كتابة نموذج كود يقوم بتحميل البيانات من CSV ، والتحقق من صحة DataFrame باستخدام التعبيرات العادية ، والتحقق من المعرفات بصيغة "W-NEW" أو "W-OLD"، وكفاءة الطاقة بالحروف من "A" إلى "G"، وفترة الضمان ودورة الاستبدال بقيم رقمية بالسنوات، وفي النهاية إنشاء تقرير مع عدد القيم الناجحة والفاشلة، وإنشاء ملف PDF مع رسم بياني للنتائج وإضافة وصف نصي. ⏎

رد LLM:

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

الشكل(ETL) Pipeline 7.3-7.6 بأتمتة الدورة الكاملة لمعالجة البيانات: بدءًا من التنزيل والتحقق من الصحة إلى إنشاء تقرير منظم بتنسيق PDF.

سوف يقوم الرمز الآلي (الشكل7.3-6) داخل غرفة دردشة LLM أو في DIE، بعد نسخ الرمز، بالتحقق من صحة البيانات من ملف CSV -ملف باستخدام التعبيرات العادية المحددة ، وإنشاء تقرير عن عدد السجلات الناجحة والفاشلة، ثم حفظ نتائج التحقق من الصحة كملف PDF.

يضمن هيكل ETL - الناقل هذا ، حيث يتم تنفيذ كل خطوة - من تحميل البيانات إلى توليد التقارير - كوحدة منفصلة، الشفافية وقابلية التوسع والتكرار. إن تقديم منطق التحقق من الصحة على هيئة كود Python سهل القراءة يجعل العملية شفافة ومفهومة ليس فقط للمطورين، ولكن أيضًا للمتخصصين في إدارة البيانات والجودة والتحليلات.

> تتيح لك منهجية Pipeline لأتمتة معالجة البيانات توحيد العمليات وزيادة قابليتها للتكرار وتبسيط التكيف مع المشاريع الجديدة. ويؤدي ذلك إلى إنشاء منهجية موحدة لتحليل البيانات، بغض النظر عن مصدر أو نوع المهمة - سواء كانت اختبار الامتثال أو إعداد التقارير أو نقل البيانات إلى أنظمة خارجية.

تقلل هذه الأتمتة من الأخطاء البشرية، وتقلل من الاعتماد على الحلول المملوكة وتزيد من دقة النتائج وموثوقيتها، مما يجعلها مناسبة لكل من التحليلات التشغيلية على مستوى المشروع والتحليلات الاستراتيجية على مستوى الشركة.

خط الأنابيب -ETL: التحقق من بيانات ومعلومات عناصر المشروع في CAD (BIM)

تعد البيانات من أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب وقواعد البيانات (BIM) من أكثر مصادر البيانات تطوراً وتحديثاً ديناميكياً في أعمال شركات الإنشاءات. لا تقتصر هذه التطبيقات على وصف المشروع باستخدام الهندسة فحسب، بل تضيف إليها أيضًا طبقات متعددة من المعلومات النصية: الأحجام، وخصائص المواد، وتخصيصات الغرف، ومستويات

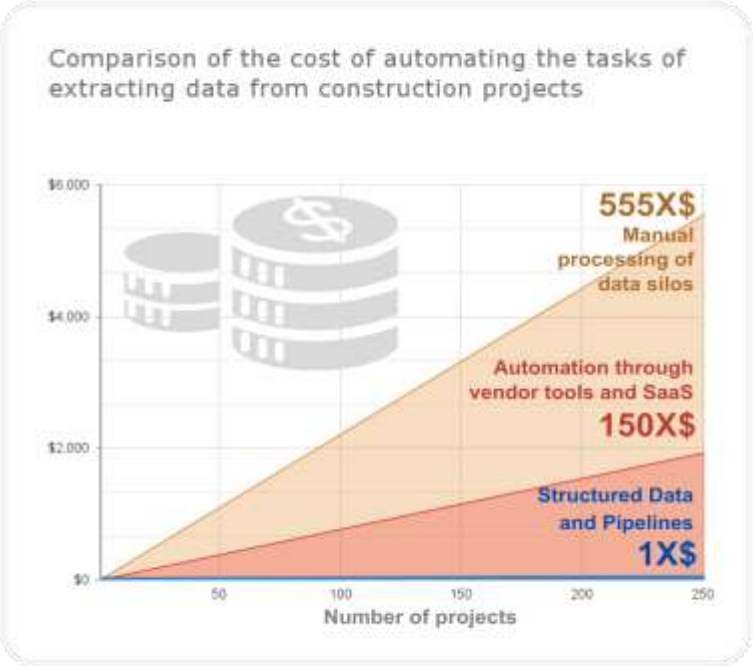
كفاءة الطاقة، والتفاوتات في الطاقة، والعمر المتوقع، وغيرها من السمات.

> تتشكل السمات المخصصة للكيانات في نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب في مرحلة التصميم وتصبح أساسًا لمزيد من العمليات التجارية، بما في ذلك تقدير التكاليف والجدولة وتقييم دورة الحياة والتكامل مع نظام تخطيط موارد المؤسسات ونظام إدارة المرافق ، حيث تعتمد كفاءة العمليات إلى حد كبير على جودة البيانات القادمة من أقسام التصميم.

ينطوي النهج التقليدي للتحقق من صحة السمات في نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM-) على التحقق اليدوي (الشكل1-2-7)، والذي يصبح عملية طويلة ومكلفة عندما يكون حجم النماذج كبيرًا. وبالنظر إلى حجم وعدد مشاريع البناء الحديثة وتحديثاتها المنتظمة، تصبح عملية التحقق من صحة البيانات وتحويلها غير مستدامة وغير قابلة للتحمل.

> ويواجه المقاولون العامون ومديرو المشاريع الحاجة إلى معالجة كميات كبيرة من بيانات المشاريع، بما في ذلك إصدارات متعددة وأجزاء من نفس النماذج. وتأتي البيانات من مؤسسات التصميم بصيغ RVT و DWG و DGN و IFC و NWD وغيرها من الصيغ (الشكل14-3.1) وتتطلب فحصاً منتظماً للتحقق من امتثالها لمعايير الصناعة والشركات

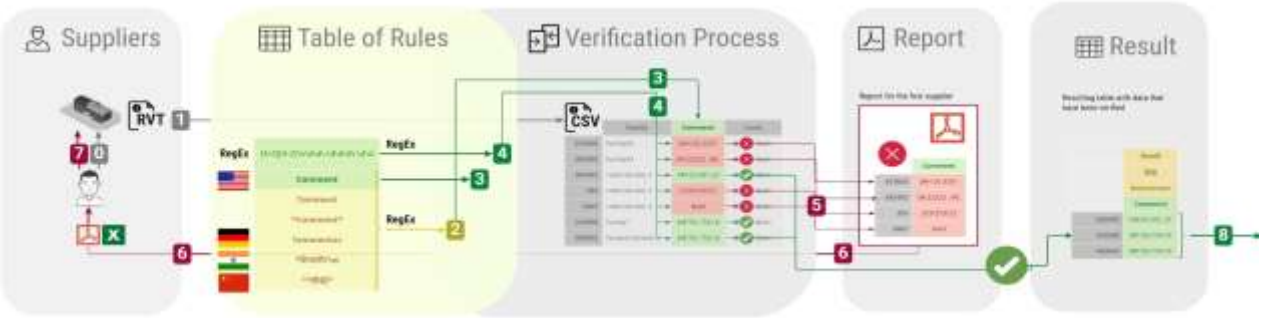
ويؤدي الاعتماد على الإجراءات اليدوية والبرمجيات المتخصصة إلى جعل عملية التحقق من صحة البيانات عنق الزجاجة في تدفقات العمل المتعلقة بالبيانات من النماذج على مستوى الشركة. ويمكن أن تؤدي الأتمتة واستخدام المتطلبات المنظمة إلى القضاء على هذا الاعتماد، مما يزيد من سرعة وموثوقية التحقق من صحة البيانات بشكل كبير (الشكل 7-7.3).



الشكل7-7.3 تزيد الأتمتة من سرعة التحقق من البيانات ومعالجتها، مما يقلل من تكلفة العمل بعشرات المرات [140].

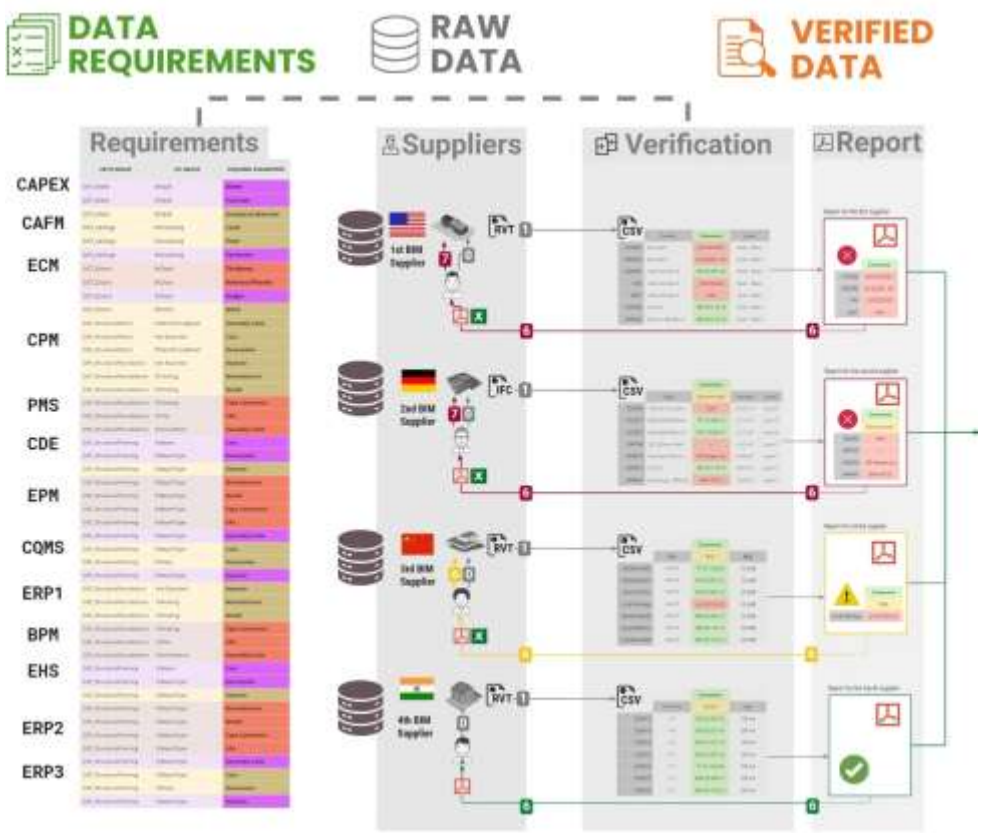
تتضمن عملية التحقق من صحة بيانات التصميم بمساعدة الحاسوب استخراج البيانات (مرحلة ETL Extract) من مختلف التنسيقات المغلقة (NWS ، DGN ، DWG ، RVT، إلخ.) أو التنسيقات المفتوحة شبه المنظمة والمعلمات (USD، CPXML ، IFC.)) أو التنسيقات المفتوحة شبه المهيكلة والبارامترية (USD، CPXML ، IFC)، حيث يمكن تطبيق جداول القواعد على كل سمة وقيمها (مرحلة التحويل) باستخدام التعبيرات العادية RegEx (الشكل8-7.3)، وهي عملية ناقشناها بالتفصيل في الجزء الرابع من الكتاب.

يجب إكمال إنشاء تقرير خطأ PDF للسجلات والسجلات التي تم التحقق من صحتها بنجاح مع إخراج (خطوة التحميل) بتنسيقات منظمة لا تأخذ في الاعتبار سوى الكيانات التي تم التحقق من صحتها والتي يمكن استخدامها في عمليات أخرى.



الشكل8-7.3 عملية التحقق من صحة البيانات من مقدمي بيانات المشروع إلى التقرير النهائي الذي تم التحقق من صحته باستخدام التعبيرات العادية.

إن أتمتة التحقق من صحة البيانات من أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) مع المتطلبات المنظمة وتدفق البيانات الجديدة التي تتم معالجتها من خلال خطوط أنابيب ETL-Pipelines (الشكل9-7.3) يقلل من الحاجة إلى المشاركة اليدوية في عملية التحقق من الصحة (تمت مناقشة كل من عمليات التحقق من الصحة ومتطلبات البيانات في الفصول السابقة).



الشكل9-7.3 تعمل أتمتة التحقق من صحة البيانات من خلال ETL على تبسيط إدارة مشاريع البناء من خلال تسريع العمليات.

تقليدياً، يمكن أن يستغرق التحقق من صحة النماذج المقدمة من المقاولين والمتخصصين في التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM) من أيام إلى أسابيع. ومع ذلك، مع إدخال عمليات التحويل الآلي للنماذج، يمكن تقليل ذلك إلى بضع دقائق. في حالة نموذجية، يقول المقاول "تم التحقق من صحة النموذج وتوافقه." يبدأ هذا البيان سلسلة من التحقق من مطالبة المقاول بجودة البيانات:

- مدير المشروع - "يقول المقاول: "لقد تم اختبار النموذج، وكل شيء على ما يرام".
- مدير البيانات - التحقق من صحة التحميل:
  - برنامج نصي بسيط في Pandas يكتشف الانتهاك في ثوانٍ. الأتمتة تقضي على النزاعات:
    - الفئة: OST_StructuralColumns، المعلمة: FireRating IS NULL.

- إنشاء قائمة بمعرفات الانتهاكات→ التصدير إلى Excel/PDF.

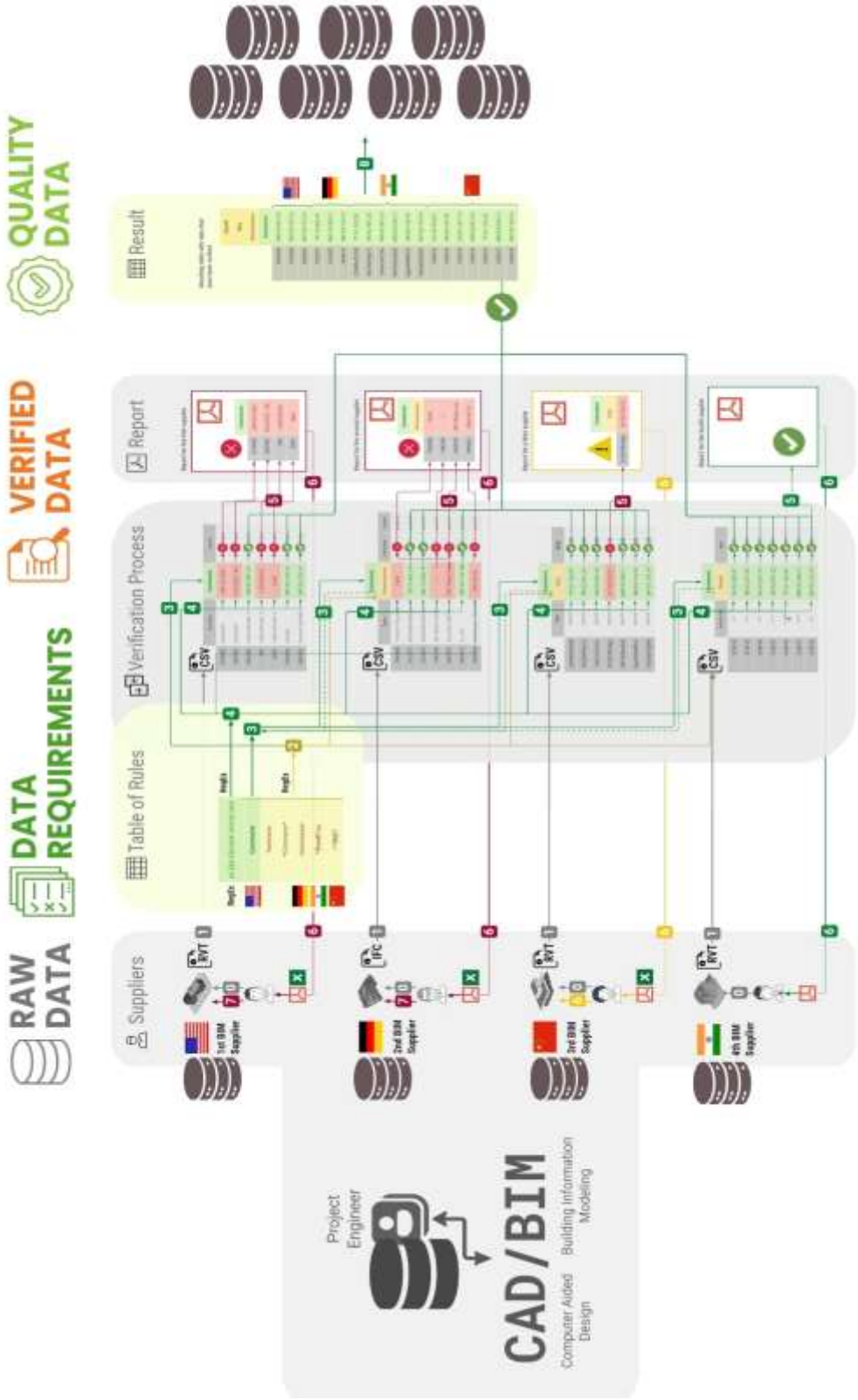
يكتشف برنامج نصي بسيط في Pandas الخرق في ثوانٍ:

```
model_data]df = model_data["الفئة"] == "OST_StructuralColumns"]  # التصفية
المشكلات = [df[df[df["FireRating"].isnull()]  # قيم فارغة
القضايا ("fire_rating_issues.xlsx").to_excel(["ElementID"]]) # تصدير المعرفات
```

- مدير البيانات إلى مدير المشروع - "يُظهر التحقق من أن 18 عمودًا لا تحتوي على معلمة FireRating غير مملوءة بمعامل FireRating."
- من مدير المشروع إلى المقاول - "يتم إرجاع النموذج للمراجعة: معلمة FireRating إلزامية، وبدونها يستحيل القبول"

ونتيجة لذلك، لا يخضع نموذج التصميم بمساعدة الحاسوب للتحقق من صحة النموذج، وتؤدي الأتمتة إلى القضاء على المنازعات، ويتلقى المقاول على الفور تقريبًا تقريرًا منظمًا يتضمن قائمة بمعرفات العناصر التي تنطوي على مشاكل. وبهذه الطريقة، تصبح عملية التحقق من الصحة شفافة وقابلة للتكرار ومحمية من الخطأ البشري (الشكل10-7.3).

يحول هذا النهج عملية التحقق من صحة البيانات إلى وظيفة هندسية بدلاً من مراقبة الجودة اليدوية. ولا يؤدي ذلك إلى زيادة الإنتاجية فحسب، بل يتيح أيضاً إمكانية تطبيق نفس المنطق على جميع مشاريع الشركة، مما يتيح التحول الرقمي الشامل للعمليات، بدءاً من التصميم وحتى العمليات.


RAW DATA
DATA REQUIREMENTS
VERIFIED DATA
QUALITY DATA
Suppliers
Table of Rules
Verification Process
Report
Result
CAD/BIM
Computer Aided Design
Building Information Modeling
Project Engineer

الشكل10-7.3 إن أتمتة التحقق من سمات العناصر يزيل الخطأ البشري ويقلل من احتمالية حدوث أخطاء.

من خلال استخدام خطوط الأنابيب المؤتمتة (الشكل10-7.3)، يمكن لمستخدمي النظام الذين يتوقعون بيانات عالية الجودة من أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM-) الحصول على بيانات المخرجات التي يحتاجونها على الفور - الجداول والمستندات والصور - ودمجها بسرعة في مهام عملهم.

> تؤدي أتمتة التحكم والمعالجة والتحليل إلى تغيير الطريقة التي يتم بها التعامل مع إدارة مشاريع البناء، وخاصة قابلية التشغيل البيني للأنظمة المختلفة، دون استخدام أنظمة معقدة ومكلفة ذات وحدات معقدة ومكلفة أو حلول البائعين المغلقة.

في حين أن المفاهيم والمختصرات التسويقية تأتي وتذهب، فإن عمليات التحقق من صحة متطلبات البيانات نفسها ستظل إلى الأبد جزءًا لا يتجزأ من العمليات التجارية. فبدلاً من إنشاء المزيد والمزيد من التنسيقات والمعايير المتخصصة، يجب على صناعة البناء والتشييد أن تتطلع إلى الأدوات التي أثبتت فعاليتها بالفعل في الصناعات الأخرى. واليوم، توجد منصات قوية لأتمتة معالجة البيانات وتكامل العمليات التي تسمح للشركات بتقليل الوقت المستغرق في العمليات الروتينية بشكل كبير وتقليل الأخطاء في الاستخراج والتحويل والتحميل.

أحد الأمثلة الشائعة لحلول أتمتة وتنسيق عمليات ETL هو Apache Airflow ، والذي يسمح بتنظيم العمليات الحسابية المعقدة وإدارة خطوط أنابيب ETL. إلى جانب Airflow، هناك حلول أخرى مماثلة مثل Apache NiFi لتوجيه البيانات وتدفقها و n8n لأتمتة عمليات الأعمال تُستخدم أيضًا بنشاط.

الفصل 7.4.

تزامن وسير العمل: حلول عملية

DAG وApache Airflow: أتمتة سير العمل وتنسيقه

Apache Airflow هي منصة مجانية ومفتوحة المصدر ، مصممة لأتمتة وتنسيق ومراقبة سير العمل (- ETL conveyors).

العمل مع كميات كبيرة من البيانات مطلوب كل يوم:

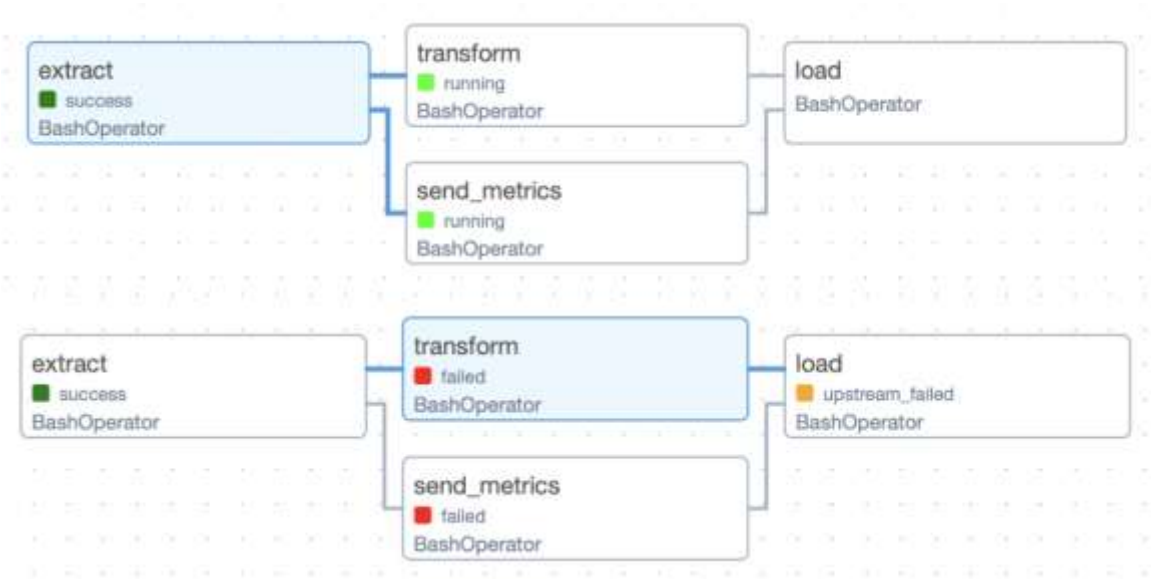
- تنزيل الملفات من مصادر مختلفة - استخراج (على سبيل المثال، من الموردين أو العملاء).
- تحويل هذه البيانات إلى الصيغة المطلوبة - التحويل (الهيكلة والتطهير والتحقق من الصحة)
- إرسال النتائج للتحقق منها وإنشاء تقارير - تحميل (التحميل إلى الأنظمة أو المستندات أو قواعد البيانات أو لوحات المعلومات المطلوبة.

يستغرق التنفيذ اليدوي لعمليات ETL هذه وقتًا طويلاً ويؤدي إلى خطر حدوث خطأ بشري. يمكن أن يتسبب أي تغيير في مصدر البيانات أو فشل في إحدى الخطوات في حدوث تأخيرات ونتائج غير صحيحة.

تسمح لك أدوات الأتمتة، مثل Apache Airflow ، ببناء ناقل موثوق به وتقليل الأخطاء وتقليل وقت المعالجة وضمان صحة البيانات في كل مرحلة. يوجد في قلب Apache Airflow مفهوم DAG (الرسم البياني الحلقية الموجهة) - وهو رسم بياني حلقي موجه ترتبط فيه كل مهمة (مشغل) بالتبعيات الأخرى ويتم تنفيذها بدقة في تسلسل محدد. يزيل DAG الدورات، مما يوفر بنية منطقية ومتوقعة لتنفيذ المهام.

يعتني Airflow بالتنسيق - إدارة التبعيات بين المهام، والتحكم في جداول التنفيذ، وتتبع الحالة والتفاعل تلقائيًا مع حالات الفشل. يقلل هذا النهج من التدخل اليدوي ويضمن موثوقية العملية بأكملها.

> منسق المهام هو أداة أو نظام مصمم لإدارة تنفيذ المهام والتحكم فيها في بيئات الحوسبة والمعلومات المعقدة. وهو يسهل عملية نشر وأتمتة وإدارة تنفيذ المهام لتحسين الأداء وتحسين الموارد.



الشكل1-7-7.4 أباتشي إيرفلو يوفر واجهة سهلة الاستخدام حيث يمكنك تصور DAG -ETL ، وعرض سجلات التنفيذ، وحالة بدء تشغيل المهمة، والمزيد.

يُستخدم Airflow على نطاق واسع لتنسيق وأتمتة الحوسبة الموزعة ومعالجة البيانات ومعالجة البيانات و ETL (استخراج وتحويل وتحميل) وإدارة العمليات وجدولة المهام وسيناريوهات البيانات الأخرى. بشكل افتراضي، يستخدم Apache Airflow بشكل افتراضي SQLite كقاعدة بيانات.

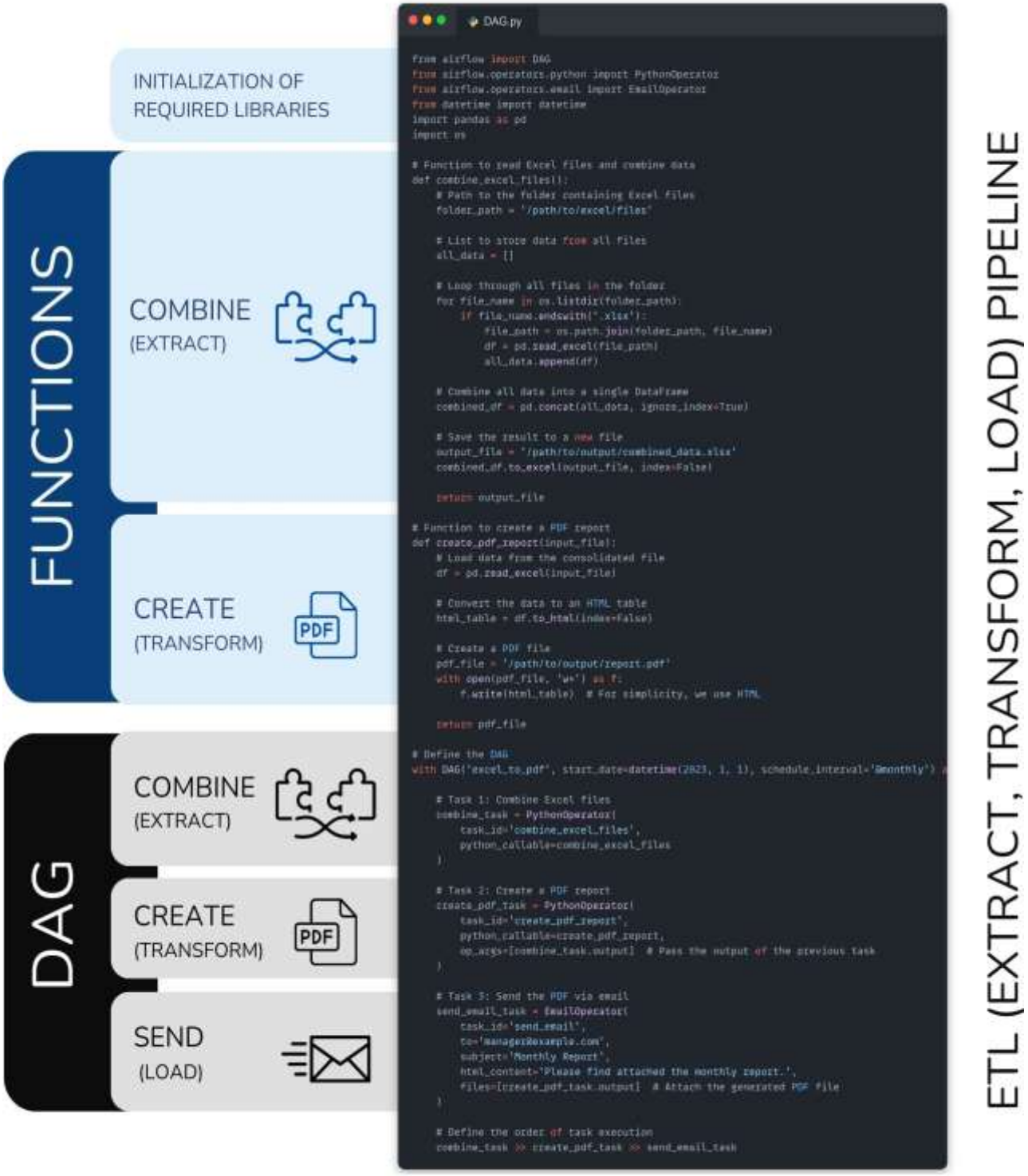
مثال على DAG بسيط ، على غرار ETL ، يتكون من مهام - استخراج وتحويل وتحميل. في الرسم البياني، الذي

يتم التحكم فيه من خلال واجهة المستخدم (الشكل7.4-1)، يتم تحديد ترتيب تنفيذ المهام (أجزاء التعليمات البرمجية): على سبيل المثال، يتم تنفيذ الاستخراج أولاً، ثم التحويل (وإرسال_المقاييس)، وتكمل مهمة التحميل العمل. عند اكتمال جميع المهام، تعتبر عملية تحميل البيانات ناجحة.

Apache Airflow: تطبيق عملي على أتمتة ETL

يُستخدم Apache Airflow على نطاق واسع لتنظيم عمليات معالجة البيانات المعقدة، مما يسمح ببناء ناقلات ETL مرنة. يمكن تشغيل Apache Airflow إما من خلال واجهة الويب أو برمجيًا من خلال كود بايثون (الشكل-7.4 2). من خلال واجهة الويب (الشكل7.4-3)، يمكن للمسؤولين والمطورين مراقبة DAGs بصريًا وتشغيل المهام وتحليل نتائج التنفيذ.

باستخدام DAG ، يمكنك تعيين تسلسل واضح للمهام، وإدارة التبعيات بينها والتفاعل تلقائيًا مع التغييرات في بيانات المصدر. لنأخذ مثالاً على استخدام Airflow لأتمتة معالجة التقارير (الشكل7.4-2).



التين2-7-7.4 مفهوم ETL - الناقل لمعالجة البيانات باستخدام Apache Airflow.

ينظر هذا المثال (الشكل2-7.4) إلى DAG ، الذي يؤدي المهام الرئيسية داخل الناقل:

- **قراءة ملفات Excel -files (استخراج):**

  - اجتياز متسلسل لجميع الملفات في دليل معين.

  - قراءة البيانات من كل ملف باستخدام مكتبة بانداس.

  - دمج جميع البيانات في ملف DataFrame واحد.

- **إنشاء مستند PDF (تحويل):**

  - قم بتحويل DataFrame المدمج إلى جدول HTML -جدول.

  - احفظ الجدول بصيغة PDF (في النسخة التجريبية - عبر HTML).

- **إرسال تقرير عبر البريد الإلكتروني (تحميل):**

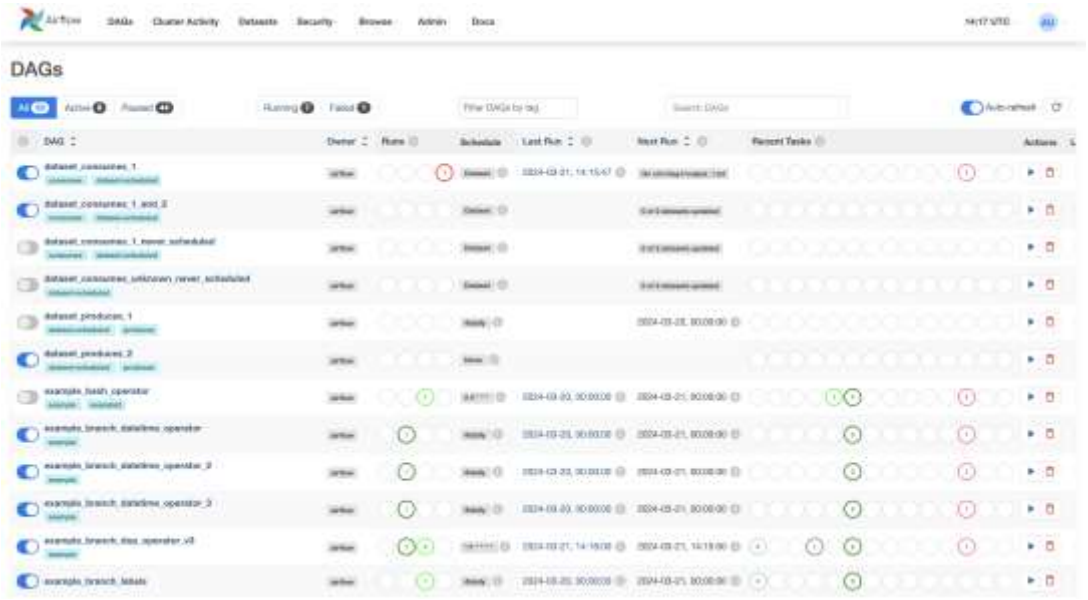
  - قم بتطبيق EmailOperator لإرسال مستند PDF - مستند عن طريق البريد الإلكتروني.

- **تكوين DAG:**

  - تحديد تسلسل المهام: استخراج البيانات→ توليد التقرير→ الإرسال.

  - تعيين جدول زمني للإطلاق (@ شهرياً - اليوم الأول من كل شهر).

يوضح مثال ETL الآلي (الشكل2-7.4) كيفية جمع البيانات من ملفات Excel وإنشاء مستند PDF وإرساله بالبريد الإلكتروني. هذه مجرد واحدة من العديد من حالات الاستخدام الممكنة ل Airflow. يمكن تكييف هذا المثال مع أي مهمة محددة لتبسيط وأتمتة معالجة البيانات.



الشكل3-7.4 نظرة عامة على جميع DAGs في البيئة مع معلومات حول عمليات التشغيل الأخيرة.

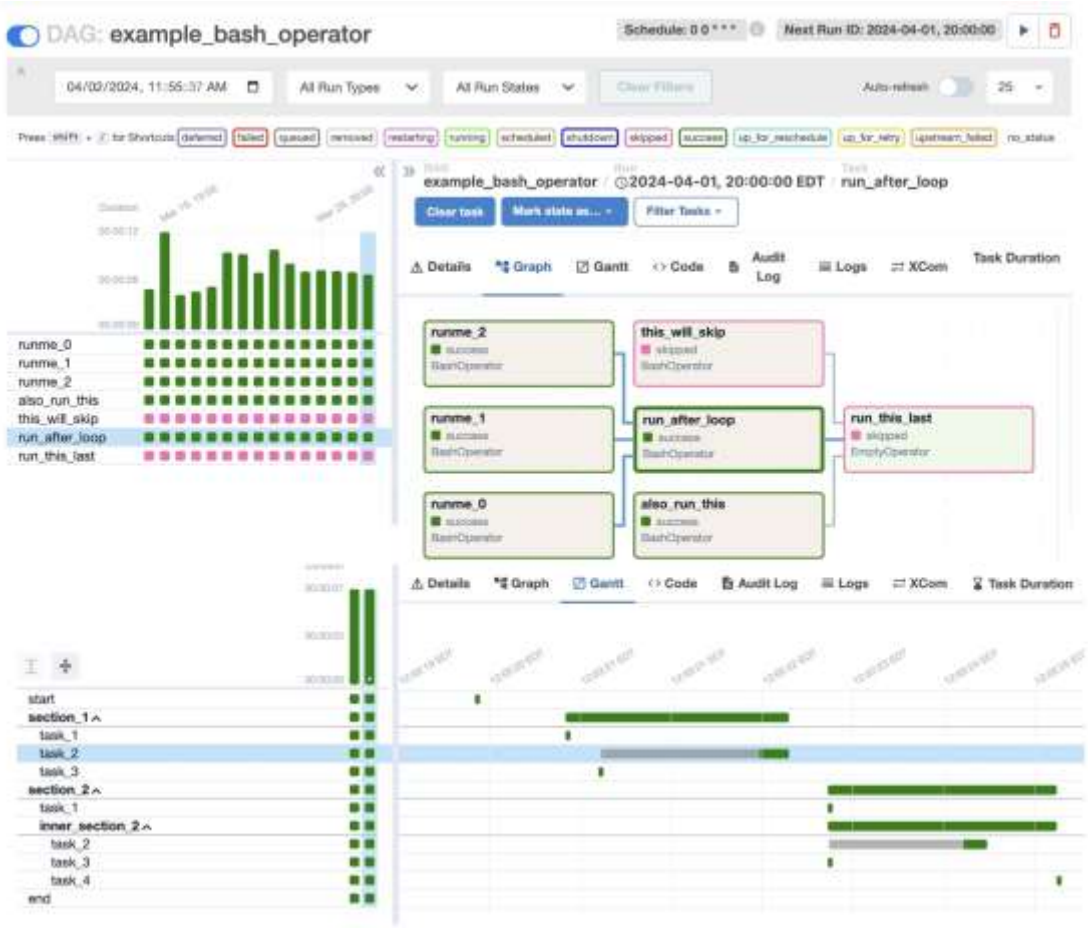
توفر واجهة الويب Apache Airflow (الشكل3-7.4) بيئة مرئية شاملة لإدارة تدفقات عمل البيانات. تعرض الواجهة DAGs كرسوم بيانية تفاعلية حيث تمثل العقد المهام وتمثل الحواف التبعيات بينها، مما يسهل تتبع تدفقات عمل البيانات المعقدة. تتضمن الواجهة لوحة معلومات تحتوي على معلومات عن حالة تنفيذ المهام وسجل التشغيل والسجلات التفصيلية ومقاييس الأداء. يمكن للمسؤولين بدء المهام يدويًا، وإعادة تشغيل العمليات الفاشلة، وتعليق DAGs، وتكوين متغيرات البيئة، كل ذلك من خلال واجهة مستخدم سهلة الاستخدام.

يمكن استكمال هذه البنية بالتحقق من صحة البيانات، والإشعارات بشأن حالة التنفيذ، والتكامل مع واجهات برمجة التطبيقات الخارجية أو قواعد البيانات. تتيح لك Airflow إمكانية تكييف DAG بمرونة: إضافة مهام جديدة، وتغيير ترتيبها، ودمج السلاسل - مما يجعلها أداة فعالة لأتمتة عمليات معالجة البيانات المعقدة. عند تشغيل DAG في واجهة الويب الخاصة بـ Airflow (الشكل3-7.4 ، الشكل4-7.4)، يمكنك مراقبة حالة المهام. يستخدم النظام إشارة ملونة:

- أخضر - تم إكمال المهمة بنجاح.
- الأصفر - العملية جارية.

- أحمر - خطأ أثناء تنفيذ المهمة.

في حالة حدوث أعطال (على سبيل المثال ملف مفقود أو بنية بيانات معطلة)، يبدأ النظام تلقائيًا في إرسال إشعار.



الشكل7-4-4-7 أباتشي أيرفلو (Apache Airflow) يبسّط إلى حد كبير تشخيص المشاكل، وتحسين العمليات، والتعاون الجماعي في خطوط أنابيب معالجة البيانات المعقدة.

يعد Apache Airflow ملائمًا لأنه يقوم بأتمتة المهام الروتينية، مما يلغي الحاجة إلى تنفيذها يدويًا. يوفر الموثوقية من خلال مراقبة تنفيذ العملية والإخطار الفوري بالأخطاء. كما أن مرونة النظام تجعل من السهل إضافة مهام جديدة أو تعديل المهام الحالية، وتكييف سير العمل لتلبية المتطلبات المتغيرة.

بالإضافة إلى Apache Airflow ، هناك أدوات مماثلة لتنسيق سير العمل. على سبيل المثال، يقدم برنامج بريفيكت المفتوح المصدر والمجاني (الشكل5-7.3) بناء جملة أبسط ويتكامل بشكل أفضل مع بايثون ، يوفر لويجي، الذي طورته شركة سبوتيفاي، وظائف مماثلة ويعمل بشكل جيد مع البيانات الضخمة. تجدر الإشارة أيضًا إلى كرونوس وداغستر، اللذان يقدمان مناهج حديثة لبناء خط الأنابيب مع التركيز على النمطية وقابلية التوسع. يعتمد اختيار أداة تزامن المهام على الاحتياجات المحددة للمشروع، ولكنها جميعًا تساعد في أتمتة عمليات البيانات المعقدة

وتجدر الإشارة بشكل خاص إلى منصة Apache NiFi ، وهي منصة مفتوحة المصدر ، مصممة لتدفق البيانات وتوجيهها. على عكس Airflow، التي تركز على معالجة الدُفعات وإدارة التبعية، تركز NiFi على تحويل البيانات في الوقت الحقيقي، والتحويل الفوري للبيانات والتوجيه المرن بين الأنظمة.

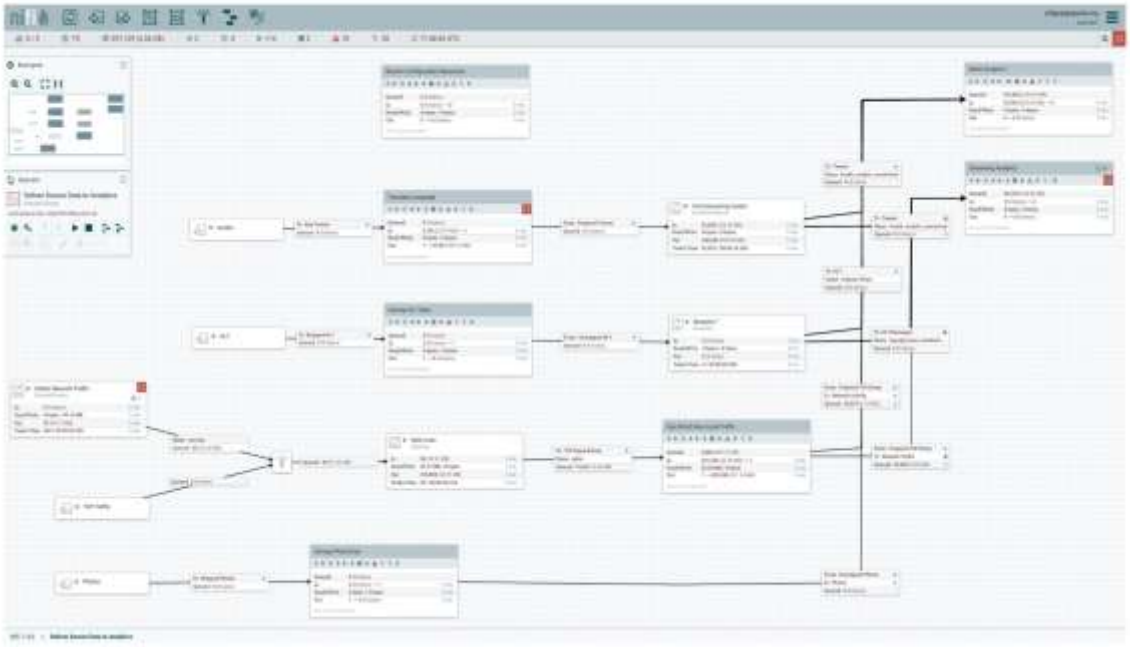
Apache NiFi للتوجيه وتحويل البيانات

Apache NiFi هي منصة قوية مفتوحة المصدر ، مصممة لأتمتة تدفق البيانات بين الأنظمة المختلفة. تم تطويره في الأصل في عام 2006 من قبل وكالة الأمن القومي الأمريكية (NSA) تحت اسم "ملفات نياغارا" للاستخدام الداخلي. في عام 2014، تم فتح المشروع ونقله إلى مؤسسة أباتشي للبرمجيات ليصبح جزءًا من مبادرات نقل التكنولوجيا الخاصة بها [141].

تم تصميم Apache NiFi لجمع البيانات ومعالجتها ونقلها في الوقت الفعلي. على عكس Airflow، الذي يعمل مع المهام المجمعة ويتطلب جداول زمنية محددة جيدًا، يعمل NiFi في وضع معالجة الدفق، مما يسمح بنقل البيانات باستمرار بين الخدمات المختلفة.

يعد Apache NiFi مثاليًا للتكامل مع أجهزة إنترنت الأشياء وأجهزة استشعار البناء وأنظمة المراقبة، وعلى سبيل المثال التحقق من صحة تدفق تنسيقات CAD على الخادم حيث قد تكون هناك حاجة إلى استجابة فورية للتغييرات في البيانات.

من خلال أدوات التصفية والتحويل والتوجيه المدمجة، يسمح نظام NiFi بتوحيد البيانات (التحويل) قبل نقلها (تحميل) إلى أنظمة التخزين أو الأنظمة التحليلية. تتمثل إحدى مزاياه الرئيسية في دعمه الأمني المدمج والتحكم في الوصول، مما يجعله حلاً موثوقاً للتعامل مع المعلومات الحساسة.



الشكل7.5-7.4 تمثيل بياني لتدفق البيانات في واجهة Apache NiFi.

يتعامل Apache NiFi بكفاءة مع مهام تدفق البيانات في الوقت الحقيقي والتصفية والتوجيه. إنه مثالي للسيناريوهات المكثفة تقنيًا حيث يكون النقل المستقر للمعلومات بين الأنظمة والإنتاجية العالية أمرًا مهمًا.

ومع ذلك، عندما يكون الهدف الرئيسي هو دمج الخدمات المختلفة وأتمتة العمليات الروتينية وإعداد تدفقات

العمل بسرعة دون معرفة عميقة بالبرمجة، فإن الحلول ذات عتبة الدخول المنخفضة والمرونة القصوى تكون مطلوبة. وإحدى هذه الأدوات هي n8n - وهي منصة من فئة منخفضة التعليمات البرمجية تركز على أتمتة الأعمال والتنسيق المرئي للعمليات.

n8n التعليمات البرمجية المنخفضة ، بدون تعليمات برمجية تنسيق العمليات

n8n هي منصة مفتوحة المصدر منخفضة الكود / بدون كود لبناء تدفقات عمل مؤتمتة، تتميز بسهولة الاستخدام والمرونة والقدرة على التكامل السريع مع مجموعة واسعة من الخدمات الخارجية.

> بدون كود هي طريقة لإنشاء منتجات رقمية بدون كتابة أكواد برمجية. يتم تحقيق جميع عناصر العملية - من المنطق إلى الواجهة - حصرياً بمساعدة الأدوات المرئية. تستهدف منصات No-Code المستخدمين الذين ليس لديهم خلفية تقنية وتتيح لك إنشاء عمليات الأتمتة والنماذج والتكاملات وتطبيقات الويب بسرعة. مثال: يقوم المستخدم بإعداد إرسال الإشعارات التلقائية أو تكامل جداول بيانات جوجل من خلال واجهة السحب والإفلات دون معرفة البرمجة.

وبفضل المصدر المفتوح وقدرات النشر المحلي، فإن n8n في عمليات الأتمتة وإنشاء خطوط أنابيب ETL Pipelines يمنح الشركات تحكمًا كاملاً في بياناتها مع ضمان الأمان والاستقلالية عن مزودي الخدمات السحابية.

على عكس Apache Airflow ، وهو موجه نحو المهام الحسابية ذات التنسيق الصارم ويتطلب معرفة بلغة Python ، يوفر n8n محررًا مرئيًا يسمح بكتابة البرامج النصية دون الحاجة إلى معرفة لغات البرمجة (الشكل-7.4 6). على الرغم من أن واجهته تسمح بإنشاء عمليات مؤتمتة دون كتابة التعليمات البرمجية (بدون كود)، إلا أنه في

السيناريوهات الأكثر تعقيدًا يمكن للمستخدمين إضافة وظائف جافا سكريبت و بايثون لتوسيع القدرات (Low-Code).

> منخفضة الكود هو نهج لتطوير البرمجيات يتم فيه إنشاء المنطق الأساسي للتطبيق أو العملية باستخدام واجهة رسومية وعناصر مرئية، ويتم استخدام رمز البرنامج فقط لتخصيص أو توسيع الوظائف. تسمح المنصات منخفضة الكود بتسريع عملية تطوير الحلول بشكل كبير من خلال إشراك ليس فقط المبرمجين، ولكن أيضًا مستخدمي الأعمال ذوي المهارات التقنية الأساسية. مثال: يمكن للمستخدم بناء عملية تجارية من كتل جاهزة، وإذا لزم الأمر، إضافة نص برمجي خاص به في JavaScript أو Python.

على الرغم من أن n8n يتم وضعه كمنصة ذات عتبة دخول منخفضة، إلا أن المعرفة الأساسية بالبرمجة وفهم تقنيات الويب والمهارات في العمل مع واجهة برمجة التطبيقات. تسمح مرونة النظام بتكييفه مع مجموعة واسعة من المهام - من المعالجة الآلية للبيانات إلى التكامل مع برامج المراسلة وإنترنت الأشياء - الأجهزة والخدمات السحابية.

الميزات والفوائد الرئيسية لاستخدام n8n:

- تضمن خيارات **المصدر المفتوح** والنشر المحلي التحكم الكامل في البيانات والامتثال الأمني والاستقلالية عن موفري الخدمات السحابية.
- **التكامل مع أكثر من 330 خدمة** بما في ذلك إدارة علاقات العملاء ، وتخطيط موارد المؤسسات ، والتجارة الإلكترونية، والمنصات السحابية، والمراسلات وقواعد البيانات.
- **مرونة السيناريو:** من الإخطارات البسيطة إلى السلاسل المعقدة مع معالجة واجهة برمجة التطبيقات - الطلبات ومنطق القرار وربط خدمات الذكاء الاصطناعي.

- **دعم JavaScript و Python**: يمكن للمستخدمين تضمين كود مخصص حسب الحاجة، مما يوسع من إمكانيات الأتمتة.
- **واجهة مرئية بديهية:** تتيح لك تكوين جميع خطوات العملية وتصورها بسرعة.

منصات فئة Low-Code توفر أدوات لإنشاء حلول رقمية بأقل قدر من التعليمات البرمجية، مما يجعلها مثالية للفرق التي لا تمتلك خبرة تقنية عميقة ولكنها تحتاج إلى أتمتة العمليات.

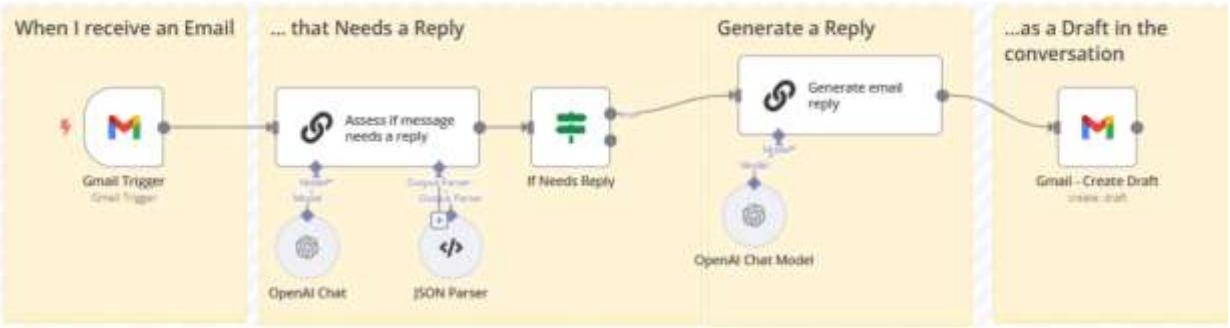
في مجال الإنشاءات، يمكن استخدام n8n لأتمتة مجموعة متنوعة من العمليات مثل التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع، والتحقق من التدفق، وكتابة التقارير والرسائل الجاهزة ، وتحديث بيانات مخزون المواد تلقائيًا، وإرسال إشعارات حالة المهام إلى الفرق، وغير ذلك. يمكن لخط الأنابيب المخصص في n8n تقليل العمليات اليدوية بأضعاف، وتقليل احتمالية حدوث أخطاء وتسريع عملية اتخاذ القرار لتنفيذ المشروع.

> يمكنك الاختيار من بين ما يقرب من ألفي خط أنابيب جاهز ومجاني ومفتوح المصدر n8n Pipeline ، متاح على: n8n.io/workflows، لأتمتة كل من مهام سير العمل الإنشائية والمهام الشخصية، مما يقلل من العمليات الروتينية.

خذ أحد قوالب خط الأنابيب الجاهزة ، المتاح مجانًا على موقع [142] n8n.io، والذي يقوم تلقائيًا بإنشاء مسودات ردود في Gmail (الشكل6-7.4)، مما يساعد المستخدمين الذين يتلقون عددًا كبيرًا من رسائل البريد الإلكتروني أو الذين يجدون صعوبة في كتابة الردود.

يقوم قالب "الرد التلقائي للذكاء الاصطناعي في Gmail: إنشاء مسودة ردود على رسائل البريد الإلكتروني الواردة" (الشكل6-7.4) بتحليل رسائل البريد الإلكتروني الواردة باستخدام LLM من ChatGPT، ويحدد ما إذا كان الرد مطلوبًا، ويُنشئ مسودة من ChatGPT ويحول النص إلى HTML ويضيفه إلى سلسلة الرسائل في Gmail. هذا لا يرسل البريد الإلكتروني تلقائياً، مما يسمح لك بتحرير الرد والموافقة عليه يدوياً. يستغرق الإعداد حوالي 10 دقائق

ويتضمن تكوين OAuth لواجهة برمجة تطبيقات Gmail وتكامل OpenAI API. والنتيجة هي حل مناسب ومجاني لأتمتة اتصالات البريد الإلكتروني الروتينية دون فقدان السيطرة على محتوى رسائل البريد الإلكتروني.



الشكل7-4-6 عملية توليد الرد الآلي على البريد الإلكتروني باستخدام n8n.

مثال آخر على الأتمتة باستخدام n8n هو العثور على صفقات رائعة في سوق العقارات [143]. يقوم N8n Pipeline "أتمتة الصفقات العقارية اليومية باستخدام واجهة برمجة تطبيقات Zillow API وجداول بيانات Google و Gmail" ، بجمع العروض اليومية ذات الصلة المطابقة للمعايير المحددة باستخدام واجهة برمجة تطبيقات Zillow. وتقوم تلقائيًا بحساب مقاييس الاستثمار الرئيسية (العائد على الاستثمار النقدي ، والتدفق النقدي الشهري، والدفعة المقدمة)، وتحديث جداول بيانات جوجل وإرسال تقرير موجز إلى البريد الإلكتروني (الشكل7-4-7)، مما يتيح للمستثمرين توفير الوقت والرد بسرعة على أفضل العروض.

الشكل7-4-7 العملية الآلية لتقييم جاذبية الاستثمار في العقارات.

إن مرونته وقابليته للتوسعة تجعل من n8n أداة قيمة للشركات التي تسعى إلى التحول الرقمي وتصبح أكثر قدرة على المنافسة في السوق باستخدام أدوات بسيطة نسبياً ومجانية مفتوحة المصدر.

يمكن النظر إلى أدوات مثل Apache NiFi وAirflow وn8n على أنها ثلاث طبقات لمعالجة البيانات (الشكل-7.4 8). تقوم NiFi بإدارة تدفق البيانات، وضمان تسليمها وتحويلها، وتقوم Airflow بتنسيق تنفيذ المهام من خلال تجميع البيانات في خطوط أنابيب المعالجة، وتقوم n8n بأتمتة التكامل مع الخدمات الخارجية وإدارة منطق الأعمال.

	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

الشكلApache Airflow 8-7-7.4 و Apache NiFi و n8n يمكن اعتبارها ثلاث طبقات متكاملة من بنية إدارة البيانات الحديثة.

من المحتمل أن تشكل هذه الأدوات المجانية والمفتوحة المصدر معًا مثالاً لنظام بيئي فعال لإدارة البيانات والعمليات في صناعة البناء، مما يمكّن الشركات من الاستفادة من المعلومات في اتخاذ القرارات وأتمتة العمليات.

الخطوات التالية: الانتقال من العمليات اليدوية إلى الحلول القائمة على التحليلات

تعمل شركات الإنشاءات اليوم في بيئة تتسم بدرجة عالية من عدم اليقين: تغير أسعار المواد، وتأخر عمليات

التسليم، ونقص العمالة، وضيق المواعيد النهائية للمشاريع. ويساعد استخدام لوحات المعلومات التحليلية ونظم معلومات الأعمال - الناقلون ونظم ذكاء الأعمال الشركات على تحديد مجالات المشاكل بسرعة وتقييم كفاءة الموارد والتنبؤ بالتغييرات قبل أن تؤدي إلى خسائر مالية.

لتلخيص هذا الجزء، يجدر بك تسليط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق التقنيات التي تمت مناقشتها في مهامك اليومية:

- تنفيذ عروض البيانات المرئية ولوحات المعلومات التحليلية
  - إتقان عملية إنشاء لوحات المعلومات لمراقبة مؤشرات الأداء الرئيسية (مؤشرات الأداء الرئيسية)
  - استخدم أدوات العرض المرئي لبياناتك (Plotly ، Matplotlib، Tableau ، Power BI)
- أتمتة معالجة البيانات من خلال عمليات ETL - العمليات
  - قم بإعداد التجميع التلقائي للبيانات من مصادر مختلفة (الوثائق، والجداول، و CAD) عبر عمليات ETL
  - تنظيم تحويل البيانات (مثل التحقق من التعبيرات العادية أو الحساب) باستخدام نصوص Python النصية
  - جرب إعداد تقارير PDF (أو DOC) تلقائيًا باستخدام مكتبة FPDF، باستخدام البيانات من ملفات Excel أو استخراج المعلومات من مستندات PDF الأخرى
- استخدام النماذج اللغوية (LLM) للتشغيل الآلي
  - استخدام النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs)، لتوليد التعليمات البرمجية للمساعدة في استخراج البيانات من المستندات غير المهيكلة وتحليلها
  - تعرّف على أداة الأتمتة الخاصة بـ n8n واستكشف النماذج الجاهزة ودراسات الحالة على موقعهم الإلكتروني. حدد أي العمليات من عملك يمكن أتمتتها بالكامل باستخدام نهج عدم وجود كود/كود

منخفض

لا يقلل النهج التحليلي لأتمتة البيانات والعمليات من الوقت المستغرق في العمليات الروتينية فحسب، بل يحسن أيضًا من جودة عملية اتخاذ القرار. وتحصل الشركات التي تطبق أدوات التحليلات المرئية و ETL - الناقلون على فرصة للتفاعل بسرعة مع التغييرات

إن أتمتة العمليات التجارية باستخدام أدوات مثل n8n و Airflow و NiFi ليست سوى الخطوة الأولى نحو النضج الرقمي. الخطوة التالية هي جودة تخزين وإدارة البيانات ذاتها التي تدعم الأتمتة. في الجزء الثامن، نلقي نظرة متعمقة على كيفية قيام شركات الإنشاءات ببناء بنية مستدامة لتخزين البيانات، والانتقال من فوضى المستندات والملفات متعددة التنسيقات إلى منصات التخزين والتحليلات المركزية.

الجزء VIII

تخزين البيانات وإدارتها في مجال الإنشاءات

يستكشف الجزء الثامن التقنيات الحديثة لتخزين البيانات وإدارتها في صناعة الإنشاءات. ويحلل التنسيقات الفعالة للتعامل مع أحجام كبيرة من المعلومات - بدءًا من ملفات CSV و XLSX البسيطة إلى تنسيقات Apache Parquet و ORC ذات الأداء العالي مع مقارنة مفصلة لقدراتها وحدودها. تتم مناقشة مفاهيم مستودعات البيانات (DWH)، وبحيرات البيانات) وحلولها الهجينة (Data Lakehouse)، بالإضافة إلى مبادئ حوكمة البيانات) وData Minimalism). تتم تغطية مشاكل مستنقع البيانات) واستراتيجيات منع الفوضى في نظم المعلومات بالتفصيل. كما يتم عرض مناهج جديدة للعمل مع البيانات، بما في ذلك قواعد البيانات المتجهة)) وتطبيقها في البناء من خلال مفهوم الصندوق المحدود. يتطرق هذا الجزء أيضًا إلى منهجيات DataOps و VectorOps كمعايير جديدة لتنظيم سير عمل البيانات.

الفصل 8.1.

البنية التحتية للبيانات: من تنسيقات التخزين إلى المستودعات الرقمية

ذرات البيانات: أساس الإدارة الفعالة للمعلومات

يتكون كل شيء في الكون من أصغر لبنات البناء - الذرات والجزيئات، وبمرور الوقت تعود جميع الكائنات الحية وغير الحية حتمًا إلى هذه الحالة الأولية. تحدث هذه العملية في الطبيعة بسرعة مذهلة نحاول نقلها إلى العمليات التي يتحكم فيها الإنسان.

> في الغابة، تتحول أي كائنات حية في نهاية المطاف إلى مادة مغذية تعمل كأساس لنباتات جديدة. وتصبح هذه النباتات بدورها غذاءً لكائنات حية جديدة مكونة من نفس الذرات التي خلقت الكون منذ ملايين السنين.

في عالم الأعمال، من المهم أيضًا تفكيك الهياكل المعقدة والمتعددة الطبقات إلى وحداتها الأساسية التي تتم معالجتها بالحد الأدنى - مثل الذرات والجزيئات في الطبيعة. وهذا يسمح بتخزين ذرات البيانات وإدارتها بكفاءة، وتحويلها إلى أساس ثري وخصب يصبح موردًا أساسيًا لنمو التحليلات وجودة القرار.

الشكل1-8-8.1 يعتمد التحليل واتخاذ القرار على البيانات المعاد استخدامها والتي تمت معالجتها وتخزينها من قبل.

تتألف المقطوعات الموسيقية من نوتات موسيقية تتحد لتخلق مقطوعات موسيقية معقدة، بينما تتكون الكلمات من وحدة بدائية هي الحرف-الصوت. وسواء كان الأمر يتعلق بالطبيعة أو العلم أو الاقتصاد أو الفن أو التكنولوجيا، فإن العالم يُظهر وحدة وتناغمًا ملحوظين في سعيه للتدمير والتركيب والتدوير والإبداع. وبالمثل، يتم تقسيم العمليات في أنظمة تقدير التكاليف إلى وحدات صغيرة منظمة - عناصر الموارد - على مستوى التكاليف والجداول الزمنية. ثم يتم استخدام هذه الوحدات، مثل الملاحظات، لتكوين حسابات وجداول أكثر تعقيدًا. ويستخدم نفس المبدأ في نظم التصميم بمساعدة الحاسوب، حيث يتم بناء المشاريع المعمارية والهندسية المعقدة من عناصر أساسية - عناصر فردية ومكونات مكتبية، يتم من خلالها إنشاء نموذج كامل ثلاثي الأبعاد - نموذج لمشروع مبنى أو هيكل معقد.

> ينعكس مفهوم الدورية والتركيب المتأصل في الطبيعة والعلم أيضًا في عالم البيانات الحديث. فكما أن جميع الكائنات الحية في الطبيعة تعود إلى الذرات والجزيئات، كذلك في عالم أدوات معالجة البيانات الحديثة، تميل المعلومات إلى العودة إلى أكثر أشكالها بدائية.

إن أصغر العناصر مع عدم قابليتها للتجزئة المحدودة هي لبنات البناء الأساسية للعمليات التجارية. من المهم التفكير بعناية منذ البداية في كيفية جمع وهيكلة (تقسيمها إلى ذرات) وتخزين هذه اللبنات الصغيرة من مصادر مختلفة. إن تنظيم البيانات وتخزينها ليس مجرد مسألة تقسيمها إلى الأجزاء المكونة لها. بل من المهم بنفس القدر ضمان تكاملها وتخزينها بطريقة منظمة بحيث يمكن استرجاع البيانات وتحليلها واستخدامها بسهولة في اتخاذ القرارات عند الحاجة إليها.

لمعالجة المعلومات بكفاءة، يجب اختيار شكل وأساليب تخزين البيانات بعناية - تمامًا كما يجب إعداد التربة لنمو الأشجار. يجب تنظيم مخازن البيانات لضمان الجودة العالية للمعلومات وملاءمتها واستبعاد البيانات الزائدة عن الحاجة أو غير ذات الصلة. كلما كانت هذه "التربة المعلوماتية" منظمة بشكل أفضل، كلما تمكن المستخدمون من العثور على البيانات الصحيحة وحل المشاكل التحليلية بشكل أسرع وأكثر دقة.

تخزين المعلومات: الملفات أو البيانات

تسمح مستودعات البيانات للشركات بجمع ودمج المعلومات من أنظمة مختلفة، مما يؤدي إلى إنشاء مركز واحد لمزيد من التحليلات. لا تتيح البيانات التاريخية التي تم جمعها إجراء تحليل أعمق للعمليات فحسب، بل تتيح أيضًا تحديد الأنماط التي يمكن أن تؤثر على أداء الأعمال.

لنفترض أن شركة ما تعمل على عدة مشاريع في نفس الوقت. يريد المهندس معرفة كمية الخرسانة التي تم صبها وكمية الخرسانة التي لا يزال يتعين شراؤها. في النهج التقليدي، سيتعين عليه البحث يدويًا في الخادم وفتح العديد من جداول التقديرات ومقارنتها بشهادات الأعمال المنجزة والتحقق من أرصدة المخزون الحالية. ويستغرق ذلك ساعات أو حتى أياماً. حتى مع عمليات ETL والبرامج النصية التلقائية، تظل المهمة شبه يدوية: لا يزال يتعين على المهندس تحديد المسار إلى مجلدات أو ملفات محددة على الخادم يدويًا. وهذا يقلل من التأثير الكلي للأتمتة، حيث يستمر في استغراق وقت عمل ثمين.

عند التحويل إلى إدارة البيانات، بدلاً من العمل مع نظام ملفات الخادم، يحصل المهندس على إمكانية الوصول إلى بنية تخزين موحدة حيث يتم تحديث المعلومات في الوقت الفعلي. يمكن لاستعلام واحد - في شكل رمز أو استعلام SQL أو حتى مكالمة LLM - أن يوفر على الفور بيانات دقيقة عن الأرصدة الحالية وحجم العمل المنجز وعمليات التسليم القادمة، إذا تم إعداد البيانات مسبقًا وتجميعها في مستودع بيانات حيث لا حاجة للتجول في المجلدات وفتح عشرات الملفات ومقارنة القيم يدويًا.

لفترة طويلة استخدمت شركات الإنشاءات لوقت طويل ملفات PDF - المستندات، و DWG - الرسومات، و RVT - النماذج ومئات وآلاف من جداول Excel - الجداول وغيرها من التنسيقات المتباينة، والتي يتم تخزينها في مجلدات محددة على خوادم الشركة، مما يجعل من الصعب البحث عن المعلومات والتحقق منها وتحليلها. ونتيجة لذلك، غالبًا ما يتم نقل الملفات المتبقية بعد الانتهاء من المشاريع إلى الخادم في مجلدات تخزين أرشيفية، والتي لا يتم استخدامها عمليًا في المستقبل. يفقد هذا التخزين التقليدي للبيانات المستند إلى الملفات أهميته مع زيادة تدفق البيانات، وذلك بسبب قابليته للخطأ البشري.

الملف هو مجرد حاوية معزولة يتم تخزين البيانات فيها. يتم إنشاء الملفات للأشخاص وليس للأنظمة، لذا فهي تتطلب فتحها وقراءتها وتفسيرها يدويًا. ومن الأمثلة على ذلك جدول Excel ، أو مستند PDF ، أو رسم CAD يحتاج إلى فتحه خصيصًا في أداة معينة للوصول إلى المعلومات المطلوبة. بدون استرجاع ومعالجة منظمة، تظل المعلومات الموجودة فيها غير مستخدمة.

والبيانات، بدورها، هي معلومات يمكن قراءتها آليًا ويتم ربطها وتحديثها وتحليلها تلقائيًا. في مستودع بيانات واحد (على سبيل المثال قاعدة بيانات أو DWH أو بحيرة البيانات)، يتم تمثيل المعلومات في شكل جداول وسجلات وعلاقات. يتيح ذلك التخزين الموحد والاستعلامات الآلية وتحليلات القيمة وإعداد التقارير في الوقت الفعلي.

إن استخدام البيانات بدلاً من الملفات (الشكل1-1-1-8) يجعل من الممكن التخلص من عملية البحث اليدوي وتوحيد المعالجة. وتكتسب الشركات التي طبقت بالفعل مثل هذا النهج ميزة تنافسية بسبب سرعة الوصول إلى المعلومات والقدرة على دمجها بسرعة في عمليات الأعمال.

> إن التحول من استخدام الملفات إلى البيانات هو تغيير حتمي سيشكل مستقبل صناعة البناء والتشييد.

ستواجه كل شركة في صناعة الإنشاءات خياراً رئيسياً: إما الاستمرار في تخزين المعلومات في ملفات وصوامع متباينة يجب أن يقرأها البشر باستخدام برامج خاصة أو تحويلها في المراحل الأولى من المعالجة إلى بيانات منظمة، مما يؤدي إلى إنشاء أساس رقمي واحد متكامل لإدارة المشاريع آلياً.

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

الشكل1-8-1-8 تطور تدفق المعلومات: من الملفات المعزولة إلى البيانات المتكاملة.

مع انفجار المعلومات، أصبحت الأساليب التقليدية لتخزين الملفات ومعالجتها أقل كفاءة. ففي قطاع البناء، كما هو الحال في القطاعات الأخرى، لم يعد كافياً الاعتماد على مجلدات ملفات متباينة ذات تنسيقات ملفات مختلفة أو قواعد بيانات غير مترابطة.

ستتحرك الشركات التي تسعى إلى الحفاظ على قدرتها التنافسية في العصر الرقمي حتماً نحو المنصات الرقمية المتكاملة، واستخدام تقنيات البيانات الضخمة وأنظمة التحليلات الآلية.

سيتطلب الانتقال من التخزين القائم على الملفات إلى تدفقات العمل القائمة على البيانات إعادة التفكير في نهج إدارة المعلومات والاختيار الواعي للتنسيقات المناسبة لمزيد من التكامل في المستودعات المركزية. سيحدد هذا الاختيار مدى كفاءة معالجة البيانات وسرعة الوصول إليها ومدى سهولة دمجها في العمليات الرقمية للشركة.

تخزين البيانات الضخمة: تحليل التنسيقات الشائعة وفعاليتها

تلعب تنسيقات التخزين دورًا رئيسيًا في قابلية التوسع والموثوقية والأداء للبنية التحتية للتحليلات. ولتحليل البيانات ومعالجتها - مثل التصفية والتجميع والتجميع - استخدمت أمثلةنا Pandas DataFrame - وهي بنية شائعة للعمل مع البيانات في ذاكرة الوصول العشوائي.

ومع ذلك، لا يحتوي Pandas DataFrame على تنسيق تخزين خاص به، لذلك بمجرد اكتمال المعالجة، يتم تصدير البيانات إلى أحد التنسيقات الخارجية - غالبًا CSV أو XLSX. هذه التنسيقات الجدولية سهلة التبادل ومتوافقة مع معظم الأنظمة الخارجية، ولكن لديها عدد من القيود: كفاءة تخزين منخفضة، ونقص في الضغط، وضعف دعم الإصدار:

- **CSV** (قيم مفصولة بفواصل): تنسيق نصي بسيط مدعوم على نطاق واسع من قبل مختلف المنصات والأدوات. وهو سهل الاستخدام ولكنه لا يدعم أنواع البيانات المعقدة والضغط.
- **XLSX** (Excel Open XML Spreadsheet): تنسيق ملف Microsoft Excel يدعم ميزات متطورة مثل الصيغ والمخططات والتصميم. وعلى الرغم من أنه مفيد لتحليل البيانات يدويًا وتصورها، إلا أنه غير محسن لمعالجة البيانات على نطاق واسع.

بالإضافة إلى تنسيقات XLSX و CSV ، هناك العديد من التنسيقات الشائعة لتخزين البيانات المنظمة بكفاءة (الشكل2-8.1)، ولكل منها مزايا فريدة من نوعها اعتمادًا على متطلبات تخزين البيانات وتحليلها المحددة:

- **Apache Parquet**: تنسيق ملف تخزين بيانات عمودي مُحسَّن للاستخدام في أنظمة تحليل البيانات. وهو يوفر مخططات فعالة لضغط البيانات وترميزها، مما يجعله مثاليًا لهياكل البيانات المعقدة ومعالجة البيانات الضخمة.
- **Apache ORC** (عمود الصف المحسّن): على غرار Parquet ، يوفر ORC ضغطًا عاليًا وتخزينًا فعالاً للبيانات. تم تحسينه لعمليات القراءة الثقيلة وهو مناسب تمامًا لتخزين بحيرات البيانات.
- **JSON** (JavaScript Object Notation): على الرغم من أن JSON ليست فعالة من حيث تخزين البيانات مقارنةً بالتنسيقات الثنائية مثل Parquet أو ORC، إلا أنها سهلة الاستخدام وسهلة الاستخدام، مما يجعلها مثالية للنصوص البرمجية حيث تكون سهولة القراءة والتوافق مع الويب مهمة.
- **Feather**: تنسيق تخزين بيانات عمودي ثنائي سريع وخفيف الوزن وسهل الاستخدام موجه للتحليلات. وهي مصممة لنقل البيانات بكفاءة بين Python (Pandas) و R، مما يجعلها خيارًا ممتازًا للمشاريع التي تتضمن بيئات البرمجة هذه.
- **HDF5** (الإصدار 5 من تنسيق البيانات الهرمي): مصمم لتخزين كميات كبيرة من البيانات وتنظيمها. يدعم مجموعة واسعة من أنواع البيانات وهو مناسب تمامًا للعمل مع مجموعات البيانات المعقدة. ويحظى HDF5 بشعبية خاصة في الحوسبة العلمية نظرًا لقدرته على تخزين مجموعات البيانات الكبيرة والوصول إليها بكفاءة.

	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)

الشكل2-1 8.8 مقارنة بين تنسيقات البيانات التي توضح الاختلافات الرئيسية في جوانب التخزين والمعالجة.

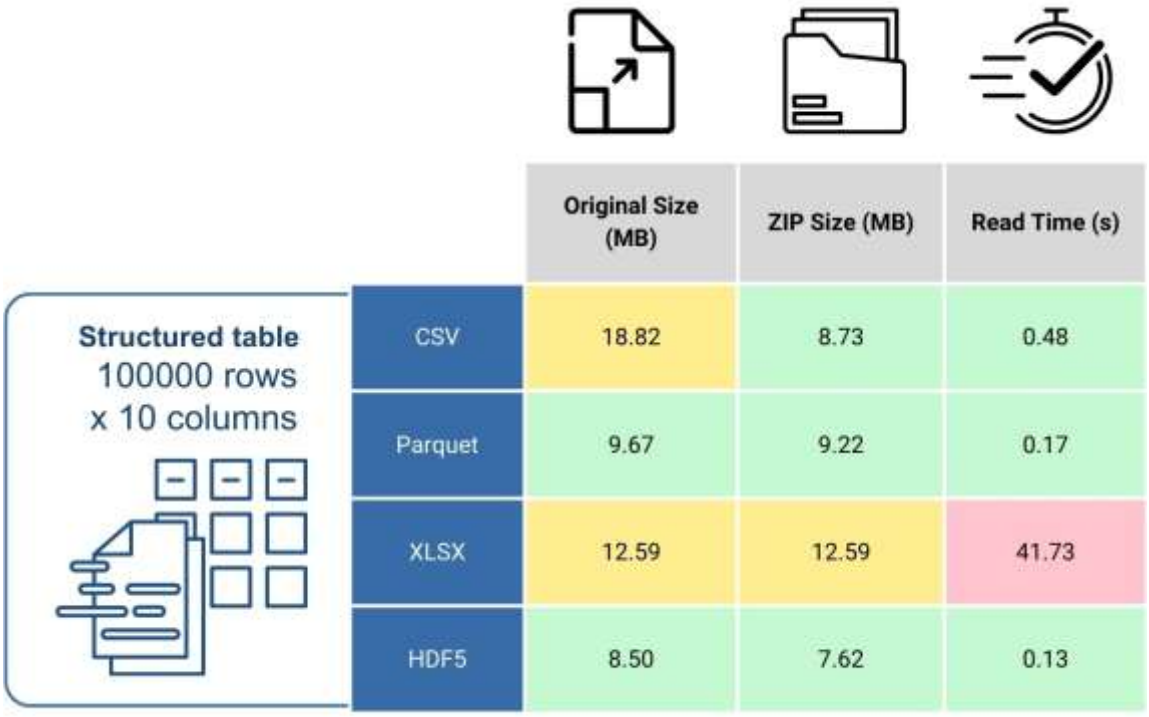
ولإجراء تحليل مقارن للتنسيقات المستخدمة في مرحلة التحميل من عملية التحميل الإلكتروني، تم إنشاء جدول يوضح أحجام الملفات وأوقات القراءة (الشكل3-8.1). تم استخدام ملفات ببيانات متطابقة في الدراسة: احتوى الجدول على 10000 صف و10 أعمدة مملوءة بقيم عشوائية.

تم تضمين تنسيقات التخزين التالية في الدراسة: CSV و Parquet و XLSX و HDF5، بالإضافة إلى إصداراتها المضغوطة في أرشيفات ZIP. تم إنشاء البيانات الأولية باستخدام مكتبة NumPy وتم تمثيلها كهيكل Pandas DataFrame. تألفت عملية الاختبار من الخطوات التالية:

- حفظ الملفات: يتم حفظ إطار البيانات بأربعة تنسيقات مختلفة: CSV ، و Parquet ، و XLSX ، و HDF5. لكل تنسيق ميزات فريدة في طريقة تخزين البيانات، مما يؤثر على حجم الملف وسرعة القراءة.
- ضغط ملفات ZIP: لتحليل فعالية الضغط القياسي، تم ضغط كل ملف في أرشيف ZIP.

- قراءة الملف (ETL - تحميل): تم قياس وقت القراءة لكل ملف بعد تفريغه من ZIP. وهذا يسمح بتقدير سرعة الوصول إلى البيانات بعد استخراجها من الأرشيف.

من المهم ملاحظة أنه لم يتم استخدام Pandas DataFrame مباشرةً في تحليل الحجم أو وقت القراءة، لأنه لا يمثل تنسيق تخزين في حد ذاته. لقد تم استخدامه فقط كهيكل وسيط لتوليد البيانات وحفظها لاحقًا في تنسيقات مختلفة.



	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

الشكل3-1-1-8 مقارنة تنسيقات التخزين حسب الحجم وسرعة القراءة.

تُظهر ملفات CSV و HDF5 (الشكل3-1-8) كفاءة ضغط عالية، مما يقلل حجمها بشكل كبير عند تعبئتها في ZIP، وهو ما يمكن أن يكون مفيدًا بشكل خاص في السيناريوهات التي تتطلب تحسين التخزين. من ناحية أخرى، فإن ملفات XLSX غير قابلة للضغط تقريبًا ويظل حجمها في ZIP مما يجعلها أقل ملاءمة للاستخدام في أحجام البيانات الكبيرة أو في البيئات التي تكون فيها سرعة الوصول إلى البيانات مهمة. بالإضافة إلى ذلك، فإن وقت القراءة لـ XLSX أعلى بكثير مقارنةً بالتنسيقات الأخرى، مما يجعلها أقل تفضيلاً لعمليات القراءة السريعة للبيانات. أظهر Apache Parquet أداءً عاليًا للمهام التحليلية وأحجام البيانات الكبيرة بسبب بنيته العمودية.

تحسين التخزين باستخدام Apache Parquet

أحد التنسيقات الشائعة لتخزين ومعالجة البيانات الضخمة هو Apache Parquet. صُمم هذا التنسيق خصيصًا للتخزين العمودي (على غرار Pandas)، مما يسمح لك بتقليل بصمة الذاكرة بشكل كبير وزيادة سرعة الاستعلامات التحليلية. على عكس التنسيقات التقليدية مثل CSV و XLSX ، يدعم Parquet الضغط الأصلي وهو مُحسَّن لأنظمة البيانات الضخمة بما في ذلك Spark و Hadoop والتخزين السحابي.

> تتضمن الميزات الرئيسية لـ Parquet دعم ضغط البيانات وترميزها، مما يقلل بشكل كبير من حجم التخزين ويسرّع عمليات قراءة البيانات من خلال العمل مباشرةً على الأعمدة المطلوبة بدلاً من جميع صفوف البيانات.

للحصول على مثال توضيحي لمدى سهولة الحصول على الشيفرة اللازمة لتحويل البيانات إلى Apache Parquet ، دعونا نستخدم LLM.

- أرسل طلبًا نصيًا إلى دردشة Claude ، Grok ، DeepSeek ، Mistral ، LlaMa ، LLM (CHATGP، QWEN):

> كتابة كود لحفظ البيانات من Pandas DataFrame إلى Apache Parquet. ⏎

رد LLM:

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

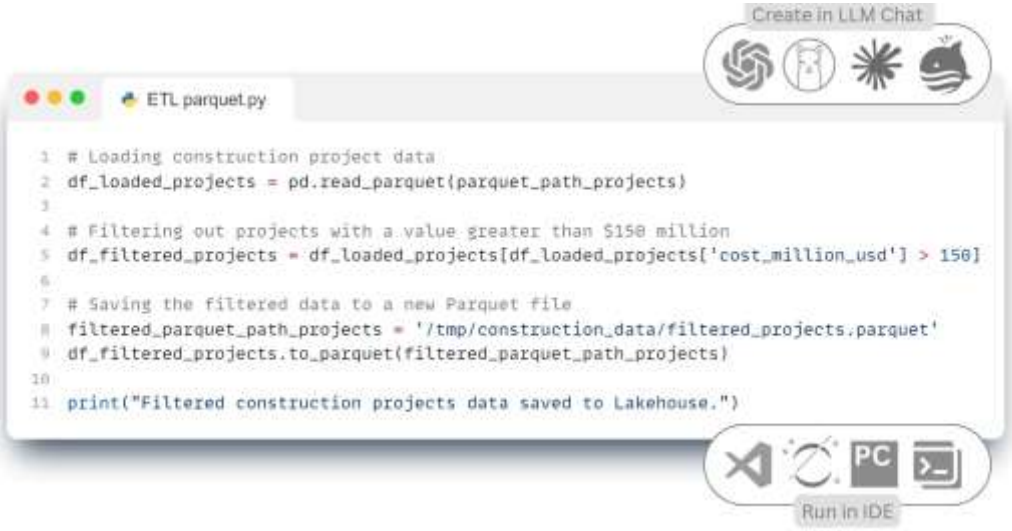
الشكل4-8-8.1 نقل بيانات إطار البيانات من ذاكرة الوصول العشوائي إلى تنسيق أباتشي باركيه الفعال في التخزين باستخدام بضعة أسطر من بايثون.

المثال التالي: دعونا نحاكي عملية ETL بالبيانات المخزنة بتنسيق Parquet لتصفية المشاريع حسب قيمة معينة لإحدى السمات "cost_million_usd" (الشكل4-8.1).

مع استمرار الدردشة، أرسل طلباً نصياً إلى LLM:

> اكتب التعليمات البرمجية حيث نريد تصفية البيانات في جدول وحفظ تلك المشاريع (صفوف الجدول) فقط من بيانات Apache Parquet ، التي تتجاوز تكلفتها (المتغير cost_million_usd) 150 مليون دولار أمريكي. ⏎

رد LLM:



الشكل5-8-8.1 تبدو عملية ETL عند العمل مع البيانات بتنسيق Apache Parquet كما هو الحال مع التنسيقات المهيكلة الأخرى.

باستخدام تنسيق Parquet (فيما يتعلق بـ XLSX و CSV وما إلى ذلك) يقلل بشكل كبير من كمية المعلومات المخزنة ويسرّع عمليات البحث. وهذا يجعلها ممتازة لكل من تخزين البيانات وتحليلها. يتكامل الباركيه مع أنظمة المعالجة المختلفة، مما يوفر وصولاً فعالاً في البنى الهجينة.

ومع ذلك، فإن تنسيق التخزين الفعال هو عنصر واحد فقط من عناصر تجربة البيانات الكاملة. لإنشاء بيئة مستدامة وقابلة للتطوير، يلزم وجود بنية إدارة بيانات جيدة التصميم. وتؤدي أنظمة فئة DWH (مستودع البيانات) هذه الوظيفة. فهي توفر تجميعاً للبيانات من مصادر غير متجانسة، وشفافية العمليات التجارية وإمكانية التحليل المعقد باستخدام أدوات ذكاء الأعمال وخوارزميات التعلم الآلي.

DWH: مستودعات البيانات مستودعات البياناتمستودعات البيانات

تمامًا كما تم تحسين تنسيق Parquet لتخزين كميات كبيرة من المعلومات بكفاءة، تم تحسين مستودع البيانات لدمج البيانات وهيكلتها دعم التحليلات والتنبؤ واتخاذ القرارات الإدارية.

في شركات اليوم، تأتي البيانات من العديد من المصادر المتباينة: تخطيط موارد المؤسسات، وإدارة موارد المؤسسات، وإدارة علاقات العملاء، وأنظمة إدارة علاقات العملاء، والمحاسبة وإدارة المستودعات، ونماذج التصميم بمساعدة الحاسوب الرقمية للمباني، وأجهزة استشعار إنترنت الأشياء وغيرها من الحلول. وللحصول على صورة شاملة، لا يكفي مجرد جمع البيانات، بل يجب تنظيمها وتوحيدها وتجميعها في مستودع واحد. هذا هو بالضبط ما يفعله نظام DWH - نظام تخزين مركزي يسمح لك بتجميع المعلومات من مصادر مختلفة وتنظيمها وإتاحتها للتحليلات والإدارة الاستراتيجية.

> DWH (مستودع البيانات) هو نظام مستودع بيانات مركزي يجمع المعلومات من مصادر متعددة ويهيكلها ويجعلها متاحة للتحليلات وإعداد التقارير.

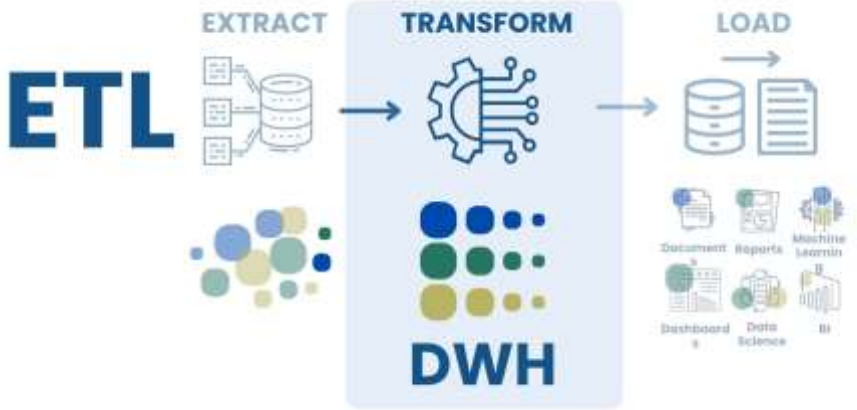
في العديد من الشركات، تكون البيانات في العديد من الشركات مبعثرة عبر أنظمة مختلفة، وهو ما ناقشناه في الأجزاء الأولى من الكتاب (الشكل4-1.2). يقوم مستودع بيانات DWH بدمج هذه المصادر، مما يضمن شفافية وموثوقية المعلومات بشكل كامل. مستودع بيانات DWH عبارة عن قاعدة بيانات متخصصة (قاعدة بيانات كبيرة) تقوم بجمع ومعالجة وتخزين البيانات من مصادر متعددة. الخصائص الرئيسية لمستودع البيانات DWH هي:

- **باستخدام ETL - العم**ليات (استخراج ، تحويل ، تحويل ، تحميل) - استخراج البيانات من المصادر وتنظيفها

وتحويلها وتحميلها إلى المستودع وأتمتة هذه العمليات، والتي تمت مناقشتها في الجزء السابع من الكتاب.

- **تفصيلة البيانات** - يمكن تخزين البيانات في DWH في شكل مجمّع (تقارير موجزة) وفي شكل تفصيلي (بيانات أولية). وبدءًا من عام 2024 فصاعدًا، بدأ بائعو CAD- في الحديث عن البيانات التفصيلية [125]، مما يشير ربما إلى أن الصناعة تستعد للانتقال إلى التخزين السحابي المتخصص للتعامل مع بيانات نماذج المباني الرقمية.
- **دعم التحليلات والتنبؤي** - مستودعات البيانات توفر الأساس لأدوات ذكاء الأعمال والبيانات الضخمة التحليلات والتعلم الآلي.

يعمل DWH كأساس لذكاء الأعمال ، مما يتيح تحليل مؤشرات الأداء الرئيسية، والتنبؤ بالمبيعات والمشتريات والتكاليف، وإعداد التقارير الآلية وتصور البيانات (الشكل8.1-6).



الشكل8.1-8.6 في عملية في عملية ETL ، يمكن أن يعمل DWH كمستودع مركزي حيث تخضع البيانات المستخرجة من مختلف الأنظمة لمراحل التحويل والتفريغ.

يلعب DWH دورًا رئيسيًا في دمج المعلومات وتنقيتها وهيكلتها، مما يوفر أساسًا متينًا لذكاء الأعمال وعمليات صنع القرار. ومع ذلك، في بيئة اليوم حيث تتزايد أحجام البيانات بسرعة وتتنوع مصادر البيانات بشكل متزايد، غالبًا ما يتطلب النهج التقليدي لتخزين المعلومات DWH توسيع نطاقه في شكل ELT وبحيرة البيانات

بحيرة البيانات - تطور عملية تحويل البيانات إلى ELT: من التنظيف التقليدي إلى المعالجة المرنة

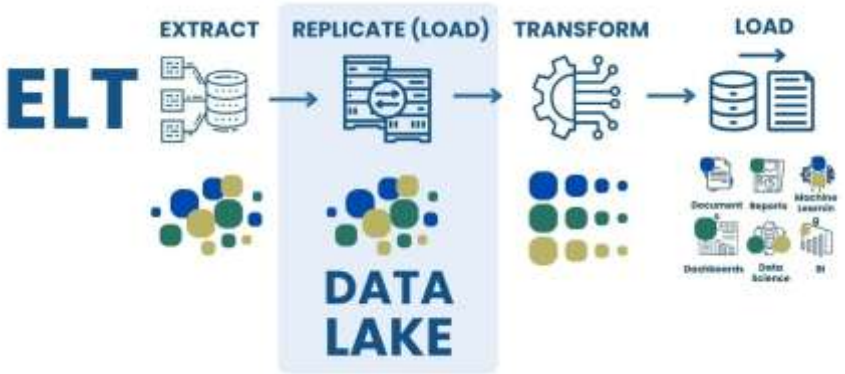
وقد واجهت مستودعات البيانات الكلاسيكية DWH - مستودعات البيانات ، المصممة لتخزين البيانات المنظمة في شكل مُحسّن للاستعلامات التحليلية، قيودًا في التعامل مع البيانات غير المنظمة وقابلية التوسع. واستجابةً لهذه التحديات، ظهرت بحيرات البيانات) التي توفر تخزينًا مرنًا لكميات كبيرة من البيانات غير المتجانسة.

> بحيرة البيانات يقدم نهجًا بديلًا لبحيرة البيانات - نهجًا يسمح بالعمل مع البيانات غير المنظمة وشبه المنظمة والخام دون مخطط صلب مسبق. غالبًا ما تكون طريقة التخزين هذه ذات صلة بمعالجة البيانات في الوقت الحقيقي، والتعلم الآلي والتحليلات المتقدمة. على عكس DWH، الذي يقوم بهيكلة البيانات وتجميعها قبل التحميل، تسمح بحيرة البيانات بتخزين المعلومات في شكلها الخام، وبالتالي توفير المرونة وقابلية التوسع

لقد كان الإحباط من مستودعات البيانات التقليدية (RDBMS، DWH) والاهتمام بـ "البيانات الضخمة" هو الذي أدى إلى ظهور بحيرات البيانات، حيث يتم الآن تحميل البيانات ببساطة إلى مستودع منظم بشكل فضفاض، بدلاً من تحميلها إلى مستودع بيانات معقد ، مع إجراء المعالجة في مرحلة التحليل:

- في مستودعات البيانات التقليدية، عادةً ما تتم معالجة البيانات وتحويلها وتنظيفها مسبقًا (ETL - استخراج ، تحويل ، تحويل ، تحميل) قبل تحميلها في المستودع (الشكل6-8.1). وهذا يعني أن البيانات يتم تنظيمها وتحسينها لتحليلات مستقبلية محددة ومهام إعداد التقارير. وينصب التركيز على الحفاظ على أداء الاستعلام العالي وسلامة البيانات. ومع ذلك، يمكن أن يكون هذا النهج مكلفًا وأقل مرونة من حيث دمج أنواع البيانات الجديدة ومخططات البيانات المتغيرة بسرعة.

- من ناحية أخرى، صُممت بحيرات البيانات لتخزين كميات كبيرة من البيانات الأولية بصيغتها الأصلية (الشكل8.1-7). ويجري استبدال عملية ETL (استخلاص ، تحويل، تحميل)، بعملية ELT (استخلاص ، تحميل ، تحويل)، حيث يتم تحميل البيانات أولاً في المستودع "كما هي" ثم يمكن تحويلها وتحليلها حسب الحاجة. ويوفر ذلك مرونة أكبر وقدرة أكبر على تخزين البيانات غير المتجانسة، بما في ذلك البيانات غير المنظمة مثل النصوص والصور والسجلات.



الشكل:8.1-7 على عكس ETL ، تستخدم بحيرة البيانات ELT ، حيث يتم تحميل المعلومات أولاً في شكل "خام" ويتم إجراء التحويل في مرحلة التحميل.

وتركز مستودعات البيانات التقليدية على المعالجة المسبقة للبيانات لضمان أداء عالٍ في الاستعلام، في حين أن بحيرات البيانات تعطي الأولوية للمرونة: فهي تخزن البيانات الخام وتحولها حسب الحاجة (الشكل8.1-8).

الشكل8-8.1 تهدف مفاهيم التخزين الحديثة إلى تخزين ومعالجة جميع أنواع البيانات لأغراض صنع القرار.

ومع ذلك، على الرغم من كل المزايا وبحيرات البيانات لا تخلو من العيوب. فعدم وجود هيكلية صارمة وتعقيد إدارة المعلومات يمكن أن يؤدي إلى فوضى تتكرر فيها البيانات أو تتعارض مع بعضها البعض أو تصبح غير ذات صلة. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب البحث عن البيانات وتحليلها في مثل هذا المستودع جهدًا كبيرًا، خاصة عند التعامل مع معلومات غير متجانسة. وللتغلب على هذه القيود والجمع بين أفضل ميزات مستودعات البيانات التقليدية وبحيرات البيانات، تم تطوير بنية Data Lakehouse.

بنية مستودعات البيانات: التآزر بين المستودعات وبحيرات البيانات

للجمع بين أفضل ميزات DWH (تحليلات منظمة وقابلة للإدارة وعالية الأداء) وبحيرة البيانات (قابلية التوسع، والتعامل مع البيانات غير المتجانسة)، تم تطوير نهج بحيرة البيانات. وتجمع هذه البنية بين مرونة بحيرات البيانات وأدوات المعالجة والإدارة القوية التي تتميز بها المستودعات التقليدية، مما يحقق التوازن بين التخزين والتحليلات والتعلم الآلي. تُعد Data Lakehouse مزيجًا من بحيرات البيانات ومستودعات البيانات ، وتجمع بين مرونة وقابلية التوسع في الأولى مع قابلية الإدارة وتحسين الاستعلام في الثانية.

> بحيرة البيانات هو نهج معماري يسعى إلى الجمع بين مرونة بحيرات البيانات وقابليتها للتوسع مع قابلية الإدارة وأداء الاستعلام في مستودعات البيانات (الشكل9-8.1).

تتضمن الميزات الرئيسية لـ Data Lakehouse ما يلي:

- تنسيق تخزين البيانات المفتوح: **يوفر استخدام تنسيقات مفتوحة لتخزين البيانات، مثل Apache Parquet ، كفاءة واستعلامات محسّنة.**
- **مخطط** للقراءة فقط**:** على النقيض من النهج التقليدي لمخطط الكتابة فقط في DWH ، يدعم ليكهاوس مخطط القراءة فقط، مما يتيح المزيد من المرونة في إدارة بنية البيانات.
- مرنة وقابلة للتطوير**: تدعم تخزين البيانات المهيكلة وغير المهيكلة وتحليلها، مما يوفر أداءً عاليًا للاستعلام من خلال التحسين على مستوى التخزين.**

يقدم Data Lakehouse حلاً وسطًا يجمع بين مزايا كلا النهجين، مما يجعله مثاليًا لأعباء عمل التحليلات الحديثة التي تتطلب مرونة في معالجة البيانات.

الشكلData Lakehouse 8.1-9 هو الجيل التالي من أنظمة التخزين المصممة لتلبية المتطلبات المعقدة والمتغيرة باستمرار.

تبدو الفكرة الكامنة وراء مستودعات البيانات الحديثة بسيطة: إذا كانت جميع البيانات في مكان واحد، فمن الأسهل تحليلها. ومع ذلك، فإن كل شيء في الممارسة العملية ليس بهذه السلاسة. تخيل أن شركة ما قررت التخلي تمامًا عن أنظمة المحاسبة والإدارة المعتادة (تخطيط موارد المؤسسات ، أو نظام معلومات إدارة المشاريع ، أو نظام إدارة المعلومات الإدارية أو غيرها)، واستبدالها ببحيرة بيانات ضخمة واحدة يمكن للجميع الوصول إليها. ماذا سيحدث؟ ستحدث فوضى على الأرجح: ستكون البيانات مكررة ومتناقضة وستفقد أو تتلف المعلومات الهامة. حتى لو كانت بحيرة البيانات تُستخدم فقط للتحليلات ، فبدون إدارة مناسبة، ستتعرض للخطر الشديد:

- من الصعب فهم البيانات: في الأنظمة التقليدية، يكون للبيانات بنية واضحة، أما في البحيرة، فهي مجرد تراكم ضخم من الملفات والجداول. للعثور على شيء ما، يتعين المتخصص معرفة ماهية كل صف وعمود مسؤول عنه.
- يمكن أن تكون البيانات غير دقيقة: إذا تم تخزين العديد من الإصدارات من نفس المعلومات في مكان واحد،

فمن الصعب معرفة أي الإصدارات محدثة. ونتيجة لذلك، يتم اتخاذ القرارات بناءً على بيانات قديمة أو خاطئة.

- من الصعب إعداد البيانات للعمل: يجب ألا يتم تخزين البيانات فحسب، بل يجب أيضًا تقديمها في شكل مناسب - في شكل تقارير ورسوم بيانية وجداول. في الأنظمة التقليدية يتم ذلك تلقائيًا، ولكن في بحيرات البيانات يتطلب الأمر معالجة إضافية.

ونتيجة لذلك، فإن لكل مفهوم من مفاهيم تخزين البيانات خصائصه الخاصة وأساليب المعالجة وتطبيقات الأعمال. وتركز قواعد البيانات التقليدية على عمليات المعاملات، وتوفر مستودعات البيانات (DWH) هيكلًا للتحليلات ، وبحيرات البيانات (بحيرة البيانات) تخزن المعلومات في شكلها الخام، والمستودعات الهجينة (Data Lakehouse) تجمع بين مزايا مستودعات البيانات) (الشكل8.1-10).

	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

الشكلDWH 8.1-10 وبحيرة البيانات وبحيرة البيانات: الاختلافات الرئيسية في أنواع البيانات وسيناريوهات الاستخدام وطرق المعالجة وأساليب التخزين.

يعد اختيار بنية التخزين عملية معقدة، اعتمادًا على احتياجات العمل وحجم المعلومات ومتطلبات التحليلات. كل حل له إيجابياته وسلبياته: يوفر DWH الهيكلية، وتوفر بحيرة البيانات المرونة، وتوفر ليكهاوس التوازن بين الاثنين. نادرًا ما تقتصر المؤسسات على بنية بيانات واحدة.

بغض النظر عن البنية المختارة، فإن أنظمة إدارة البيانات المؤتمتة تتفوق بشكل كبير على الأساليب اليدوية. فهي تقلل من الأخطاء البشرية، وتسرع من معالجة المعلومات، وتضمن شفافية البيانات وإمكانية تتبعها في جميع مراحل العمليات التجارية.

وفي حين أن مستودعات البيانات المركزية أصبحت بالفعل معيارًا صناعيًا في العديد من مجالات الاقتصاد، إلا أن الوضع في قطاع الإنشاءات لا يزال مجزأً. فالبيانات هنا موزعة عبر منصات مختلفة (CDE، ونظام معلومات إدارة المشاريع، وتخطيط موارد المؤسسات، وما إلى ذلك)، مما يجعل من الصعب تكوين صورة موحدة لما يجري ويتطلب هياكل قادرة على دمج هذه المصادر في بيئة رقمية متماسكة وقابلة للاستخدام التحليلي.

CDE أو PMIS أو ERP أو DWH وبحيرة البيانات

وتستخدم بعض شركات الإنشاءات والهندسة بالفعل مفهوم بيئة البيانات المشتركة (CDE) وفقًا للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس 19650. وتؤدي بيئة البيانات المشتركة (CDE) في جوهرها نفس وظائف مستودع البيانات (DWH) في الصناعات الأخرى: مركزية المعلومات، وتوفير التحكم في الإصدار، وتوفير الوصول إلى المعلومات التي تم التحقق من صحتها.

بيئة البيانات المشتركة (CDE) هي مساحة رقمية مركزية تُستخدم لإدارة معلومات المشروع وتخزينها ومشاركتها والتعاون بشأنها في جميع مراحل دورة حياة المنشأة. غالبًا ما يتم تنفيذ CDE باستخدام التقنيات المستندة إلى السحابة وتتكامل مع أنظمة CAD (BIM).

تستخدم القطاعات المالية وقطاعات البيع بالتجزئة والخدمات اللوجستية والصناعية أنظمة مركزية لإدارة البيانات منذ عقود، حيث تجمع المعلومات من مصادر مختلفة وتتحكم في مدى ملاءمتها وتوفر التحليلات. ويأخذ CDE

هذه المبادئ إلى أبعد من ذلك من خلال تكييفها مع تحديات تصميم المباني وإدارة دورة حياتها.

على غرار DWH ، يقوم CDE بهيكلة البيانات والتقاط التغييرات وتوفير نقطة وصول واحدة للمعلومات التي تم التحقق منها. مع الانتقال إلى السحابة والتكامل مع الأدوات التحليلية، أصبحت الاختلافات بين الاثنين أقل وضوحًا. بإضافة إلى CDE البيانات الحبيبية التي تمت مناقشة مفهومها من قبل CAD -البائعين منذ عام 2023[93, 125] ، يمكن للمرء أن يرى المزيد من أوجه التشابه مع DWH الكلاسيكي.

سبق أن تناولنا في الفصل السابق "نظم تخطيط موارد المشاريع الإنشائية ونظام معلومات إدارة المشاريع " نظام معلومات إدارة المشاريع (PMIS) ونظام تخطيط موارد المشاريع (ERP). في مشاريع البناء، يعمل كل من CDE و PMIS معًا: يعمل CDE كمستودع للبيانات بما في ذلك الرسومات والنماذج ووثائق المشروع، بينما يدير PMIS عمليات مثل التحكم في المواعيد النهائية والمهام والموارد والميزانيات.

يمكن أن يتكامل نظام تخطيط موارد المؤسسات ، المسؤول عن إدارة الأعمال ككل (المالية، والمشتريات، وشؤون الموظفين، والإنتاج)، مع نظام معلومات إدارة المشاريع ، مما يوفر مراقبة التكاليف والميزانية على مستوى الشركة. بالنسبة للتحليلات وإعداد التقارير، يمكن استخدام بحيرة البيانات لجمع وهيكلة وتجميع البيانات من CDE ونظام معلومات إدارة المشاريع وتخطيط موارد المؤسسات لتقييم مؤشرات الأداء الرئيسية المالية (العائد على الاستثمار) وتحديد الأنماط. في المقابل، يمكن لبحيرة البيانات (DL) أن تكمل بحيرة البيانات (DWH) من خلال تخزين البيانات الخام وغير المنظمة (مثل السجلات وبيانات الاستشعار والصور). يمكن معالجة هذه البيانات وتحميلها في بحيرة البيانات DWH لمزيد من التحليل.

> وبالتالي، يركز CDE وPMIS على إدارة المشاريع، ويركز تخطيط موارد المؤسسات على العمليات التجارية، ويركز DWH وDWH وData Lake على التحليلات وعمليات البيانات.

وعند مقارنة نظم CDE و PMIS و ERP مع نظم DWH و Data Lake ، يمكن ملاحظة اختلافات كبيرة في من حيث

استقلالية البائع، والتكلفة، ومرونة التكامل، واستقلالية البيانات، وسرعة التكيف مع التغيير، والقدرات التحليلية (الشكل 8.1-11). وغالبًا ما ترتبط النظم التقليدية مثل نظام إدارة المحتوى، ونظام المعلومات الإدارية المتكامل، ونظام تخطيط موارد المؤسسات بحلول ومعايير محددة من البائعين، مما يجعلها أقل مرونة ويزيد من تكلفتها بسبب التراخيص والدعم. وبالإضافة إلى ذلك، غالبًا ما تكون البيانات في هذه النظم مغلفة في صيغ مغلقة مسجلة الملكية، مما يحد من استخدامها وتحليلها.

		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)

الشكلDWH 8.1-11 وبحيرة البيانات توفر مرونة واستقلالية بيانات أكبر من أنظمة مثل CDE و PMIS و ERP.

في المقابل، يوفر كل من DWH وData Lake مرونة أكبر في التكامل مع مصادر البيانات المختلفة، ويساعد استخدامهما للتقنيات والمنصات المفتوحة على تقليل التكلفة الإجمالية للملكية. علاوةً على ذلك، يدعم كل من DWH وData Lake

مجموعة كبيرة من الأدوات التحليلية، مما يعزز قدرات التحليل والإدارة.

> مع تطور أدوات الهندسة العكسية لتنسيقات التصميم بمساعدة الحاسوب والوصول إلى قواعد بيانات تطبيقات التصميم بمساعدة الحاسوب، يصبح السؤال أكثر حدة: ما مدى مبرر الاستمرار في استخدام منصات مغلقة ومعزولة إذا كان يجب أن تكون بيانات التصميم متاحة لمجموعة واسعة من المتخصصين العاملين في عشرات المقاولين ومؤسسات التصميم؟

هذا الاعتماد على التكنولوجيا الخاصة بالبائعين يمكن أن يحد بشكل كبير من مرونة إدارة البيانات، ويبطئ الاستجابة للتغييرات في المشروع، ويمنع التعاون الفعال بين المشاركين.

وقد ركزت الأساليب التقليدية لإدارة البيانات - بما في ذلك DWH ، وبحيرة البيانات ، و CDE و PMIS - في المقام الأول على تخزين المعلومات وهيكلتها ومعالجتها. ومع ذلك، مع تطور الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي ، هناك حاجة متزايدة لطرق جديدة لتنظيم البيانات التي لا تكتفي بتجميع البيانات فحسب، بل تكشف أيضًا عن العلاقات المعقدة والعثور على الأنماط المخفية وتوفير الوصول الفوري إلى المعلومات الأكثر صلة.

بدأت قواعد البيانات المتجهة - وهو نوع جديد من التخزين المحسّن للتضمينات عالية الأبعاد - في لعب دور خاص في هذا الاتجاه.

الفصل 8.2.

إدارة مستودعات البيانات ومنع الفوضى

قواعد البيانات المتجهة وصندوق الحدود

قواعد البيانات المتجهة هي فئة جديدة من المستودعات التي لا تكتفي بتخزين البيانات فحسب، بل تسمح بالبحث حسب المعنى، ومقارنة الكائنات حسب القرب الدلالي، وإنشاء أنظمة ذكية: من التوصيات إلى التحليل التلقائي وتوليد السياق. على عكس قواعد البيانات التقليدية التي تركز على التطابق التام، تجد قواعد البيانات المتجهة كائنات متشابهة بناءً على السمات - حتى لو لم يكن هناك تطابق تام

> قاعدة البيانات المتجهة هي نوع متخصص من قواعد البيانات التي تخزن البيانات كمتجهات متعددة الأبعاد، يمثل كل منها خصائص أو صفات معينة. يمكن أن تحتوي هذه المتجهات على أعداد مختلفة من الأبعاد، اعتمادًا على مدى تعقيد البيانات (قد تكون في إحدى الحالات بضعة أبعاد، وفي حالة أخرى ـــــــ آلاف الأبعاد).

الميزة الرئيسية لقواعد البيانات المتجهة هي البحث عن طريق الصلة الدلالية بدلاً من المطابقة التامة للقيم. فبدلاً من استعلامات SQL- و Pandas - استعلامات مع مرشحات "يساوي" أو "يحتوي" يتم استخدام البحث عن أقرب الجيران (k-NN) (سنتحدث أكثر عن k-NN في الجزء التالي من الكتاب) في فضاء الميزة.

ومع تطور نماذج اللغات الكبيرة (نماذج اللغات الكبيرة) والنماذج التوليدية، بدأ التفاعل مع قواعد البيانات يتغير. أصبح من الممكن الآن الاستعلام عن البيانات بلغة طبيعية، والحصول على عمليات بحث دلالية على المستندات، واستخراج المصطلحات الرئيسية تلقائيًا، وبناء علاقات سياقية بين الكائنات - كل ذلك دون الحاجة إلى إتقان لغة

SQL أو معرفة بنية الجداول. وقد تمت مناقشة ذلك بمزيد من التفصيل في قسم "إدارة اللغات المحلية ودورها في معالجة البيانات والعمليات التجارية".

ومع ذلك، من المهم أن ندرك أن النماذج ذات الصلة لا تقوم تلقائيًا بتنظيم المعلومات وترتيبها. فالنموذج يطفو فقط من خلال البيانات ويعثر على الجزء الأكثر صلة بالبيانات بناءً على سياق الاستعلام. إذا لم يتم تنظيف البيانات أو تحويلها مسبقًا، فسيكون البحث العميق أشبه بمحاولة العثور على إجابة في "قمامة" رقمية - قد ينجح الأمر، ولكن جودة النتائج ستكون أقل. من الناحية المثالية، إذا كان من الممكن هيكلة البيانات (على سبيل المثال، ترجمة المستندات إلى Markdown) وتحميلها في قاعدة بيانات متجهة. هذا يزيد بشكل كبير من دقة وأهمية المخرجات.

> في البداية، استُخدمت قواعد البيانات المتجهة في التعلم الآلي، ولكنها اليوم تجد المزيد والمزيد من التطبيقات خارجها - في محركات البحث، وتخصيص المحتوى، والتحليلات الذكية.

أحد الأمثلة الأكثر وضوحًا على النهج المتجه في البناء هو الصندوق المحدود (متوازي الحدود). وهو بناء هندسي يصف حدود جسم ما في فضاء ثلاثي الأبعاد. يُعرَّف الصندوق المحيط بإحداثيات الحد الأدنى والحد الأقصى للإحداثيات X وY وZ، مما يشكل "صندوقًا" حول الجسم. تسمح لك هذه الطريقة بتقدير حجم العنصر وموضعه دون الحاجة إلى تحليل الشكل الهندسي بأكمله.

يمكن تمثيل كل مربع حدودي كمتجه في فضاء متعدد الأبعاد: على سبيل المثال [س، ص، ض، عرض، ارتفاع، عمق] - بالفعل 6 أبعاد (الشكل8.2-1 .

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

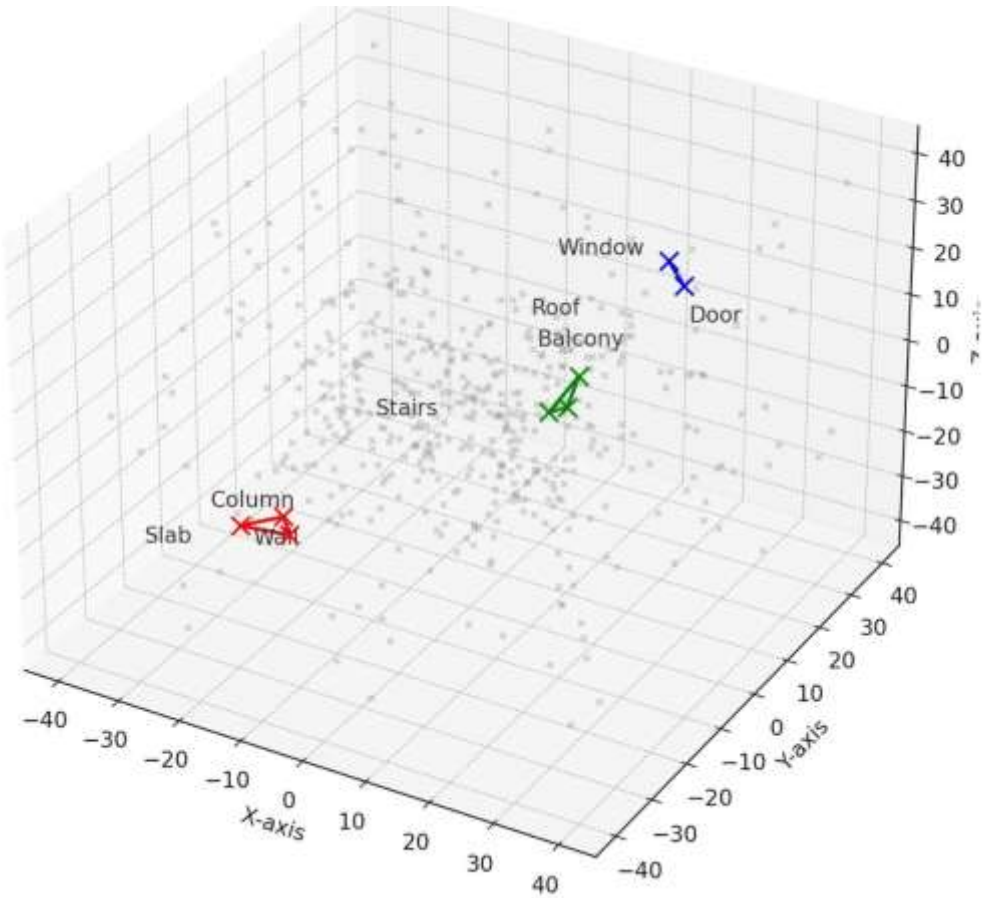
الشكل8-1-8.2 مربع الحدود - معلومات إحداثيات العناصر وموقعها في نموذج المشروع مماثلة لقاعدة بيانات المتجهات.

يسهّل تمثيل البيانات هذا العديد من المهام، بما في ذلك التحقق من التقاطعات بين الكائنات، وتخطيط التوزيع المكاني لعناصر المبنى، وإجراء الحسابات الآلية. يمكن أن يعمل Bounding Box كجسر بين النماذج ثلاثية الأبعاد المعقدة وقواعد البيانات المتجهة التقليدية، مما يتيح لك استخدام مزايا كلا النهجين بفعالية في النمذجة المعمارية والهندسية

> الصندوق المحدود هو "تحويل الهندسة إلى متجه"، والتضمين (طريقة لتحويل شيء مجرد) هو "تحويل المعنى إلى متجه". تتيح لك كلتا الطريقتين الانتقال من البحث اليدوي إلى البحث الذكي، سواء كان ذلك ثلاثي الأبعاد - الكائنات في نموذج مشروع أو المفاهيم في نص.

يشبه البحث عن الكائنات في المشروع (على سبيل المثال، "البحث عن جميع النوافذ بعرض > 1.5 متر") البحث عن أقرب الجيران (k-NN) في قاعدة بيانات المتجهات، حيث تحدد المعايير "منطقة" في فضاء الميزة. (سنتحدث أكثر عن البحث عن الجيران الأقرب k-NN في الجزء التالي عن التعلم الآلي) (الشكل2-2-8.2). إذا أضفنا معلمات

إضافية (المادة، والوزن، ووقت الإنتاج) إلى سمات المربع المحدد، يتحول الجدول إلى متجه عالي الأبعاد، حيث تكون كل سمة بُعدًا جديدًا. هذا أقرب إلى قواعد المتجهات الحديثة، حيث يتم حساب الأبعاد بالمئات أو الآلاف (على سبيل المثال، تضمين من الشبكات العصبية).



الشكل2-8-2.8 البحث عن الكائنات في المشروع باستخدام قواعد البيانات المتجهة.

النهج المستخدم في الصندوق المحدود ، لا ينطبق فقط على الأجسام الهندسية، ولكن أيضًا على تحليل النصوص واللغة. يتم بالفعل استخدام التمثيلات المتجهة للبيانات بنشاط في معالجة اللغة الطبيعية (NLP). وكما يمكن تجميع الأجسام في مشروع إنشائي وفقًا لقربها المكاني (الشكل2-2-8.2)، يمكن تحليل الكلمات في النص وفقًا لقربها الدلالي

والسياقي.

على سبيل المثال، ستكون الكلمات "مهندس معماري" و"بناء" و"تصميم" بجوار بعضها البعض في الفضاء المتجه لأن لها معنى متشابهًا. في LLM تسمح هذه الآلية بالتصنيف التلقائي دون الحاجة إلى تصنيف يدوي:

- تحديد موضوع النص
- إجراء عمليات بحث دلالي على محتوى المستندات
- إنشاء التعليقات التوضيحية والملخصات النصية التلقائية
- البحث عن المرادفات والمصطلحات ذات الصلة

تسمح لك قواعد بيانات المتجهات بتحليل النص والعثور على المصطلحات ذات الصلة فيه بنفس الطريقة التي تساعدك بها قواعد بيانات المتجهات على تحليل الأجسام المكانية في النماذج ثلاثية الأبعاد - النماذج. يساعدك مثال Bounding Box لعناصر المشروع على فهم أن تمثيل المتجهات ليس مفهومًا "اصطناعيًا" بحتًا من التعلم الآلي، بل هو طريقة طبيعية لهيكلة البيانات لحل المشاكل التطبيقية، سواء كان البحث عن أعمدة في مشروع CAD أو صور متقاربة دلاليًا في قاعدة بيانات.

> يجب على المتخصصين العاملين مع قواعد البيانات الانتباه إلى مخازن المتجهات. إذ يشير انتشارها إلى مرحلة جديدة في تطوير قواعد البيانات، حيث بدأت الأنظمة العلائقية الكلاسيكية والتقنيات الموجهة للذكاء الاصطناعي تتشابك مع بعضها البعض، لتشكل حلولاً هجينة للمستقبل.

سيستخدم المستخدمون الذين يطورون تطبيقات معقدة وواسعة النطاق للذكاء الاصطناعي - التطبيقات قواعد بيانات متخصصة للبحث المتجه. في الوقت نفسه، فإن أولئك الذين يحتاجون فقط إلى وظائف منفصلة للذكاء الاصطناعي لدمجها في التطبيقات الحالية من المرجح أن يختاروا قدرات البحث المتجه المدمجة في قواعد البيانات التي يستخدمونها بالفعل (PostgreSQL ، Redis).

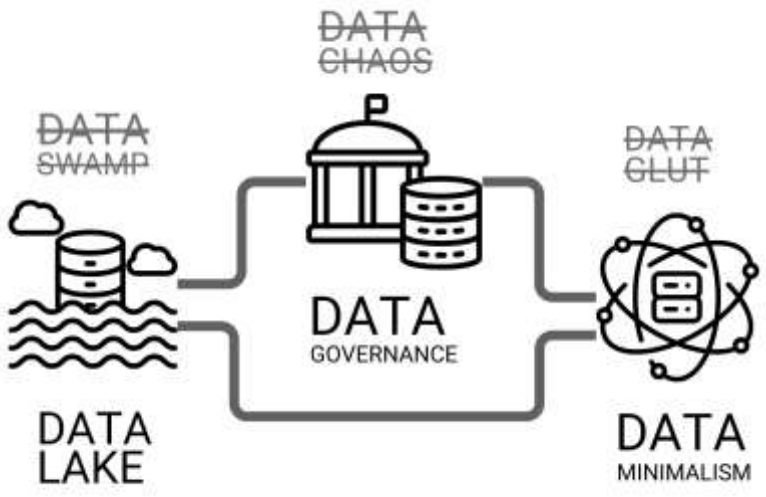
على الرغم من أن أنظمة مثل DWH وبحيرة البيانات وData Lake وCDE وPMIS وقواعد البيانات المتجهة وغيرها تقدم أساليب مختلفة لتخزين البيانات وإدارتها، إلا أن فعاليتها لا تتحدد فقط من خلال بنيتها، ولكن أيضًا من خلال مدى تنظيم البيانات نفسها وإدارتها. حتى عند استخدام الحلول الحديثة - سواء كانت قواعد البيانات المتجهة أو نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية الكلاسيكية أو المستودعات من نوع بحيرة البيانات - فإن عدم وجود قواعد واضحة لإدارة البيانات وهيكلتها وتحديثها يمكن أن يؤدي إلى نفس الصعوبات التي يواجهها المستخدمون الذين يعملون مع ملفات متباينة وبيانات متعددة التنسيقات.

بدون حوكمة البيانات)، يمكن أن تصبح حتى أقوى الحلول فوضوية وغير منظمة، مما يحول بحيرات البيانات إلى مستنقعات بيانات). لتجنب ذلك، لا يجب على الشركات اختيار بنية التخزين المناسبة فحسب، بل يجب عليها أيضًا تنفيذ استراتيجيات الحد الأدنى من البيانات)، وإدارة الوصول واستراتيجيات مراقبة الجودة لتحويل البيانات إلى أداة فعالة لصنع القرار.

حوكمة البيانات)، وتقليل البيانات) ومستنقع البيانات)

إن فهم وتنفيذ مفاهيم حوكمة البيانات)، وتقليل البيانات) ومنع مستنقع البيانات) هي المفتاح لإدارة مستودعات البيانات بنجاح وتقديم قيمة الأعمال (الشكل3-8.2).

> ووفقًا لدراسة أجرتها مؤسسة Gartner (2017)، فإن 85% من مشاريع البيانات الضخمة تفشل، وأحد الأسباب الرئيسية لذلك هو عدم كفاية جودة البيانات وحوكمة البيانات [144].



الشكل3-8.2 - 8.2 بعض الجوانب الرئيسية لحوكمة البيانات هي حوكمة البيانات و البيانات البسيطة.

حوكمة البيانات (حوكمة البيانات) هي عنصر أساسي في إدارة البيانات، مما يضمن استخدام البيانات بشكل مناسب وفعال في جميع عمليات الأعمال. لا يتعلق الأمر بوضع القواعد والإجراءات فحسب، بل يتعلق أيضًا بضمان توافر البيانات وموثوقيتها وأمنها:

- تعريف وتصنيف البيانات: يتيح تعريف وتصنيف الكيانات بوضوح للمؤسسات فهم الكيانات المطلوبة في الشركة وتحديد كيفية استخدامها.
- حقوق الوصول والإدارة: يضمن وضع سياسات وإجراءات للوصول إلى البيانات وإدارتها أن المستخدمين المصرح لهم فقط هم من يمكنهم الوصول إلى بيانات معينة.
- حماية البيانات من التهديدات الخارجية: تعد حماية البيانات من التهديدات الخارجية جانباً رئيسياً في إدارة البيانات. ولا يشمل ذلك التدابير التقنية فحسب، بل يشمل أيضاً تدريب الموظفين على أساسيات أمن المعلومات.

بساطة البيانات (Data Minimalism) هو نهج لتقليل البيانات إلى السمات والكيانات الأكثر قيمة وذات مغزى في التكوين (الشكل4-8.2)، وبالتالي تقليل التكاليف وتحسين استخدام البيانات:

- تبسيط عملية اتخاذ القرار: يؤدي تقليل عدد العناصر وسماتها إلى العناصر الأكثر صلة إلى تبسيط عملية اتخاذ القرار من خلال تقليل الوقت والموارد اللازمة لتحليل البيانات ومعالجتها.
- التركيز على ما هو مهم: يتيح لك اختيار الكيانات والسمات الأكثر صلة بالموضوع التركيز على المعلومات التي تهم العمل حقًا، والتخلص من الضوضاء والبيانات غير الضرورية.
- تخصيص الموارد بكفاءة: يتيح تقليل البيانات إلى الحد الأدنى تخصيص الموارد بكفاءة أكبر، مما يقلل من تكاليف تخزين البيانات ومعالجتها، ويحسن جودة البيانات وأمنها.

لا ينبغي أن يبدأ منطق العمل مع البيانات مع إنشائها في حد ذاتها (الشكل4-8.2)، ولكن مع فهم السيناريوهات المستقبلية لاستخدام هذه البيانات حتى قبل بدء عملية الإنشاء. يسمح هذا النهج بتحديد الحد الأدنى من المتطلبات الضرورية للسمات وأنواعها وقيم حدودها مسبقًا. تشكل هذه المتطلبات الأساس لإنشاء كيانات صحيحة ومستقرة في نموذج المعلومات. يساهم الفهم الأولي لأغراض واستخدامات البيانات في تكوين بنية مناسبة للتحليل. نوقش المزيد من التفاصيل حول مناهج نمذجة البيانات على المستويات المفاهيمية والمنطقية والمادية في فصل "نمذجة البيانات: النموذج المفاهيمي والمنطقي والمادي".

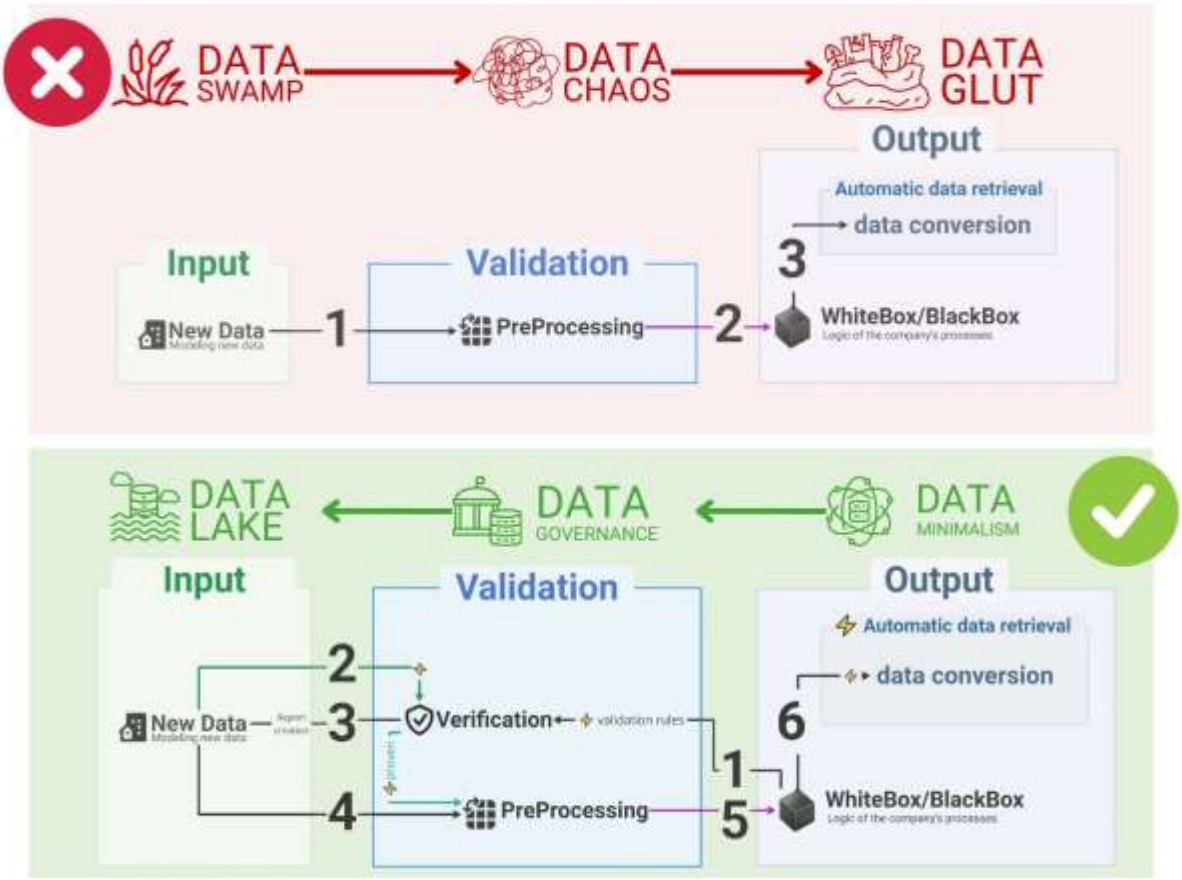
> في العمليات التجارية التقليدية لشركات الإنشاءات، تشبه معالجة البيانات في كثير من الأحيان إغراق البيانات في مستنقع، حيث يتم إنشاء البيانات أولاً ثم يحاول المتخصصون دمجها في أنظمة وأدوات أخرى.

مستنقع البيانات (مستنقع البيانات) هو نتيجة جمع البيانات وتخزينها دون تنظيم وهيكلة وإدارة مناسبة، مما يؤدي إلى بيانات غير منظمة وصعبة الاستخدام وذات قيمة ضئيلة.

كيفية منع تدفق المعلومات من التحول إلى مستنقع:

- **إدارة هيكل البيانات:** يساعد ضمان هيكلة البيانات وتصنيفها على منع تكدس البيانات من خلال جعلها منظمة ويسهل الوصول إليها.

- **فهم** البيانات **وتفسيرها**: يضمن الوصف الواضح لأصول البيانات وتعديلاتها ومعانيها فهم البيانات وتفسيرها بشكل صحيح.
- **الحفاظ على جودة البيانات**: تساعد صيانة البيانات وتنقيتها بشكل منتظم في الحفاظ على جودة البيانات وأهميتها وقيمتها للتحليلات والعمليات التجارية.



الشكل4-8-8.2 لتجنب الفوضى في مستودع البيانات، يجب أن تبدأ عملية إنشاء البيانات من خلال جمع متطلبات السمة.

من خلال دمج مبادئ حوكمة البيانات وتقليل البيانات إلى الحد الأدنى في عمليات إدارة البيانات، والحيلولة بشكل فعال دون تحول مستودعات البيانات إلى مستنقعات بيانات، يمكن للمؤسسات زيادة إمكانات بياناتها إلى أقصى حد ممكن.

تتمثل المرحلة التالية في تطور العمل مع البيانات، بعد حل مشكلات الإدارة والحد الأدنى، في توحيد معايير المعالجة التلقائية وضمان الجودة وتنفيذ الأساليب التي تجعل البيانات قابلة للاستخدام في التحليل والتحويل واتخاذ القرارات. هذا هو ما تقوم به منهجيات DataOps و VectorOps ، والتي أصبحت أدوات مهمة للشركات التي تعمل مع البيانات الضخمة والتعلم الآلي.

DataOps و VectorOps: معايير البيانات الجديدة

بينما تكون حوكمة البيانات مسؤولة عن التحكم في البيانات وتنظيمها، تساعد DataOps على ضمان دقتها واتساقها وتدفقها بسلاسة داخل الشركة. وهذا أمر بالغ الأهمية بشكل خاص في عدد من حالات الأعمال في مجال الإنشاءات، حيث يتم إنشاء البيانات بشكل مستمر ويتطلب معالجتها في الوقت المناسب. على سبيل المثال، في الحالات التي تحتاج فيها نماذج معلومات البناء، ومتطلبات المشروع والتقارير التحليلية إلى المزامنة بين الأنظمة المختلفة خلال يوم عمل واحد، يمكن أن يكون دور DataOps أساسيًا. فهو يسمح لك ببناء عمليات معالجة بيانات مستقرة وقابلة للتكرار، مما يقلل من مخاطر التأخير وفقدان أهمية المعلومات.

لا تكفي حوكمة البيانات وحدها، فمن الضروري ألا يقتصر الأمر على تخزين البيانات فحسب، بل يجب استخدامها بفاعلية في العمليات اليومية. وهنا يأتي دور DataOps، وهي منهجية تركز على الأتمتة والتكامل والتدفق المستمر للبيانات.

> يركز DataOps على تحسين التعاون والتكامل وأتمتة تدفقات البيانات في المؤسسات. ويعزز اعتماد ممارسات DataOps دقة البيانات واتساقها وتوافرها، وهو أمر بالغ الأهمية للتطبيقات التي تركز على البيانات.

الأدوات الرئيسية في منظومة DataOps هي أباتشي إيرفلو (الشكل7.4-4-4) لتنسيق سير العمل، وأباتشي نيفي (الشكل7.4-5) لتوجيه وتحويل تدفقات البيانات. وتتيح هذه التقنيات معًا خطوط أنابيب بيانات مرنة وموثوقة وقابلة للتطوير لمعالجة المعلومات والتحكم فيها ودمجها تلقائيًا بين الأنظمة (مزيد من التفاصيل في فصل "ETL التلقائي - الناقل "). عند تنفيذ نهج DataOps في عمليات البناء، من المهم مراعاة أربعة جوانب أساسية:

1. **الأشخاص والأدوات أكثر أهمية من البيانات:** قد يُنظر إلى مستودعات البيانات المنعزلة على أنها مشكلة كبيرة، لكن الواقع أكثر تعقيدًا. فبالإضافة إلى تجزئة البيانات، تلعب عزلة فرق العمل والأدوات المتباينة التي يستخدمونها دوراً هاماً. في مجال البناء، يعمل متخصصون من تخصصات مختلفة مع البيانات: مهندسو البيانات والمحللون ، وفرق ذكاء الأعمال والتصور، بالإضافة إلى خبراء إدارة المشاريع والجودة. كل منهم لديه طرق مختلفة للعمل، لذلك يصبح من المهم إنشاء نظام بيئي تتدفق فيه البيانات بحرية بين المشاركين، مما يوفر نسخة واحدة ومتسقة من المعلومات.
2. **أتمتة الاختبار واكتشاف الأخطاء:** تحتوي بيانات البناء دائمًا على أخطاء، سواء كانت أخطاء في النماذج أو أخطاء حسابية أو مواصفات قديمة. يمكن أن يؤدي اختبار البيانات بانتظام والتخلص من الأخطاء المتكررة إلى تحسين جودة البيانات بشكل كبير. كجزء من DataOps ، تحتاج إلى تنفيذ ضوابط آلية وآليات تحقق من صحة البيانات التي تراقب صحة البيانات وتحلل الأخطاء وتحدد الأنماط، وتلتقط وتعالج أخطاء النظام في كل سير عمل. وكلما زادت درجة التحقق الآلي من صحة البيانات، زادت جودة البيانات الإجمالية وانخفضت احتمالية حدوث أخطاء في المراحل النهائية.
3. **يجب اختبار البيانات بنفس الطريقة التي يتم بها اختبار التعليمات البرمجية:** تعتمد معظم تطبيقات البناء على معالجة البيانات، ولكن غالبًا ما يُترك التحكم فيها إلى أدوار ثانوية. إذا تم تدريب نماذج التعلم الآلي على بيانات غير دقيقة، فإن ذلك يؤدي إلى تنبؤات غير صحيحة وخسائر مالية. في إطار عمليات البيانات، يجب أن تخضع البيانات لنفس التدقيق الصارم الذي تخضع له التعليمات البرمجية: فحوصات المنطق، واختبارات الضغط، وتقييم سلوك النماذج عند تغير قيم المدخلات. يمكن فقط استخدام البيانات

الموثوقة والموثوقة كأساس لقرارات الإدارة.

4. **إمكانية مراقبة البيانات دون المساس بالأداء**: مراقبة البيانات ليست مجرد مجموعة من المقاييس، بل هي أداة استراتيجية لإدارة الجودة. لكي تعمل DataOps بفعالية، يجب أن تكون إمكانية المراقبة مدمجة في جميع مراحل معالجة البيانات، من التصميم إلى التشغيل. وفي الوقت نفسه، من المهم ألا تؤدي المراقبة إلى إبطاء النظام. في مشاريع البناء، من الأهمية بمكان ليس فقط جمع البيانات، ولكن القيام بذلك بطريقة لا تعطل عمل المهنيين (مثل المصممين) الذين يقومون بإنشاء البيانات بأي شكل من الأشكال. يتيح لك هذا التوازن التحكم في جودة البيانات دون المساس بالإنتاجية.

DataOps ليس عبئًا إضافيًا على علماء البيانات، بل هو العمود الفقري لعملهم. من خلال تطبيق DataOps، يمكن لشركات الإنشاءات الانتقال من إدارة البيانات الفوضوية إلى نظام بيئي فعال حيث تعمل البيانات لصالح الأعمال.

وبدوره، يمثل VectorOps المرحلة التالية في تطور DataOps ، التي تركز على معالجة وتخزين وتحليل البيانات المتجهة متعددة الأبعاد (التي تمت مناقشتها في الفصل السابق). ويكتسب هذا الأمر أهمية خاصة في مجالات مثل التوائم الرقمية ونماذج الشبكات العصبية والبحث الدلالي، والتي بدأت تظهر في صناعة البناء. تعتمد VectorOps على قواعد البيانات المتجهة لتخزين وفهرسة والبحث بكفاءة في التمثيلات متعددة الأبعاد للأشياء.

> VectorOps هي الخطوة التالية بعد DataOps ، وتركز على معالجة وتحليل واستخدام البيانات المتجهة في البناء. على عكس DataOps، الذي يركز على تدفق البيانات واتساقها وجودتها، تركز VectorOps على إدارة تمثيلات الكائنات متعددة الأبعاد المطلوبة للتعلم الآلي.

على عكس الأساليب التقليدية، تتيح لك VectorOps تحقيق أوصاف أكثر دقة للكائنات، وهو أمر بالغ الأهمية للتوائم الرقمية وأنظمة التصميم التوليدية والكشف التلقائي عن الأخطاء في بيانات CAD المحولة إلى تنسيق متجه. يشكّل التنفيذ المشترك لـ DataOps وVectorOps أساسًا متينًا للعمل الآلي القابل للتطوير مع كميات كبيرة من المعلومات - من الجداول الكلاسيكية إلى النماذج المكانية الغنية دلاليًا

الخطوات التالية: من التخزين الفوضوي إلى التخزين المنظم

غالبًا ما تؤدي المقاربات التقليدية لبناء تخزين البيانات إلى إنشاء "صوامع معلومات" متباينة حيث يتعذر الوصول إلى الرؤى المهمة للتحليل واتخاذ القرارات. وتتيح مفاهيم التخزين الحديثة، مثل مستودع البيانات ، وبحيرة البيانات والهجينة منها، إمكانية توحيد المعلومات المتباينة وإتاحتها بطريقة مركزية لتدفق البيانات وذكاء الأعمال. من المهم ليس فقط اختيار بنية التخزين المناسبة، ولكن أيضًا تنفيذ حوكمة البيانات)) وتقليل البيانات) لمنع تحول مرافق التخزين إلى مستنقعات بيانات لا يمكن السيطرة عليها).

لتلخيص هذا الجزء، يجدر بك تسليط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق المفاهيم التي تمت مناقشتها على مهامك اليومية:

- تحديد تنسيقات تخزين البيانات الفعالة
  - الابتعاد عن CSV و XLSX إلى تنسيقات أكثر كفاءة (Apache Parquet ، ORC) لتخزين كميات كبيرة من البيانات
  - تنفيذ نظام إصدار البيانات لتتبع التغييرات
  - استخدام البيانات الوصفية لوصف بنية المعلومات ومصدرها
- إنشاء بنية موحدة لبيانات الشركة
  - قارن بين بنيات التخزين المختلفة: RDBMS وDWH وبحيرة البيانات. اختر أفضل ما يلبي احتياجاتك من قابلية التوسع، وتكامل المصادر، والمعالجة التحليلية
  - صمم خريطة عملية لاستخراج البيانات وتحميلها وتحويلها (ETL) من مصادر مختلفة لمهامك. استخدم

أدوات التصور مثل Miro أو Lucidchart أو Draw.io لتصور الخطوات الرئيسية ونقاط التكامل

- تطبيق ممارسات حوكمة البيانات وتقليل البيانات
  - ☐ اتبع نهج الحد الأدنى من البيانات - قم فقط بتخزين ومعالجة ما هو قيّم حقًا
  - ☐ تنفيذ مبادئ حوكمة البيانات - تحديد المسؤولية عن البيانات، وضمان الجودة والشفافية
  - ☐ تعرف على المزيد حول سياسات إدارة البيانات ومفاهيم VectorOps ، DataOps
  - ☐ تحديد معايير جودة البيانات وإجراءات التحقق من صحة البيانات ضمن DataOps

تخزين البيانات المنظم بشكل جيد يخلق الأساس لمركزية العمليات التحليلية للشركة. ويسمح الانتقال من التراكم الفوضوي للملفات إلى التخزين المنظم بتحويل المعلومات إلى أصل استراتيجي يساعد على اتخاذ قرارات مستنيرة وتحسين كفاءة العمليات التجارية.

بمجرد أتمتة وتوحيد عمليات جمع البيانات وتحويلها وتحليلها وتخزينها بشكل منظم، فإن المرحلة التالية من التحول الرقمي هي التعامل الكامل مع البيانات الضخمة.

الجزء IX

البيانات الضخمة والتعلم الآلي والتنبؤات

يركز الجزء التاسع على البيانات الضخمة والتعلم الآلي والتحليلات التنبؤية في قطاع الإنشاءات. وهو يستكشف الانتقال من اتخاذ القرارات البديهية إلى التحليلات الموضوعية القائمة على البيانات التاريخية. يتم استخدام أمثلة عملية لتوضيح تحليل البيانات الضخمة في مجال الإنشاءات - بدءًا من تحليل مجموعة بيانات تصاريح البناء في سان فرانسيسكو إلى معالجة CAD - مشاريع بملايين العناصر. يتم إيلاء اهتمام خاص لطرق التعلم الآلي للتنبؤ بالتكلفة والجدول الزمني لمشاريع البناء، مع مناقشة مفصلة لخوارزميات الانحدار الخطي وخوارزميات الجيران الأقرب k. ويوضح كيف تصبح البيانات المنظمة أساسًا للنماذج التنبؤية لتقييم المخاطر وتحسين الموارد وتحسين كفاءة إدارة المشروع. يقدم الجزء أيضاً توصيات لاختيار عينات البيانات التمثيلية ويشرح لماذا لا تكون مجموعات البيانات الكبيرة مطلوبة دائماً لإجراء تحليلات فعالة.

الفصل 9.1.

البيانات الضخمة وتحليلها

البيانات الضخمة في البناء: من الحدس إلى القدرة على التنبؤ

لا يوجد تعريف دقيق لمصطلح "البيانات الضخمة". ظهر المفهوم في الأصل عندما بدأ حجم المعلومات يتجاوز قدرات الطرق التقليدية لمعالجتها. أما اليوم، فقد ازداد حجم البيانات وتعقيدها في العديد من الصناعات، بما في ذلك قطاع البناء، لدرجة أنها لا تتناسب مع الذاكرة المحلية لأجهزة الكمبيوتر وتتطلب استخدام تقنيات جديدة لمعالجتها.

لا يقتصر جوهر العمل بالبيانات الضخمة على التخزين والمعالجة فحسب، بل أيضًا على القدرات التنبؤية. في صناعة البناء والتشييد، تفتح البيانات الضخمة الطريق من القرارات البديهية القائمة على التفسير الذاتي للجداول والتصورات (كما نوقش سابقًا) إلى التنبؤات المستنيرة المدعومة بملاحظات وإحصاءات حقيقية.

خلافًا للاعتقاد الشائع، لا يتمثل الهدف من العمل مع البيانات الضخمة في "جعل الآلة تفكر مثل الإنسان"، بل في تطبيق النماذج والخوارزميات الرياضية لتحليل كميات هائلة من البيانات من أجل تحديد الأنماط والتنبؤ بالأحداث وتحسين العمليات.

> البيانات الضخمة ليست عالمًا باردًا من الخوارزميات الخالية من التأثير البشري. بل على العكس، تعمل البيانات الضخمة جنبًا إلى جنب مع غرائزنا وأخطائنا وإبداعنا. إن النقص في التفكير البشري هو الذي يسمح لنا بإيجاد حلول غير قياسية وتحقيق اختراقات.

مع تطور التكنولوجيا الرقمية، بدأت صناعة البناء والتشييد في استخدام تقنيات معالجة البيانات المستمدة من قطاع تكنولوجيا المعلومات. وبفضل أدوات مثل Pandas و Apache Parquet ، يمكن الجمع بين البيانات المنظمة وغير المنظمة، مما يسهل الوصول إلى المعلومات ويقلل من فقدان التحليل، في حين أن مجموعات البيانات الكبيرة من الوثائق أو مشاريع التصميم بمساعدة الحاسوب (الشكل10-9.2 - الشكل12-9.2) تسمح بجمع البيانات وتحليلها والتنبؤ بها في جميع مراحل دورة حياة المشروع.

تُحدِث البيانات الضخمة تأثيراً تحويلياً على صناعة الإنشاءات، وتؤثر عليها بطرق متنوعة محتملة. ويسفر تطبيق تقنيات البيانات الضخمة عن نتائج في عدد من المجالات الرئيسية، منها على سبيل المثال ما يلي:

- **تحليل إمكانات الاستثمار** - التنبؤ بالربحية وفترات الاسترداد للمشاريع استناداً إلى بيانات من المنشآت السابقة.
- **الصيانة التنبؤية** - تحديد الأعطال المحتملة للمعدات قبل حدوثها بالفعل، مما يقلل من وقت التعطل.
- **تحسين سلسلة التوريد** - التنبؤ بالاضطرابات وتحسين الكفاءة اللوجستية.
- **تحليلات كفاءة الطاقة** - المساعدة في تصميم المباني منخفضة الطاقة.
- **مراقبة السلامة** - استخدام أجهزة الاستشعار والأجهزة القابلة للارتداء لمراقبة ظروف الموقع.
- **مراقبة الجودة** - المراقبة في الوقت الفعلي للامتثال لمعايير العملية.
- **إدارة القوى العاملة** - تحليل الأداء والتنبؤ بمتطلبات التوظيف.

من الصعب العثور على مجال في البناء حيث تحليلات البيانات والتنبؤات غير مطلوبة. تتمثل الميزة الرئيسية لخوارزميات التنبؤ في قدرتها على التعلم الذاتي والتحسين المستمر مع تراكم البيانات.

> في المستقبل القريب، لن يقتصر دور الذكاء الاصطناعي على مساعدة البنائين فحسب، بل سيتخذ القرارات الرئيسية - بدءاً من عمليات التصميم إلى قضايا تشغيل المباني.

ستتم مناقشة المزيد حول كيفية توليد التنبؤات واستخدام نماذج التعلم في الجزء التالي من الكتاب، "التعلم الآلي والتنبؤات".

يتطلب الانتقال إلى العمل الكامل مع البيانات الضخمة تغييرًا في نهج التحليلات ذاته. فبينما ركزت الأنظمة الكلاسيكية التي ناقشناها حتى الآن على علاقات السبب والنتيجة، فإن تحليلات البيانات الضخمة تحول تركيزها إلى البحث عن الأنماط الإحصائية والارتباطات التي يمكن أن تكشف عن العلاقات الخفية والتنبؤ بسلوك الأشياء حتى بدون فهم كامل لجميع العوامل.

التشكيك في جدوى البيانات الضخمة: الارتباط والإحصاءات وأخذ عينات البيانات

تقليدياً، كان البناء يعتمد على فرضيات ذاتية وتجربة شخصية. افترض المهندسون - بدرجة معينة من الاحتمالات - كيف ستتصرف المواد، وما هي الأحمال التي سيتحملها الهيكل، وكم من الوقت سيستمر المشروع. تم اختبار هذه الافتراضات عملياً، وغالباً ما كان ذلك على حساب الوقت والموارد والمخاطر المستقبلية.

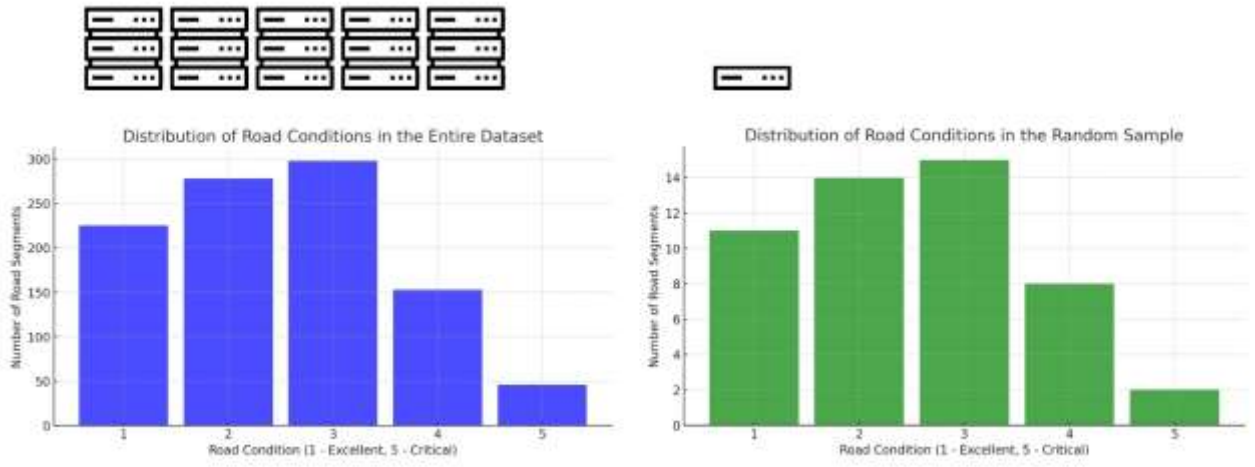
> مع ظهور البيانات الضخمة، يتغير النهج بشكل كبير: لم تعد القرارات تُتخذ على أساس الحدس الحدسي، بل نتيجة لتحليل مجموعات البيانات واسعة النطاق. ويتوقف البناء تدريجياً عن كونه فن الحدس ويتحول إلى علم دقيق للتنبؤ.

إن الانتقال إلى فكرة استخدام البيانات الضخمة يثير حتمًا سؤالاً مهمًا: ما مدى أهمية كمية البيانات وكم المعلومات المطلوبة حقًا لإجراء تحليلات تنبؤية موثوقة؟ إن الاعتقاد السائد على نطاق واسع بأنه "كلما زادت البيانات، زادت الدقة" لا يثبت دائمًا صحته من الناحية الإحصائية في الممارسة العملية.

> بالعودة إلى عام 1934، أثبت عالم الإحصاء جيرزي نيومان [145] أن مفتاح دقة الاستدلال الإحصائي لا يكمن في كمية البيانات بقدر ما يكمن في مدى تمثيلها وعشوائية أخذ العينات.

وينطبق هذا بشكل خاص في صناعة البناء والتشييد، حيث يتم جمع كميات كبيرة من البيانات باستخدام إنترنت الأشياء - أجهزة الاستشعار والماسحات الضوئية وكاميرات المراقبة والطائرات بدون طيار وحتى نماذج CAD متعددة التنسيقات، مما يزيد من مخاطر النقاط العمياء والقيم المتطرفة وتشوهات البيانات.

لنأخذ مثالاً على مراقبة حالة سطح الطريق. قد تستغرق مجموعة بيانات كاملة من جميع مقاطع الطرق س جيجابايت وتستغرق معالجتها حوالي يوم واحد. وفي الوقت نفسه، قد تستغرق عينة عشوائية تشمل كل 50 مقطع طريق فقط س/50 غيغابايت فقط ويمكن معالجتها في نصف ساعة، مع توفير دقة تقديرات مماثلة في دقة بعض الحسابات (الشكل1-1-1.9).



الشكل1-1.9.1 الرسوم البيانية لحالة الرصيف: تُظهر مجموعة البيانات الكاملة والعينات العشوائية نتائج متطابقة.

وبالتالي، قد لا يكون مفتاح نجاح تحليل البيانات في كثير من الأحيان هو كمية البيانات، بل مدى تمثيل العينة وجودة طرق المعالجة المستخدمة. يتطلب الانتقال إلى أخذ العينات العشوائية واتباع نهج أكثر انتقائية تحولاً في التفكير في صناعة البناء والتشييد. تاريخيًا، اتبعت الشركات منطق "كلما زادت البيانات كان ذلك أفضل"، معتقدةً

أن تغطية جميع المؤشرات الممكنة من شأنه أن يزيد من الدقة.

يذكرنا هذا النهج بمفهوم خاطئ شائع في إدارة المشاريع: "كلما زاد عدد المتخصصين الذين أستقطبهم، زادت فعالية العمل". ومع ذلك، كما هو الحال مع الموارد البشرية، فإن الجودة والأدوات هي الأهم من الكمية. فبدون النظر في العلاقات المتبادلة (الارتباطات) بين البيانات أو المشاركين في المشروع، فإن زيادة الحجم لا يمكن أن تؤدي إلا إلى الضوضاء والتشويه والازدواجية والهدر غير الضروري.

في النهاية، غالبًا ما يتبين أنه من الأفضل في كثير من الأحيان أن يكون لديك مجموعة بيانات أصغر حجمًا ولكن معدة نوعيًا وقادرة على إنتاج توقعات مستقرة ومعقولة بدلاً من الاعتماد على معلومات ضخمة ولكن فوضوية تحتوي على العديد من الإشارات المتناقضة.

> لا يضمن الحجم المفرط للبيانات دقة أكبر فحسب، بل يمكن أن يؤدي أيضًا إلى استنتاجات مشوهة بسبب وجود ضوضاء وميزات زائدة عن الحاجة وارتباطات خفية ومعلومات غير ذات صلة. في مثل هذه الظروف، يزداد خطر الإفراط في ملاءمة النماذج وتقل موثوقية النتائج التحليلية.

في مجال البناء، يتمثل التحدي الرئيسي في التعامل مع البيانات الضخمة في تحديد الكمية والنوعية المثلى للبيانات. على سبيل المثال، عند مراقبة حالة الهياكل الخرسانية، يمكن أن يؤدي استخدام آلاف أجهزة الاستشعار وجمع المعلومات كل دقيقة إلى إرهاق نظام التخزين والتحليل. ومع ذلك، إذا قمت بإجراء تحليل الارتباط واختيار 10% من أجهزة الاستشعار الأكثر إفادة، يمكنك الحصول على دقة تنبؤات مماثلة تقريبًا، وإنفاق موارد أقل بعدة مرات، وأحيانًا عشرات ومئات المرات.

إن استخدام مجموعة فرعية أصغر من البيانات يقلل من كمية التخزين المطلوبة ووقت المعالجة، مما يقلل بشكل كبير من تكلفة تخزين البيانات وتحليلها، وغالبًا ما يجعل أخذ العينات العشوائية حلاً مثاليًا للتحليلات التنبؤية، خاصة في مشاريع البنية التحتية الكبيرة أو عند العمل في الوقت الفعلي. في نهاية المطاف، لا تتحدد كفاءة عمليات

البناء في نهاية المطاف بكمية البيانات التي يتم جمعها، ولكن بجودة تحليلها. فبدون اتباع نهج نقدي وتحليل دقيق، يمكن أن تؤدي البيانات إلى استنتاجات غير صحيحة.

بعد كمية معينة من البيانات، فإن كل وحدة جديدة من المعلومات تعطي نتائج أقل وأقل فائدة. وبدلاً من جمع المعلومات إلى ما لا نهاية، من المهم التركيز على طابعها التمثيلي وأساليب تحليلها (الشكل2-2-9.2).

وقد وصف هذه الظاهرة بشكل جيد ألين واليس [146]، الذي يوضح استخدام الأساليب الإحصائية باستخدام مثال اختبار تصميمين بديلين للقذائف من البحرية الأمريكية.

اختبرت البحرية تصميمين بديلين للقذيفتين (A وB) من خلال إجراء سلسلة من الجولات المزدوجة. في كل جولة، يحصل (أ) في كل جولة على 1 أو 0 اعتماداً على ما إذا كان أداؤه أفضل أو أسوأ من أداء (ب)، والعكس صحيح. يتضمن النهج الإحصائي القياسي إجراء عدد ثابت من التجارب (على سبيل المثال، 1000) وتحديد الفائز بناءً على توزيع النسبة المئوية (على سبيل المثال، إذا حصل (أ) على 1 أكثر من 53% من المرات، فإنه يعتبر الأفضل). عندما ناقش ألين واليس مثل هذه المشكلة مع الكابتن (في البحرية) غاريت ل. شويلر، اعترض الكابتن على أن مثل هذا الاختبار، على حد تعبير ألين، قد يكون عديم الفائدة. ولو كان هناك ضابط ذخيرة حكيم ومتمرس مثل شويلر في الموقع، لرأى بعد أول بضع مئات [الطلقات] أنه لا داعي لإنهاء التجربة، إما لأن الطريقة الجديدة أقل شأناً بشكل واضح أو لأنها تتفوق بشكل واضح على ما كان مأمولاً [146].

- مجموعة الأبحاث الإحصائية التابعة للحكومة الأمريكية في جامعة كولومبيا، فترة الحرب العالمية الثانية

يُستخدم هذا المبدأ على نطاق واسع في مختلف الصناعات. في الطب، على سبيل المثال، تُجرى التجارب السريرية

للأدوية الجديدة على عينات عشوائية من المرضى، مما يسمح بالحصول على نتائج ذات دلالة إحصائية دون الحاجة إلى اختبار الدواء على جميع السكان الذين يعيشون على هذا الكوكب. في الاقتصاد وعلم الاجتماع، تُجرى الاستطلاعات التمثيلية لتعكس رأي المجتمع دون الحاجة إلى إجراء مقابلات مع كل شخص في البلد.

تماماً كما تقوم الحكومات والمنظمات البحثية بمسح مجموعات سكانية صغيرة لفهم الاتجاهات الاجتماعية العامة، يمكن للشركات في صناعة البناء والتشييد استخدام عينات عشوائية من البيانات لرصد وإنشاء توقعات فعالة لإدارة المشاريع (الشكل1-1-1.9).

> **قد تغير البيانات الضخمة من نهج العلوم الاجتماعية، لكنها لن تحل محل الحس الإحصائي السليم [147].**
>
> **- توماس لاندسال-ويلفير، "التنبؤ بالمزاج الحالي للأمة"، مجلة Significance v. 9(4), 2012 r.**

من من منظور توفير الموارد، عند جمع البيانات للتنبؤات المستقبلية واتخاذ القرارات، من المهم الإجابة عن السؤال التالي: هل من المنطقي إنفاق موارد كبيرة لجمع ومعالجة مجموعات ضخمة من البيانات في حين يمكن استخدام مجموعة بيانات اختبارية أصغر بكثير وأرخص ثمناً يمكن توسيع نطاقها تدريجياً؟ تُظهر فعالية أخذ العينات العشوائية أن الشركات يمكنها تقليل التكاليف بعشرات أو حتى آلاف المرات على جمع النماذج وتدريبها من خلال اختيار طرق جمع البيانات التي لا تتطلب تغطية شاملة، ولكنها لا تزال توفر الدقة والتمثيل الكافي. يسمح هذا النهج حتى للشركات الصغيرة بتحقيق نتائج تضاهي نتائج الشركات الكبيرة باستخدام موارد وأحجام بيانات أقل بكثير، وهو أمر مهم للشركات التي تتطلع إلى تحسين التكاليف وتسريع عملية اتخاذ القرارات المستنيرة باستخدام موارد صغيرة. في الفصول التالية، استكشف أمثلة على تحليلات والتحليلات التنبؤية القائمة على مجموعات البيانات العامة باستخدام أدوات البيانات الضخمة.

البيانات الضخمة: تحليل البيانات من مجموعة بيانات تصاريح البناء المليونية في سان فرانسيسكو

يوفر العمل مع مجموعات البيانات المفتوحة فرصة فريدة لتطبيق المبادئ التي تمت مناقشتها في الفصول السابقة: الاختيار الحكيم للميزات، وأخذ العينات التمثيلية، والتصور والتحليل النقدي. في هذا الفصل، سنستكشف كيف يمكن دراسة ظواهر معقدة مثل نشاط البناء في مدينة كبيرة باستخدام البيانات المفتوحة - على وجه الخصوص، أكثر من مليون سجل لرخص البناء في سان فرانسيسكو

بيانات متاحة للجمهور عن أكثر من مليون تصريح بناء (الشكل2-9.1) (سجلات في مجموعتي بيانات بصيغة CSV) من "إدارة المباني في سان فرانسيسكو" [148] [148] تسمح لنا باستخدام جدول CSV الخام لتحليل ليس فقط نشاط البناء في المدينة، ولكن أيضًا لتحليل الاتجاهات الحديثة وتاريخ صناعة البناء في سان فرانسيسكو على مدار الأربعين عامًا الماضية، من عام 1980 إلى عام 2019.

يمكن العثور على أمثلة التعليمات البرمجية المستخدمة لإنشاء تصورات مجموعة البيانات (الأشكال3-9.1 - الأشكال8-9.1)، بالإضافة إلى الرسوم البيانية المرئية مع التعليمات البرمجية والشروحات والتعليقات، على منصة Kaggle من خلال البحث عن "سان فرانسيسكو. قطاع البناء 1980-2019." [149].

count 1.137695e+06

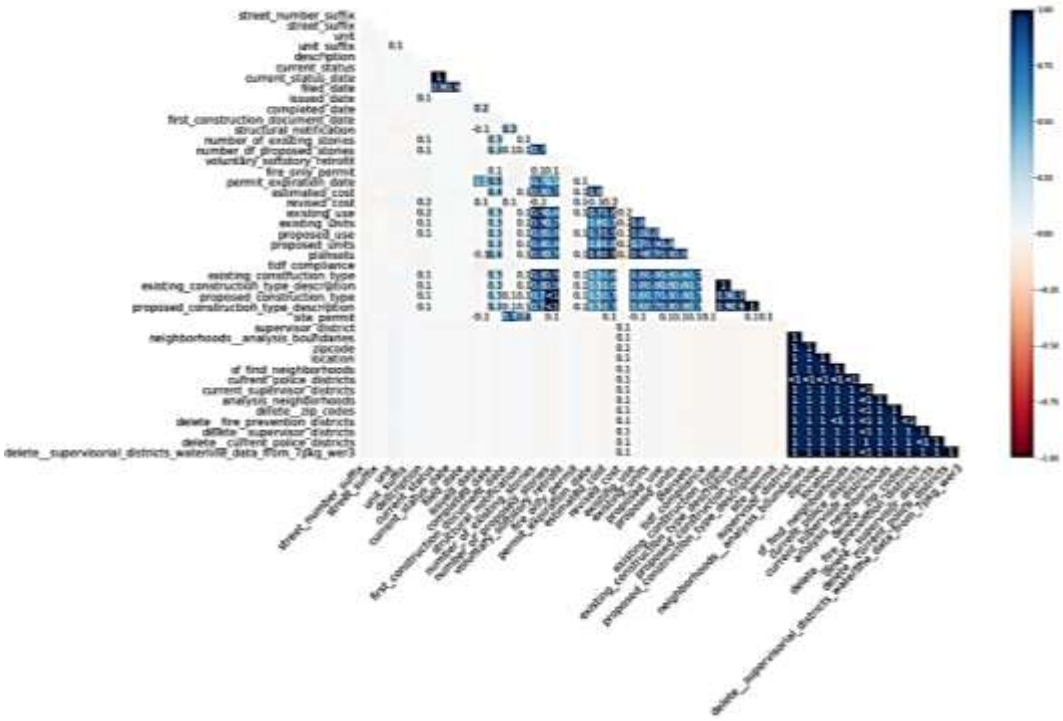
Building Permits on or after January 1, 2013 — June 13, 2020 — 2,237 Views

Building Permits before January 1, 2013 — June 13, 2020 — 860 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	780.0	NaN	1 family dwelling	94123.0	(37.7963468760498, -122.4322641443574)
570817	200412131233	06/13/2005	9000.0	9000.0	apartments	94127.0	(37.7292585180008386, -122.4644245667462)
198411	9202396	09/18/1992	9000.0	NaN	apartments	94111.0	(37.7950600252974, -122.3959322446180 5)

الشكل2-1-9.9 تحتوي مجموعات البيانات على معلومات عن تصاريح البناء الصادرة بسمات كائنات مختلفة.



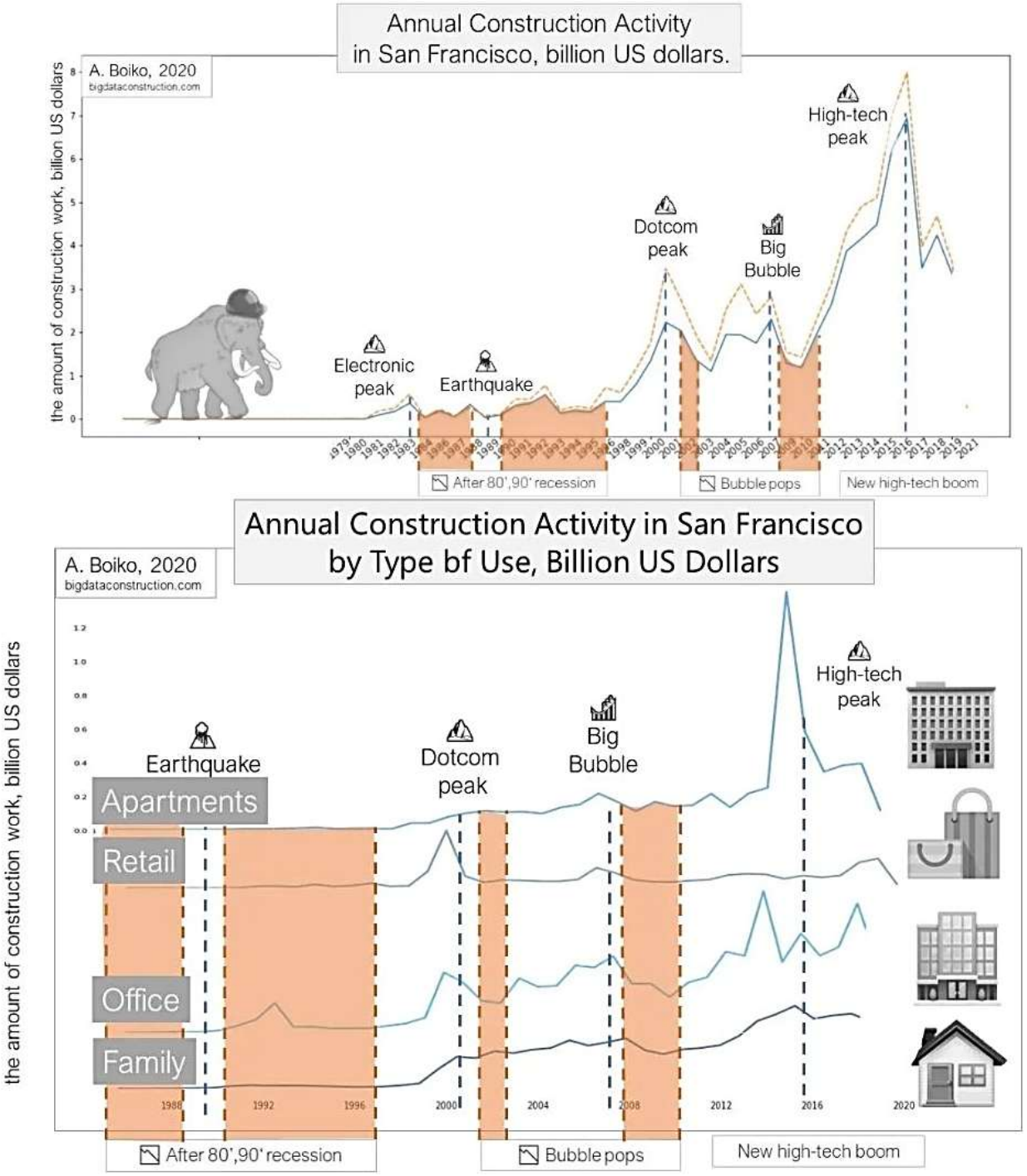
الشكل3-1-9.9 خريطة حرارية (بانداس وسيبورن) تصور جميع سمات مجموعة البيانات وتساعد على تحديد العلاقات بين أزواج السمات.

ولا تتضح أي اتجاهات أو استنتاجات من الجدول الذي قدمته إدارة المباني في سان فرانسيسكو (الشكل2-1-9).

فالأرقام الجافة في شكل جداول ليست أساساً لاتخاذ القرارات. لجعل البيانات قابلة للفهم بصريًا، كما نوقش بالتفصيل في الفصول المتعلقة بتصور البيانات، يجب أن يتم تصورها باستخدام المكتبات المختلفة التي تمت مناقشتها في الجزء السابع من الكتاب حول موضوع "ETL وتصور النتائج كرسوم بيانية".

من خلال تحليل البيانات، باستخدام مكتبات بانداس DataFrame ومكتبات التصور في بايثون ، على قيمة 1,137,695 تصريحًا [148]، يمكننا أن نستنتج أن نشاط البناء في سان فرانسيسكو يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالدورات الاقتصادية، خاصة في صناعة التكنولوجيا المزدهرة في وادي السيليكون (الشكل4-9.1).

تؤثر الازدهار والكساد الاقتصادي تأثيراً كبيراً على عدد وقيمة مشاريع البناء. فعلى سبيل المثال، تزامنت الذروة الأولى في نشاط التشييد مع طفرة الإلكترونيات في منتصف الثمانينيات (استخدم بانداس وماتبلوتليب)، وارتبطت الذروة والانخفاضات اللاحقة بفقاعة الدوت كوم والطفرة التكنولوجية في السنوات الأخيرة.

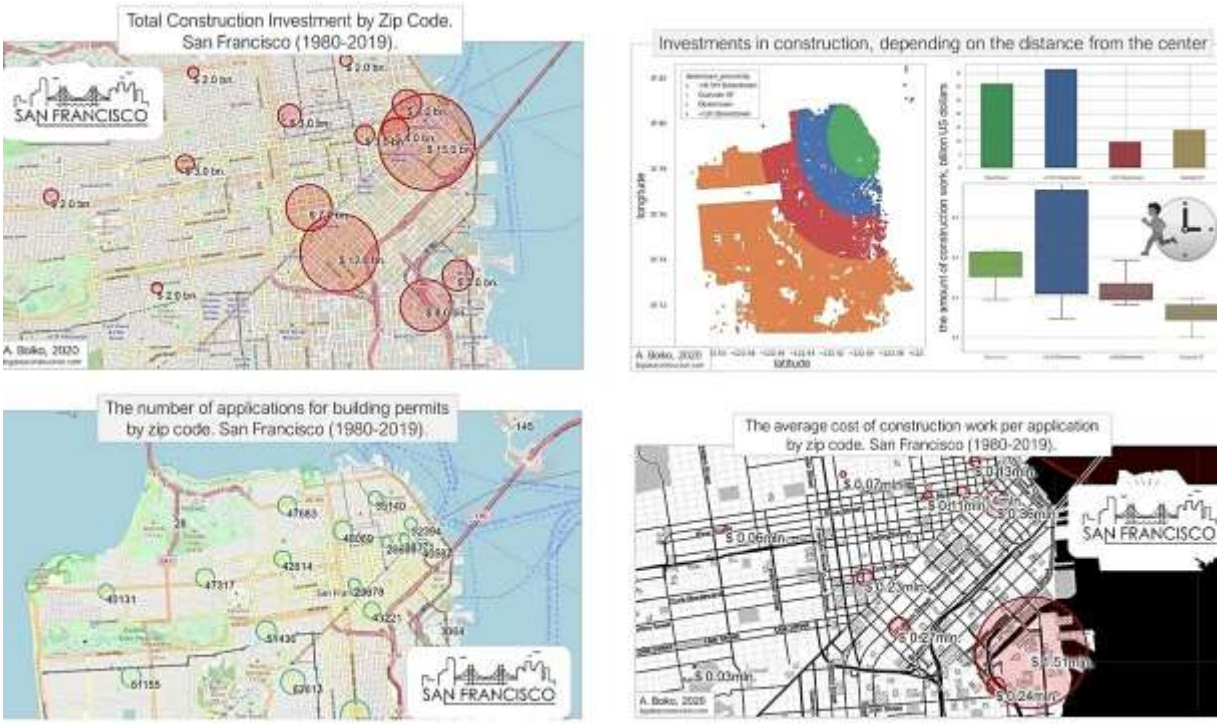


الشكل4-9.9.1 في قطاع العقارات في سان فرانسيسكو، يرتبط الاستثمار بالتطور التكنولوجي في وادي السيليكون.

تشير تحليلات البيانات إلى أنه في سان فرانسيسكو، يتركز معظم مبلغ 91.5 مليار دولار الذي تم استثماره في البناء وإعادة التطوير خلال العقد الماضي - حوالي 75% - في وسط المدينة (الشكل5-9.1 - باستخدام بانداس ومكتبة التصور

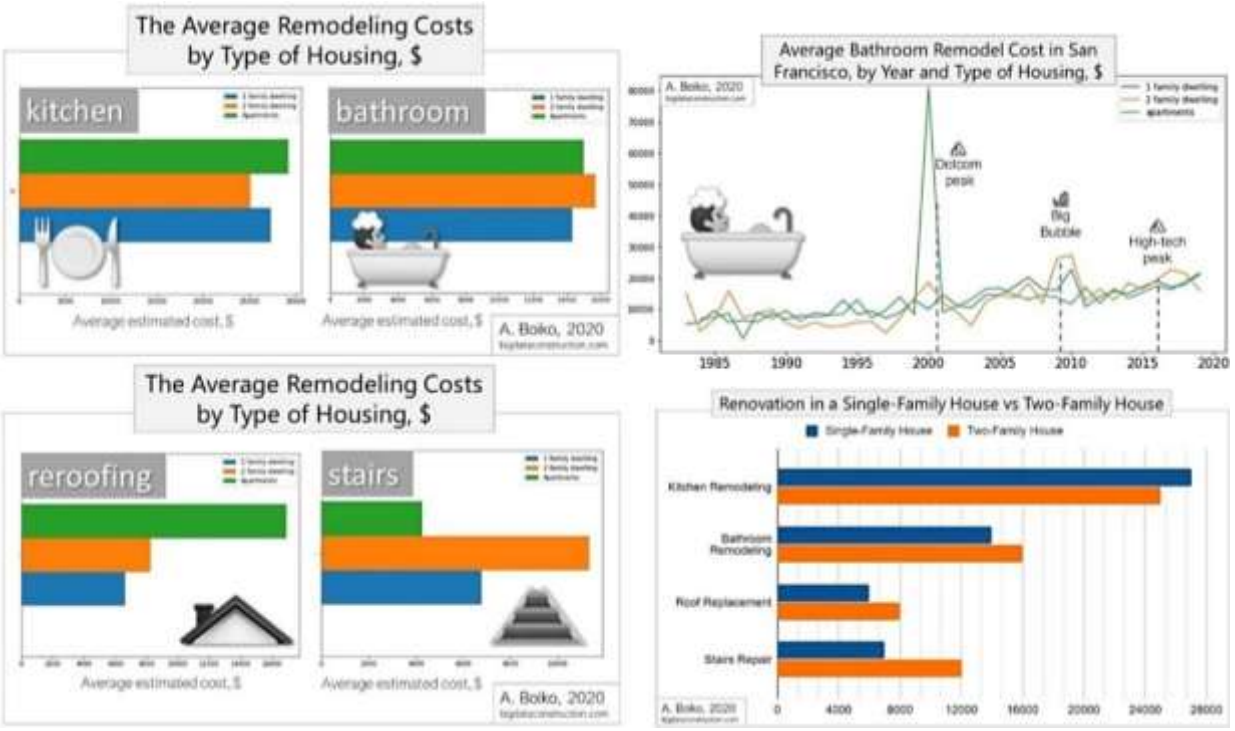
فوليام) وضمن دائرة نصف قطرها 2 كم من وسط المدينة، مما يعكس الكثافة الأعلى للاستثمار في هذه المناطق المركزية.

ويختلف متوسط تكلفة تصاريح البناء اختلافاً كبيراً حسب الحي، حيث تبلغ تكلفة الطلبات في وسط المدينة ثلاثة أضعاف تكلفة الطلبات خارج وسط المدينة بسبب ارتفاع تكاليف الأرض والعمالة والمواد ولوائح البناء الصارمة التي تتطلب مواد أكثر تكلفة لتحسين كفاءة الطاقة.



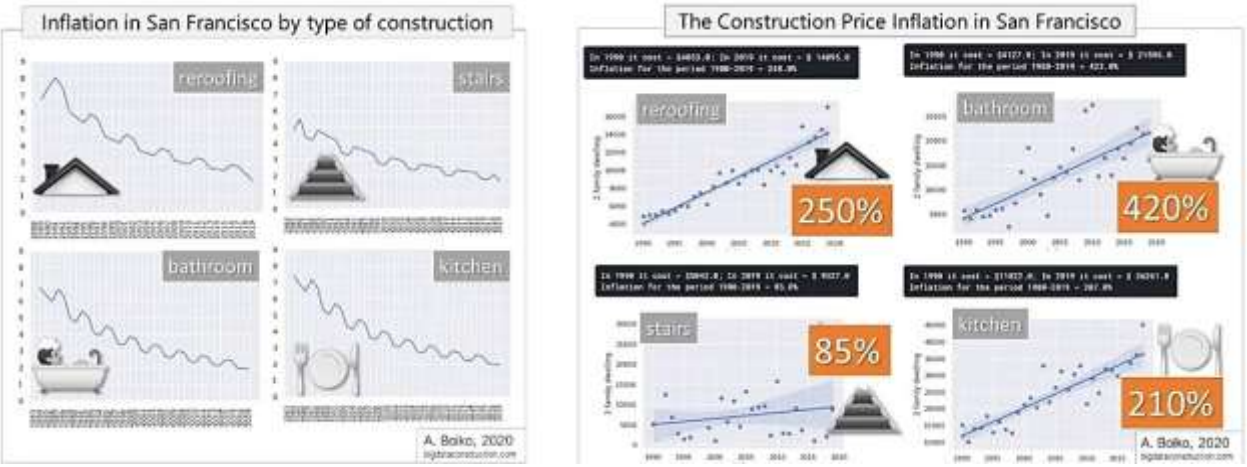
الشكل9.5-5-9.1 في سان فرانسيسكو، يتركز 75 في المائة من استثمارات البناء (91.5 مليار دولار) في وسط المدينة.

تسمح مجموعة البيانات أيضًا بحساب متوسط أسعار الترميم ليس فقط حسب نوع المنزل، ولكن أيضًا حسب أحياء المدينة والعناوين الفردية (الرموز البريدية). في سان فرانسيسكو، تُظهر ديناميات تكاليف تجديد المنازل اتجاهات متميزة لأنواع مختلفة من التجديدات والمساكن (الشكل6-9.1 - استخدم بانداس وماتبلوتليب). وتجديدات المطبخ أغلى بشكل ملحوظ من تجديدات الحمامات: متوسط تكلفة تجديد المطبخ في منزل الأسرة الواحدة حوالي 28,000 دولار مقارنة بـ 25,000 دولار في منزل الأسرة الواحدة.



الشكل9.6-9.1 في سان فرانسيسكو، تبلغ تكلفة تجديدات المطبخ ضعف تكلفة تجديدات الحمام تقريبًا، ويحتاج أصحاب المنازل إلى تخصيص مبلغ$ 350 كل شهر لمدة 15 عامًا لتغطية تكلفة الإصلاحات المنزلية الرئيسية.

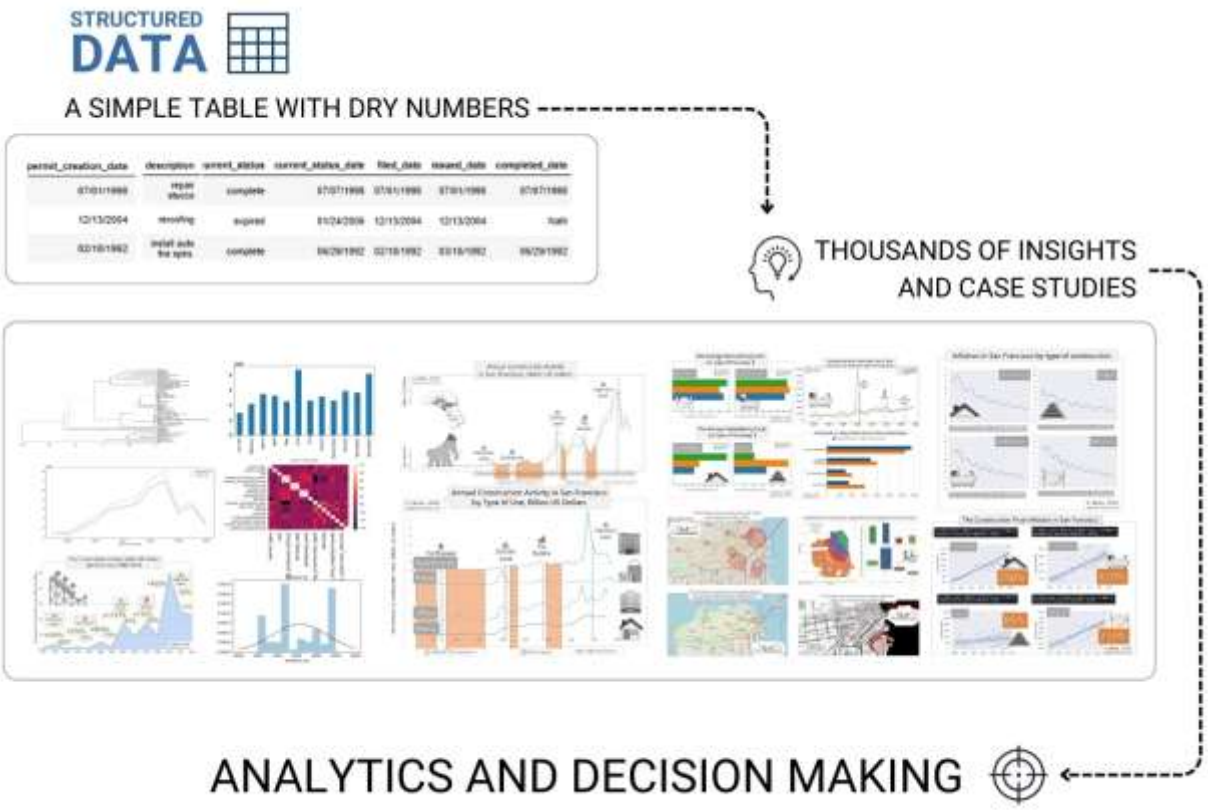
يمكن تتبع تضخم تكاليف البناء في سان فرانسيسكو على مر السنين من خلال تحليل البيانات المجمعة حسب نوع السكن والسنة (الشكل7-9.1 - استخدمه بانداس وسيبورن)، والذي يظهر زيادة مطردة في متوسط تكاليف الإصلاح منذ عام 1990 ويكشف عن دورات قصيرة الأجل مدتها ثلاث سنوات في تكلفة إصلاح المباني متعددة الأسر.



الشكل7-9.1 من عام 1980 إلى عام 2019، زادت تكلفة تجديدات الحمامات في سان فرانسيسكو خمسة أضعاف، بينما تضاعفت تكلفة تجديدات الأسقف والمطابخ ثلاثة أضعاف، وزادت تكلفة تجديدات السلالم بنسبة 85% فقط.

تكشف دراسة للبيانات العامة من إدارة المباني في سان فرانسيسكو (الشكل3-9.1) أن تكاليف البناء في المدينة متغيرة للغاية ولا يمكن التنبؤ بها في كثير من الأحيان، وتتأثر بمجموعة متنوعة من العوامل. وتشمل هذه العوامل النمو الاقتصادي، والابتكار التكنولوجي، والمتطلبات الفريدة لأنواع المساكن المختلفة.

في الماضي، كانت هذه التحليلات تتطلب معرفة متعمقة بالبرمجة والتحليلات. ولكن، مع ظهور أدوات LLM- ، أصبحت هذه العملية متاحة ومفهومة لمجموعة واسعة من المهنيين في صناعة البناء، بدءًا من المهندسين في أقسام التصميم إلى الإدارة العليا.



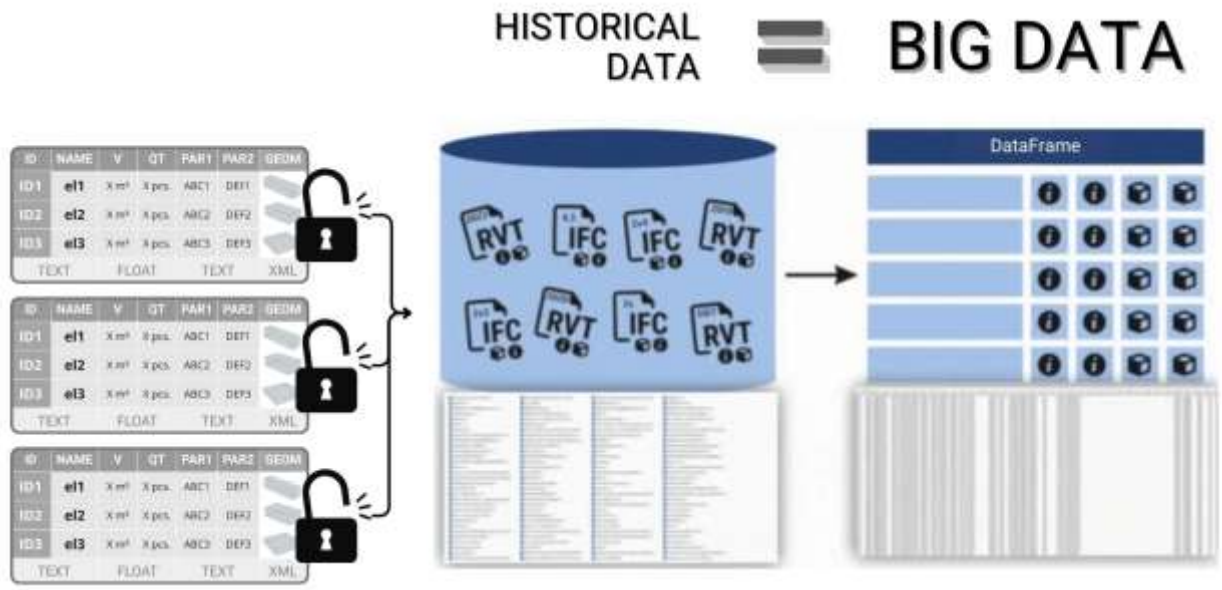
الشكل9.1-8.9 يتيح الانتقال إلى البيانات المفهومة بصريًا إمكانية اتخاذ القرارات آليًا من خلال التعرف على الأنماط الخفية.

وكما قمنا بتحليل البيانات من مجموعة البيانات المجدولة من "هيئة المباني في سان فرانسيسكو"، يمكننا تصور وتحليل أي مجموعة بيانات - من الصور والوثائق إلى بيانات إنترنت الأشياء ، أو البيانات من قواعد بيانات CAD المشتقة.

مثال على البيانات الضخمة المستندة إلى بيانات CAD (BIM)

في المثال التالي سنقوم بتحليل مجموعة بيانات كبيرة باستخدام بيانات من أدوات CAD مختلفة (BIM). ولجمع وإنشاء مجموعة البيانات الكبيرة، تم استخدام برنامج زاحف آلي متخصص على الويب (برنامج نصي)، تم تكوينه للبحث وجمع ملفات التصميم تلقائيًا من مواقع الويب التي تقدم نماذج معمارية مجانية بالصيغ RVT و IFC. وفي غضون أيام قليلة، نجح الزاحف في العثور على 4,596 ملف IFC و 6,471 ملف RVT و 156,024 ملف [149]DWG.

بعد جمع المشاريع بتنسيقات RVT و IFC من إصدارات مختلفة وتحويلها إلى تنسيق CSV منظم باستخدام أدوات تطوير البرمجيات الهندسية العكسية المجانية ، تم جمع ما يقرب من 10 آلاف مشروع RVT و IFC في ملف جدول أباتشي باركيه كبير وتحميله إلى Pandas DataFrame للتحليل (الشكل9-9.1).

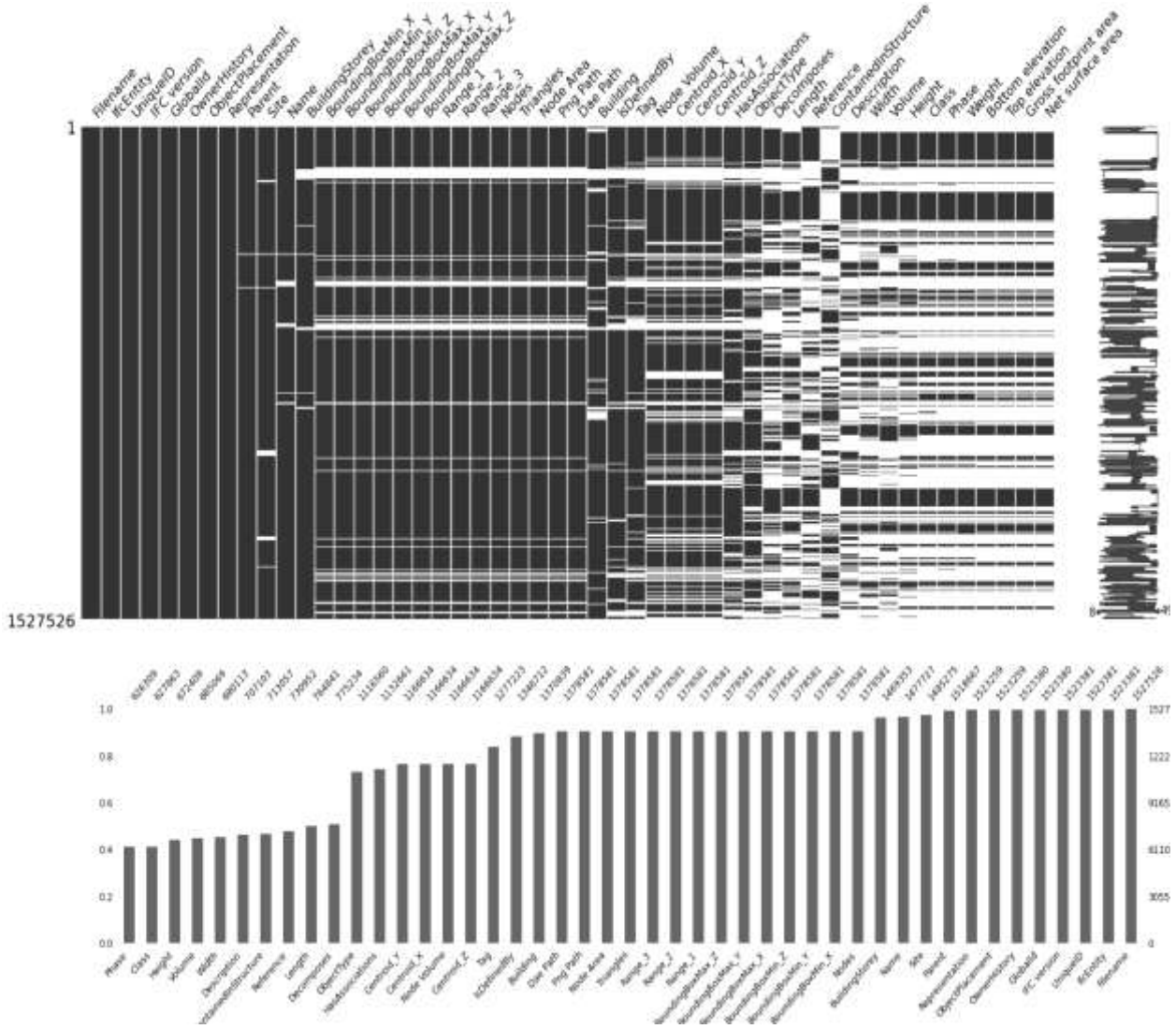


الشكل9-9.1 البيانات المهيكلة تتيح لك بيانات المشروع دمج أي عدد من المشاريع في جدول واحد ثنائي الأبعاد.

تحتوي البيانات من هذه المجموعة واسعة النطاق على المعلومات التالية: تحتوي مجموعة ملفات IFC على حوالي 4

ملايين كيان (صفوف) و 24,962 سمة (أعمدة)، وتحتوي مجموعة ملفات RVT ، التي تتكون من حوالي 6 ملايين كيان (صفوف)، على 27,025 سمة (أعمدة) مختلفة.

وتغطي مجموعات المعلومات هذه (الشكل10-9.1) ملايين العناصر، حيث تم الحصول على إحداثيات هندسة الصندوق الحدودي (مستطيل يحدد حدود كائن في المشروع) لكل منها وإضافتها إلى جدول مشترك - تم إنشاء إحداثيات هندسة الصندوق الحدودي (مستطيل يحدد حدود كائن في المشروع) وصور لكل عنصر بتنسيق PNG والهندسة بتنسيق XML المفتوح - DAE (Collada).

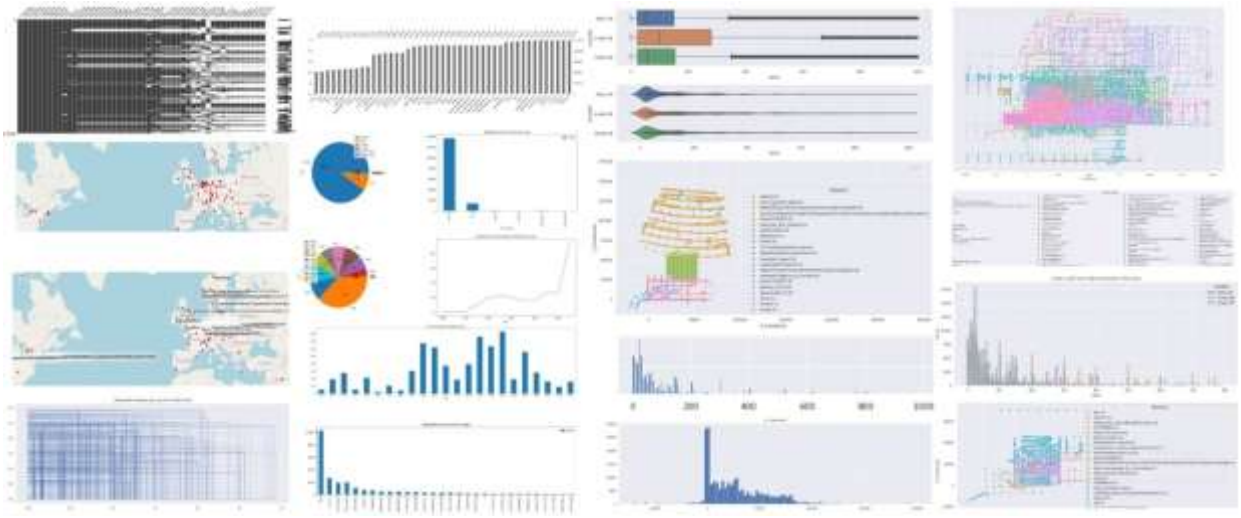


الشكلSabset 9.1-9.10 من 1.5 مليون عنصر وتصور (مفقود لا مكتبة) لشغل أول 100 سمة على شكل رسم بياني.

وبالتالي، حصلنا على جميع المعلومات حول عشرات الملايين من العناصر من 4596 مشروعًا من مشاريع IFC و 6471 مشروعًا من مشاريع RVT ، حيث تمت ترجمة جميع السمات-الخصائص لجميع عناصر الكيانات وهندستها (الصندوق المحيط) إلى شكل منظم لجدول واحد (DataFrame) (الشكل10-9.1 - تظهر البيانات على مجموعات إطارات البيانات على شكل رسوم بيانية).

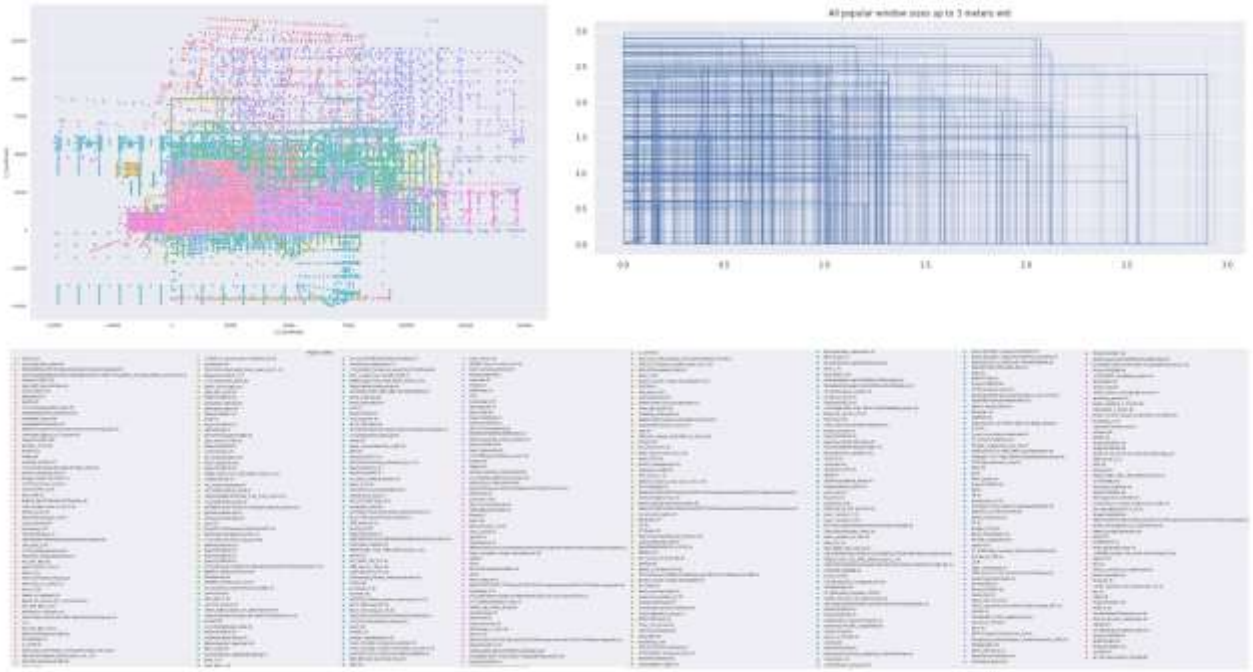
تسمح المخططات البيانية (الشكل10-9.1 ، الشكل6-9.2 ، الشكل7-9.2) المرسومة أثناء عملية التحليل بتقييم سريع لكثافة البيانات وتكرار حدوث القيم في الأعمدة. وهذا يعطي فكرة أولية عن توزيع السمات ووجود القيم المتطرفة والفائدة المحتملة للسمات الفردية في تحليل وبناء نماذج التعلم الآلي.

أحد الأمثلة على الاستخدام العملي لمجموعة البيانات هذه (الشكل10-9.1) هو مشروع "IFC 5000 و [149] ." RVT، المتاح على منصة Kaggle. وهو يقدم Jupyter Notebook مع حل كامل لخطوط الأنابيب: من المعالجة المسبقة للبيانات وتحليلها إلى تصور النتائج باستخدام مكتبات Python - pandas و matplotlib و seaborn و folium وغيرها (الشكل11-9.1).



الشكل11-9.1 أمثلة على تحليل البيانات من تنسيقات CAD (BIM) باستخدام مكتبات التصور بايثون ومكتبة بانداس.

استنادًا إلى المعلومات الفوقية، من الممكن تحديد المدن التي تم فيها تطوير مشاريع معينة وعرض ذلك على الخريطة (على سبيل المثال باستخدام مكتبة الفوليوم). بالإضافة إلى ذلك، تسمح لك الطوابع الزمنية في البيانات باستكشاف الأنماط في وقت حفظ الملفات أو تحريرها: حسب اليوم من الأسبوع، والوقت من اليوم، والشهر.



الشكل12-9.1 12-9.1 التصور الموضع الهندسي لجميع الأعمدة وأبعاد جميع النوافذ حتى 3 أمتار في المشاريع من القائمة الموجودة أسفل المخطط.

كما تصلح البارامترات الهندسية في شكل مربع حدودي مستخرج من النماذج للتحليلات الإجمالية. فعلى سبيل المثال، يوضح الشكل12-9.1 رسمين بيانيين: يوضح الرسم الأيسر توزيع المسافات بين الأعمدة لجميع المشاريع بالنسبة لنقطة الصفر، ويوضح الرسم الأيمن أبعاد جميع النوافذ حتى ارتفاع 3 أمتار في عينة من عشرات الآلاف من عناصر النوافذ (بعد تجميع مجموعة البيانات بأكملها حسب البارامتر "الفئة" بالقيمة "OST_Windows"، "IfcWindows").

يتوفر كود تحليل خط الأنابيب لهذا المثال ومجموعة البيانات نفسها على موقع Kaggle تحت عنوان "IFC 5000 و RVT | DataDrivenCo-nstruction.io المشاريع" [149]. يمكن نسخ خط الأنابيب النهائي هذا مع مجموعة البيانات

وتشغيله مجانًا عبر الإنترنت مجانًا على Kaggle أو دون اتصال بالإنترنت في أحد برامج IDE الشهيرة: PyCharm أو Visual Studio Code (VS Code) أو Jupyter Notebook أو Spyder أو Atom أو Sublime Text أو Eclipse مع مكون PyDev الإضافي أو Thonny أو Wing IDE أو IntelliJ IDEA مع مكون Python الإضافي أو JupyterLab أو الأدوات الشهيرة على الإنترنت Kaggle.كوم، Amazon، Microsoft Azure Notebooks، Google Collab، SageMaker.

> ستلعب الرؤى التحليلية المكتسبة من معالجة ودراسة كميات هائلة من البيانات المنظمة دورًا حاسمًا في عمليات اتخاذ القرار في صناعة البناء والتشييد.

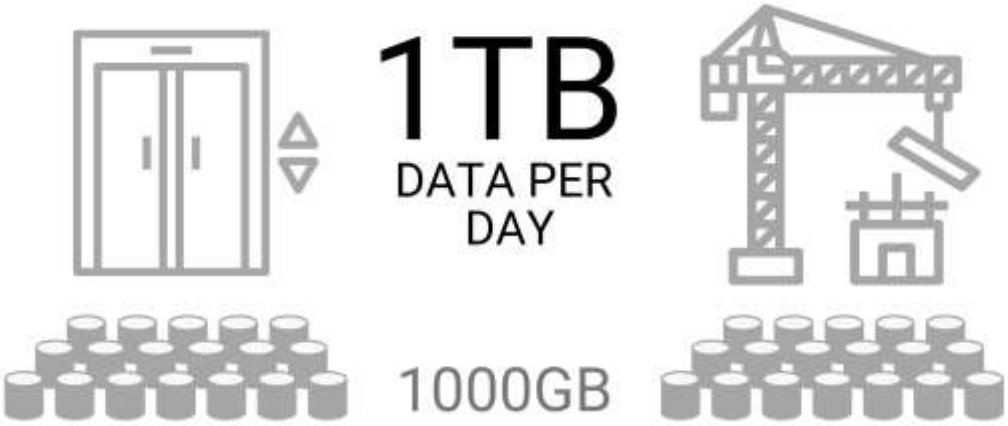
من خلال هذا النوع من تحليل المعلومات المستند إلى المشاريع السابقة، يمكن للمتخصصين التنبؤ بفعالية، على سبيل المثال، بمتطلبات المواد والعمالة وتحسين حلول التصميم قبل بدء البناء

ومع ذلك، في حين أن بيانات التصميم أو تصاريح البناء هي معلومات ثابتة نسبيًا تتغير ببطء نسبيًا، فإن عملية البناء نفسها أصبحت مشبعة بمجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار وأجهزة إنترنت الأشياء - أجهزة: الكاميرات وأنظمة المراقبة الآلية التي تنقل البيانات في الوقت الفعلي - كل هذا يحول موقع البناء إلى بيئة رقمية ديناميكية حيث يجب تحليل البيانات في الوقت الفعلي.

إنترنت الأشياء والعقود الذكية

إنترنت الأشياء يمثل إنترنت الأشياء موجة جديدة من التحول الرقمي حيث يحصل كل جهاز على عنوان IP خاص به ويصبح جزءًا من شبكة عالمية. إنترنت الأشياء هو مفهوم يتضمن ربط الأشياء المادية بالإنترنت لجمع البيانات ومعالجتها ونقلها. في مجال البناء، يعني ذلك القدرة على التحكم في عمليات البناء في الوقت الحقيقي، وتقليل هدر المواد، والتنبؤ بتآكل المعدات وتلفها وأتمتة عملية اتخاذ القرار.

وفقًا لمقال "الاستعداد للمستقبل مع الإنشاءات المتصلة" الصادر عن [150] CFMA، ستشهد صناعة البناء والتشييد تحولاً رقميًا كبيرًا في العقد القادم، وسيتوج ذلك بمفهوم البناء المتصل - وهو موقع بناء متكامل ومؤتمت بالكامل.



الشكل:13-9.1 يمكن لأجهزة إنترنت الأشياء أو أجهزة بيانات موقع البناء إنتاج ونقل تيرابايت من البيانات يوميًا.

يعني موقع البناء الرقمي أن جميع عناصر البناء - من التخطيط والخدمات اللوجستية إلى تنفيذ العمل ومراقبة الجودة في موقع البناء باستخدام الكاميرات الثابتة والطائرات الرباعية المروحية - سيتم دمجها في نظام بيئي رقمي ديناميكي واحد. في وقت سابق، في الجزء السابع من هذا الكتاب، سبق أن استعرضنا في الجزء السابع من هذا الكتاب قدرات Apache NiFi (الشكل5-7.4)، وهي أداة مجانية ومفتوحة المصدر تتيح تدفق البيانات في الوقت الفعلي - بدءًا من التجميع من مصادر مختلفة إلى النقل إلى منصات التخزين أو التحليلات.

سيتم نقل البيانات المتعلقة بتقدم البناء واستهلاك المواد وحالة المعدات والسلامة في الوقت الحقيقي إلى أنظمة التحليل (الشكل13-9.1). وهذا يسمح بالتنبؤ بالمخاطر المحتملة والاستجابة للانحرافات على الفور وتحسين عمليات الموقع. تشمل المكونات الرئيسية لموقع البناء الرقمي ما يلي:

- إنترنت الأشياء - أجهزة الاستشعار - تتبع المعايير البيئية ومراقبة معدات البناء والتحكم في ظروف العمل.
- توأم رقمي - نماذج افتراضية للمباني والبنية التحتية للتنبؤ بالانحرافات المحتملة ومنع الأخطاء.

- الأنظمة اللوجستية الآلية - إدارة سلسلة التوريد في الوقت الفعلي لتقليل وقت التعطل والتكاليف.
- أنظمة البناء الروبوتية - استخدام آلات ذاتية التشغيل لأداء المهام الروتينية والخطرة.

الروبوتات ، لن يؤدي الاستخدام لإنترنت الأشياء ومفهوم الموقع المتصل (البناء) الرقمي لموقع البناء إلى زيادة الكفاءة وخفض التكاليف فحسب، بل سيؤدي أيضًا إلى حقبة جديدة من السلامة والبناء المستدام وإدارة المشاريع التنبؤية.

> تُعد علامات تحديد الهوية بالترددات الراديوية (تحديد الهوية بالترددات الراديوية) أحد أهم مكونات إنترنت الأشياء. فهي تُستخدم لتحديد وتتبع المواد والآلات وحتى العاملين في موقع البناء، مما يزيد من الشفافية والتحكم في موارد المشروع.

تُستخدم تقنية RFID للتعرف على الأشياء تلقائيًا باستخدام إشارات الراديو. وتتكون من ثلاثة عناصر رئيسية:

- RFID - علامات (سلبية أو نشطة) - تحتوي على معرّف فريد من نوعه ويتم إرفاقها بالمواد أو الأدوات أو الآلات.
- الماسحات الضوئية هي أجهزة تقرأ المعلومات من العلامات وتنقلها إلى النظام.
- قاعدة بيانات مركزية - تخزن المعلومات عن موقع الأجسام وحالتها وحركتها.

تطبيق تقنية تحديد الترددات اللاسلكية في مجال الإنشاءات:

- المحاسبة التلقائية للمواد - علامات على منتجات الخرسانة الجاهزة أو عبوات الخرسانة الجاهزة أو عبوات ألواح التسليح أو الألواح العازلة تسمح بمراقبة المخزون ومنع السرقة.
- التحكم في عمل الموظفين - RFID - تسجل شارات الموظفين أوقات بدء المناوبة وانتهائها، مما يوفر سجلاً لساعات العمل.
- مراقبة المعدات - RFID - يتتبع النظام حركة المعدات ويمنع تعطلها ويحسن الكفاءة اللوجستية.

وتُكمِّل هذه المجموعة التكنولوجية العقود الذكية القائمة على البلوك تشين التي تعمل على أتمتة المدفوعات ومراقبة

التسليم والامتثال للعقود دون الحاجة إلى وسطاء، مما يقلل من مخاطر الاحتيال والتأخير.

> واليوم، في ظل غياب نموذج بيانات مشترك، فإن العقود الذكية هي مجرد كود يتفق عليه المشاركون. ومع ذلك، مع اتباع نهج يركز على البيانات، من الممكن إنشاء نموذج مشترك لمعلمات العقد، وترميزه في سلسلة الكتل وأتمتة تنفيذ الشروط.

على سبيل المثال، في نظام إدارة سلسلة التوريد، يمكن للعقد الذكي أن يتتبع تسليم شحنة من أجهزة استشعار إنترنت الأشياء - أجهزة الاستشعار وعلامات RFID وتحويل الدفع تلقائيًا عند وصولها. وبالمثل، في موقع البناء، يمكن للعقد الذكي أن يسجل إتمام مرحلة العمل - مثل تركيب حديد التسليح أو صب الأساس - استنادًا إلى بيانات من الطائرات بدون طيار أو مستشعرات البناء، ويبدأ تلقائيًا في الدفع التالي للمقاول دون الحاجة إلى الفحوصات اليدوية والشهادات الورقية.

ولكن على الرغم من التقنيات الجديدة والجهود التي تبذلها منظمات التقييس الدولية، فإن وجود عدد كبير من المعايير المتنافسة يعقّد مشهد إنترنت الأشياء.

> ووفقًا لدراسة أجرتها شركة سيسكو نُشرت في عام 2017 [151]، فإن ما يقرب من 60% من مبادرات إنترنت الأشياء (IoT) تتوقف عند مرحلة إثبات المفهوم، و26% فقط من الشركات تعتبر أن مشاريع إنترنت الأشياء الخاصة بها ناجحة تمامًا. علاوة على ذلك، فإن ثلث المشاريع المكتملة لا تحقق أهدافها المعلنة ولا يتم الاعتراف بنجاحها حتى بعد التنفيذ.

أحد الأسباب الرئيسية هو عدم وجود إمكانية التشغيل البيني بين المنصات التي تعالج البيانات من أجهزة استشعار مختلفة. ونتيجة لذلك، تظل البيانات معزولة ضمن حلول منفصلة. البديل عن هذا النهج، كما هو الحال في حالات أخرى مماثلة (والتي تناولناها في هذا الكتاب)، هو بنية مبنية حول البيانات نفسها باعتبارها الأصل الأساسي.

تلعب مستشعرات إنترنت الأشياء دورًا رئيسيًا ليس فقط في مراقبة الحالة الفنية للمعدات، ولكن أيضًا في التحليلات التنبؤية للحد من المخاطر في موقع البناء وتحسين الأداء العام للعملية من خلال التنبؤ بالأعطال والانحرافات.

يمكن معالجة البيانات التي يتم جمعها بواسطة مستشعرات إنترنت الأشياء وعلامات RFID في الوقت الفعلي بواسطة خوارزميات التعلم الآلي التي يمكنها اكتشاف الحالات الشاذة وتنبيه المهندسين إلى الأعطال المحتملة مسبقاً. يمكن أن يتراوح ذلك من التشققات الدقيقة في الهياكل الخرسانية إلى التوقفات غير المعهودة في تشغيل الرافعة البرجية، مما يشير إلى وجود أعطال فنية أو انتهاكات تنظيمية. علاوة على ذلك، يمكن لخوارزميات التحليل السلوكي المتقدمة أن تلتقط الأنماط السلوكية التي قد تشير، على سبيل المثال، إلى الإرهاق البدني للموظفين، مما يعزز الإدارة الاستباقية للسلامة ورفاهية الموظفين في الموقع.

في صناعة البناء والتشييد، نادراً ما تقع الحوادث والأعطال - سواءً كانت في الآلات أو الأشخاص - فجأة. وعادةً ما تسبقها انحرافات طفيفة تمر دون أن يلاحظها أحد. تتيح التحليلات التنبؤية والتعلم الآلي إمكانية اكتشاف هذه الإشارات في مرحلة مبكرة، حتى قبل حدوث عواقب وخيمة.

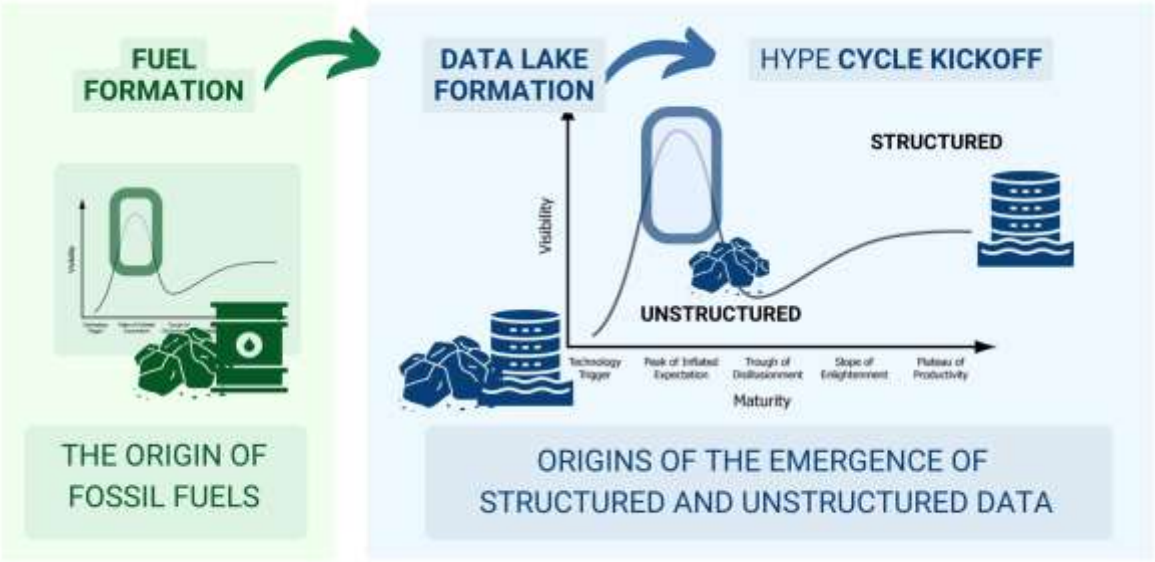
بينما تشكل المستندات وملفات المشاريع والبيانات من أجهزة إنترنت الأشياء وعلامات RFID البصمة الرقمية لمشاريع البناء، يمكن أن يساعد التعلم الآلي في استخراج رؤى مفيدة منها. مع نمو البيانات وإضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات، تكتسب صناعة الإنشاءات فرصاً جديدة في التحليلات والتحليلات التنبؤية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي.

الفصل 9.2.

التعلُّم الآلي والتنبؤات

سيغير التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي الطريقة التي نبني بها

أصبحت قواعد البيانات الخاصة بالأنظمة المختلفة في أعمال الإنشاءات - ببنيتها التحتية المتحللة والمتزايدة التعقيد حتمًا - أرضًا خصبة للحلول المستقبلية. إن خوادم الشركات، مثل الغابة، غنية بكتلة حيوية من المعلومات المهمة، غالبًا ما تكون مخبأة تحت الأرض، في أحشاء المجلدات والخوادم. ستغذي كتل البيانات من الأنظمة المختلفة التي يتم إنشاؤها اليوم - بعد الاستخدام، وبعد سقوطها في قاع الخادم وبعد سنوات من التحجر - التعلم الآلي ونماذج اللغة في المستقبل. سيتم بناء غرف الدردشة الداخلية في الشركة (على سبيل المثال مثيل منفصل من ChatGPT المهيأ محليًا ، DeepSeek ، Mistral ، LlaMa) على هذه النماذج الداخلية باستخدام التخزين المركزي لاسترجاع المعلومات بسرعة وسهولة وإنشاء الرسوم البيانية ولوحات المعلومات والوثائق اللازمة.



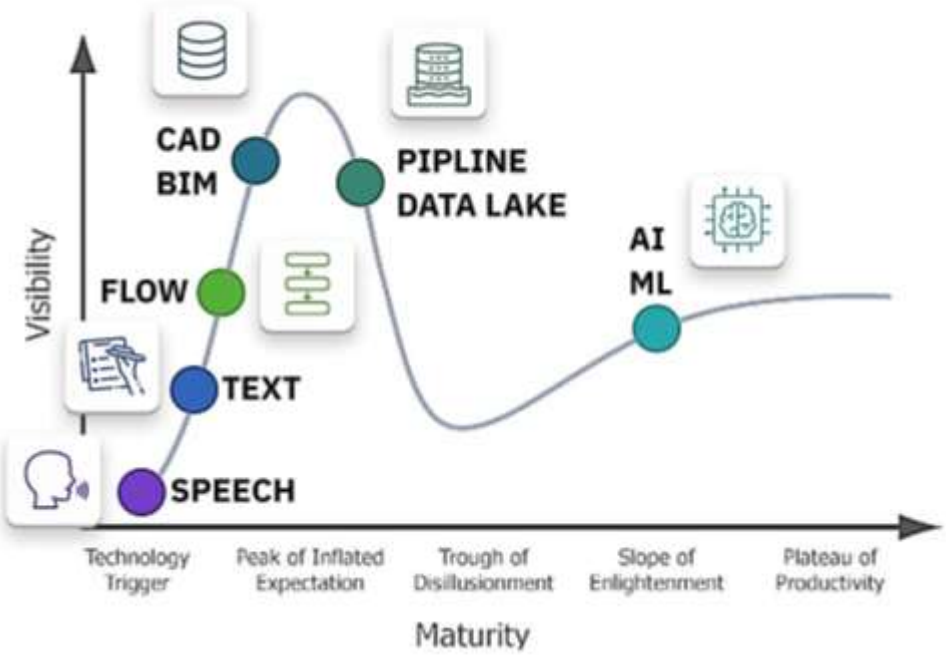
الشكل9.2-1.9 كما تتحول الأشجار إلى فحم، كذلك تتحول المعلومات إلى طاقة عمل قيّمة بمرور الوقت تحت ضغط الوقت والتحليلات.

ويؤدي تحجر الكتلة النباتية مع الضغط ودرجة الحرارة إلى تكوين كتلة متجانسة متجانسة وفريدة من نوعها من أشجار من أنواع مختلفة عاشت في أوقات مختلفة - الفحم [152]. وبنفس الطريقة، فإن المعلومات المسجلة على أقراص صلبة بأشكال مختلفة وفي أوقات مختلفة تحت ضغط إدارات التحليلات ودرجة حرارة إدارة الجودة تشكل في النهاية كتلة متجانسة منظمة متجانسة من المعلومات القيمة (الشكل9.2-1).

يتم إنشاء هذه الطبقات (أو في كثير من الأحيان شذرات معزولة) من المعلومات من خلال تنظيم البيانات المضنية من قبل محللين متمرسين يبدأون في استخلاص المعلومات القيمة تدريجياً من البيانات التي تبدو غير ذات صلة منذ فترة طويلة.

في اللحظة التي لم تعد فيها طبقات البيانات الناضجة هذه "تُحرق" في التقارير فحسب، بل تبدأ في التداول في العمليات التجارية، وإثراء القرارات وتحسين العمليات، تصبح الشركة جاهزة للخطوة التالية - الانتقال إلى التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي (الشكل9.2-2-2).

تعلم الآلة (ML - تعلم الآلة) هي فئة من الأساليب لحل مشاكل الذكاء الاصطناعي. تتعرف خوارزميات التعلّم الآلي على الأنماط في مجموعات البيانات الكبيرة وتستخدمها لتعلم نفسها بنفسها. تسمح كل مجموعة بيانات جديدة للخوارزميات الرياضية بالتحسين والتكيف وفقًا للمعلومات التي يتم الحصول عليها، مما يسمح بتحسين دقة التوصيات والتنبؤات باستمرار.



الشكل9-2-2-9 تلاشي تقنيات إنشاء البيانات وتطبيق أدوات التحليلات يفتح الباب أمام موضوع التعلم الآلي.

كما قال الرئيس التنفيذي المؤثر لأكبر صندوق استثماري في العالم (والذي يمتلك حصصًا رئيسية في جميع شركات برمجيات البناء الكبرى تقريبًا، بالإضافة إلى الشركات التي تمتلك أكبر قدر من العقارات في العالم [55]) في مقابلة أجريت معه في عام 2023 - إن التعلم الآلي سيغير عالم الإنشاءات.

> **يتمتع الذكاء الاصطناعي بإمكانيات هائلة. سيغير الطريقة التي نعمل بها والطريقة التي نعيش بها. سيغير الذكاء الاصطناعي والروبوتات الطريقة التي نعمل بها والطريقة التي نبني بها، وسنكون قادرين على استخدام الذكاء الاصطناعي والروبوتات كوسيلة لتحقيق إنتاجية أكبر بكثير [153].**
>
> **- الرئيس التنفيذي لأكبر صندوق استثماري في العالم، مقابلة، سبتمبر 2023.**

يعمل التعلم الآلي (ML) من خلال معالجة كميات كبيرة من البيانات، باستخدام تقنيات إحصائية لمحاكاة جوانب التفكير البشري. ومع ذلك، فإن معظم الشركات ليس لديها مثل هذه المجموعات من البيانات، وإذا كان لديها مثل هذه البيانات، فغالبًا ما تكون غير مصنفة بشكل كافٍ. هذا هو المكان الذي يمكن أن تساعد فيه التقنيات الدلالية والتعلم التحويلي، وهي تقنية تسمح للتعلم الآلي بأن يكون أكثر فعالية عند التعامل مع كميات صغيرة من البيانات، والتي تمت مناقشة جدواها في الفصول السابقة من هذا الجزء.

يتمثل جوهر التعلم المنقول في أنه بدلاً من تعلم كل مهمة من الصفر، يمكنك استخدام المعرفة المكتسبة في المجالات ذات الصلة. من الضروري أن ندرك أن الأنماط والاكتشافات من الصناعات الأخرى يمكن تكييفها وتطبيقها في صناعة البناء والتشييد. على سبيل المثال، تساعد أساليب تحسين العمليات اللوجستية التي تم تطويرها في مجال البيع بالتجزئة على تحسين كفاءة إدارة سلسلة التوريد في مجال البناء. ويمكن تطبيق تحليل البيانات الضخمة، الذي يستخدم بنشاط في مجال التمويل، على التنبؤ بالتكاليف وإدارة المخاطر في مشاريع البناء. كما أن تقنيات الرؤية الحاسوبية والروبوتات التي يجري تطويرها في الصناعة تجد بالفعل تطبيقات في مراقبة الجودة الآلية ومراقبة السلامة وإدارة مرافق مواقع البناء.

لا يسمح التعلم المنقول بتسريع إدخال الابتكارات فحسب، بل يسمح أيضًا بتقليل تكلفة تطويرها باستخدام الخبرة المتراكمة بالفعل في الصناعات الأخرى.

الشكل9 3-2-9 الذكاء الاصطناعي ستكون تقنيات والروبوتات القوة الدافعة الرئيسية في المستقبل لزيادة الإنتاجية في صناعة البناء والتشييد.

يتم تنظيم التفكير البشري على مبدأ مماثل: نحن نبني على المعرفة المكتسبة سابقًا لحل المشاكل الجديدة (الشكل 4.4-19، الشكل20-4.4 ، الشكل21-4.4). في التعلم الآلي، يعمل هذا النهج أيضًا - من خلال تبسيط نموذج البيانات وجعله أكثر أناقة، يمكننا تقليل تعقيد المشكلة لخوارزميات التعلم الآلي. وهذا بدوره يقلل من الحاجة إلى كميات كبيرة من البيانات ويقلل من التكلفة الحسابية.

من التقييم الذاتي إلى التوقعات الإحصائية

فالعصر الذي كانت فيه القرارات الاستراتيجية تعتمد على حدس فرادى المديرين (الشكل4-2-9) أصبح شيئاً من الماضي. ففي بيئة اقتصادية تتسم بالتنافسية والتحديات المتزايدة، أصبح النهج الشخصي محفوفًا بالمخاطر وغير فعال. فالشركات التي تواصل الاعتماد على الآراء الشخصية بدلاً من التحليل الموضوعي للبيانات ، تفقد القدرة على الاستجابة السريعة للتغيير.

تتطلب البيئة التنافسية الدقة والتكرار استنادًا إلى البيانات والأنماط الإحصائية والاحتمالات القابلة للحساب. لم يعد من الممكن أن تستند القرارات إلى الإحساس، بل يجب أن تستند إلى الارتباطات والاتجاهات والنماذج التنبؤية المستمدة من التحليلات والتعلم الآلي. هذا ليس مجرد تغيير في الأدوات - بل هو تغيير في منطق التفكير: من الافتراضات إلى الأدلة، ومن الاحتمالات الذاتية إلى الانحرافات المحسوبة إحصائيًا، ومن الشعور إلى الحقائق.

الشكل4-9.2-9.2 سيصبح عصر القرارات التي يتخذها HiPPO (رأي الموظف الأعلى أجرًا) شيئًا من الماضي مع ظهور البيانات الضخمة والتعلم الآلي.

سيواجه المديرون الذين اعتادوا الاعتماد فقط على مشاعرهم الخاصة واقعًا جديدًا لا محالة: لم تعد السلطة هي التي تحدد الخيارات. ففي مركز الإدارة الآن توجد أنظمة تحلل ملايين البارامترات والمتجهات وتحدد الأنماط الخفية وتقترح الاستراتيجيات المثلى.

السبب الرئيسي وراء استمرار الشركات اليوم في تجنب تطبيق تعلّم الآلة هو افتقارها إلى الشفافية. فمعظم النماذج

تعمل كـ "صناديق سوداء" للمديرين، دون توضيح كيف بالضبط يتوصلون إلى استنتاجاتهم. وهذا يؤدي إلى مشاكل: يمكن للخوارزميات أن تعزز القوالب النمطية وحتى تخلق مواقف فكاهية، كما في حالة روبوت الدردشة الآلية الخاص بشركة مايكروسوفت، والذي سرعان ما تحول إلى أداة تواصل سامة [154].

> في كتاب "التفكير العميق"، يتحدث غاري كاسباروف، بطل العالم السابق في الشطرنج، عن هزيمته أمام حاسوب IBM Big Blue [155]. وهو يجادل بأن القيمة الحقيقية للذكاء الاصطناعي لا تكمن في نسخ الذكاء البشري، بل في استكمال قدراتنا. يجب أن يؤدي الذكاء الاصطناعي المهام التي يضعف فيها البشر، بينما يجلب البشر الإبداع. لقد غيرت أجهزة الكمبيوتر النهج التقليدي لتحليل الشطرنج. فبدلاً من إنشاء قصص رائعة عن الألعاب، تقوم برامج الشطرنج الحاسوبية بتقييم كل حركة بحيادية، بناءً على قوتها أو ضعفها الفعلي فقط. يشير "كاسباروف" إلى أن الميل البشري لرؤية الأحداث كقصص متماسكة بدلاً من الأفعال الفردية غالباً ما يؤدي إلى استنتاجات خاطئة - ليس فقط في الشطرنج، بل في الحياة بشكل عام.

لذلك، إذا كنت تخطط لاستخدام التعلّم الآلي للتنبؤ والتحليل، فمن المهم أن تفهم مبادئه الأساسية - كيفية عمل الخوارزميات وكيفية معالجة البيانات - قبل البدء في استخدام أدوات التعلّم الآلي والذكاء الاصطناعي في عملك. أفضل طريقة للبدء هي من خلال التجربة العملية.

إحدى الأدوات الأكثر ملاءمة لمقدمة أولية لموضوع التعلم الآلي والتنبؤ هي دفتر جوبيتر ومجموعة بيانات تيتانيك الكلاسيكية الشهيرة، والتي ستوفر مقدمة مرئية للطرق الرئيسية لتحليل البيانات وبناء نماذج التعلم الآلي.

مجموعة بيانات تيتانيك: مرحبًا بالعالم في عالم التحليلات البيانات والبيانات الضخمة

أحد أشهر الأمثلة على استخدام تعلّم الآلة في تحليل البيانات هو تحليل مجموعة بيانات تيتانيك، والتي غالباً ما تُستخدم لدراسة احتمالية نجاة الركاب. يشبه تعلم هذا الجدول برنامج "Hello World" عند تعلم لغات البرمجة.

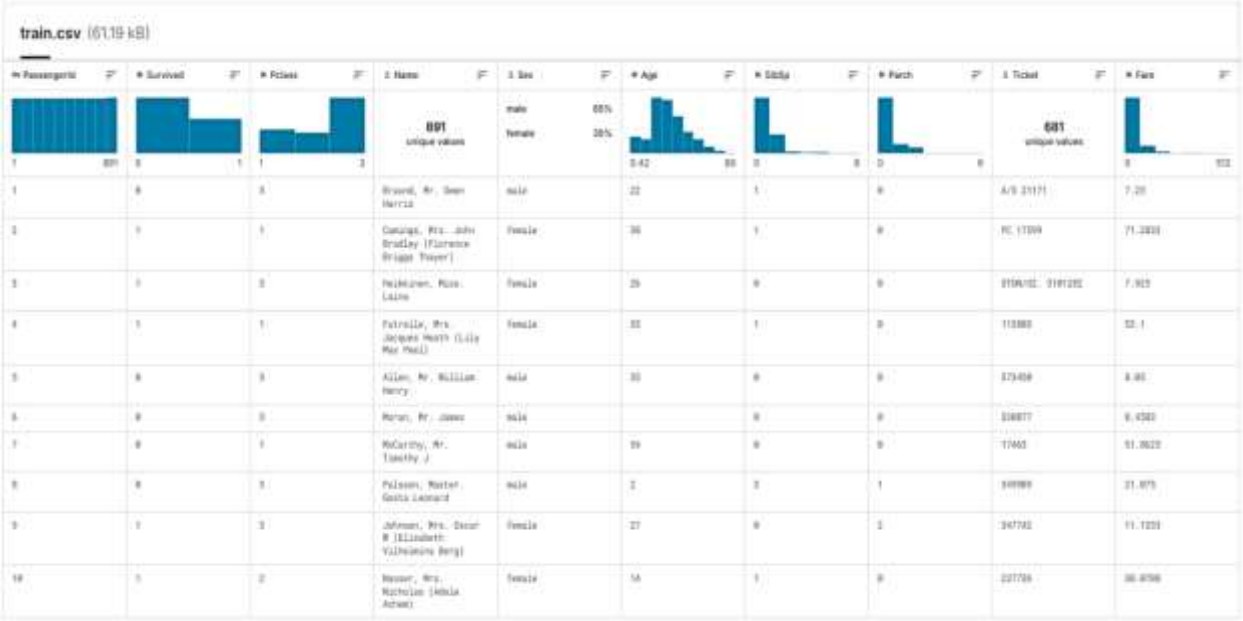
أدى غرق سفينة RMS Titanic في عام 1912 إلى وفاة 1502 من أصل 2224 شخصًا. لا تحتوي مجموعة بيانات تيتانيك على معلومات حول ما إذا كان أحد الركاب قد نجا من الموت فحسب، بل تحتوي أيضًا على سمات مثل: العمر والجنس وفئة التذكرة وغيرها من المعلمات. مجموعة البيانات هذه متاحة مجاناً ويمكن فتحها وتحليلها على العديد من المنصات غير المتصلة بالإنترنت وعلى الإنترنت.

> رابط إلى مجموعة بيانات تيتانيك:
>
> https://raw.githubusercontent.com/datasciencedojo/datasets/master/titanic.csv

في وقت سابق في فصل "IDEs التي تدعم LLM وتغييرات البرمجة المستقبلية" ناقشنا بالفعل Jupyter Notebook - إحدى بيئات التطوير الأكثر شعبية لتحليل البيانات والتعلم الآلي. نظائرها السحابية المجانية من Jupyter Notebook هي منصات Kaggle و Google Collab، والتي تسمح لك بتشغيل كود Python دون تثبيت برنامج وتوفر وصولاً مجانيًا إلى موارد الحوسبة.

> Kaggle هي أكبر منصة لتحليل البيانات، ومنصة منافسة في مجال التعلم الآلي مع بيئة متكاملة لتنفيذ التعليمات البرمجية. واعتبارًا من أكتوبر 2023، أصبح لدى Kaggle أكثر من 15 مليون مستخدم [156] من 194 دولة.

قم بتنزيل واستخدام مجموعة بيانات تيتانيك على منصة Kaggle (الشكل5-9.2) لتخزين مجموعة البيانات (نسخة منها) وتشغيل كود بايثون مع المكتبات المثبتة مسبقًا مباشرةً في المتصفح، دون الحاجة إلى تثبيت IDE مخصص.



الشكل5-9.2 إحصائيات جدول تيتانيك - مجموعة بيانات التدريب الأكثر شيوعًا لتعلم تحليل البيانات والتعلم الآلي.

تتضمن مجموعة بيانات Titanic بيانات عن 2,224 راكبًا كانوا على متن سفينة RMS Titanic وقت تحطمها في عام 1912. تُقدَّم مجموعة البيانات على شكل جدولين منفصلين، جدول تدريب (train.csv) وجدول اختبار (test.csv)، مما يسمح باستخدامها في نماذج التدريب وتقييم دقتها على البيانات الجديدة.

تحتوي مجموعة بيانات التدريب على كل من سمات - سمات الركاب (العمر والجنس وفئة التذاكر وغيرها) ومعلومات حول من نجا (عمود بقيم ثنائية "نجا"). تُستخدم مجموعة بيانات التدريب (الشكل6-9.2 - ملف train.csv) لتدريب النموذج. تتضمن مجموعة بيانات الاختبار (الشكل7-9.2 - ملف test.csv) سمات الركاب فقط دون معلومات عن الناجين (بدون عمود واحد "ناجٍ"). تهدف مجموعة بيانات الاختبار إلى اختبار النموذج على بيانات جديدة وتقييم دقته.

وبالتالي، لدينا سمات متطابقة تقريباً للركاب في مجموعتي بيانات التدريب والاختبار. والفرق الرئيسي الوحيد هو أنه في مجموعة بيانات الاختبار لدينا قائمة بالركاب الذين لا يوجد لديهم عمود "الناجي" - المتغير المستهدف، والذي نريد أن نتعلم التنبؤ به باستخدام خوارزميات رياضية مختلفة. وبعد بناء النموذج، سنكون قادرين على مقارنة مخرجات نموذجنا مع المتغير الحقيقي "الناجي" من مجموعة بيانات الاختبار، والتي سنأخذها في الاعتبار لتقييم النتائج.

الأعمدة الرئيسية للجدول، معلمات الركاب في مجموعة بيانات التدريب والاختبار:

- **PassengerId** - المعرف الفريد للراكب
- **نجا** - 1 في حالة نجاة الراكب، 0 في حالة وفاته (غير متوفر في مجموعة الاختبار)
- **Pclass** - فئة التذكرة (1 أو 2 أو 3)
- **الاسم** - اسم الراكب
- **الجنس** - جنس الراكب (ذكر/أنثى)
- العمر
- **SibSp** - عدد الإخوة/الأخوات أو الأزواج على متن الطائرة
- **بارش** - عدد الآباء أو الأطفال على متن الطائرة
- **التذكرة** - رقم التذكرة
- **الأجرة** - سعر التذكرة
- المقصورة - رقم المقصورة (العديد من البيانات مفقودة)
- **الشروع** هو ميناء الإقلاع (C = شيربورغ، Q = كوينزتاون، S = ساوثهامبتون).

لتصور البيانات المفقودة في كلا الجدولين، يمكنك استخدام مكتبة المفقودات (الشكل6-9.2 ، الشكل7-9.2)،

والتي تعرض القيم المفقودة في شكل رسم بياني، حيث تُظهر الحقول البيضاء البيانات المفقودة. يسمح هذا التصور بتقييم سريع لجودة البيانات قبل المعالجة.

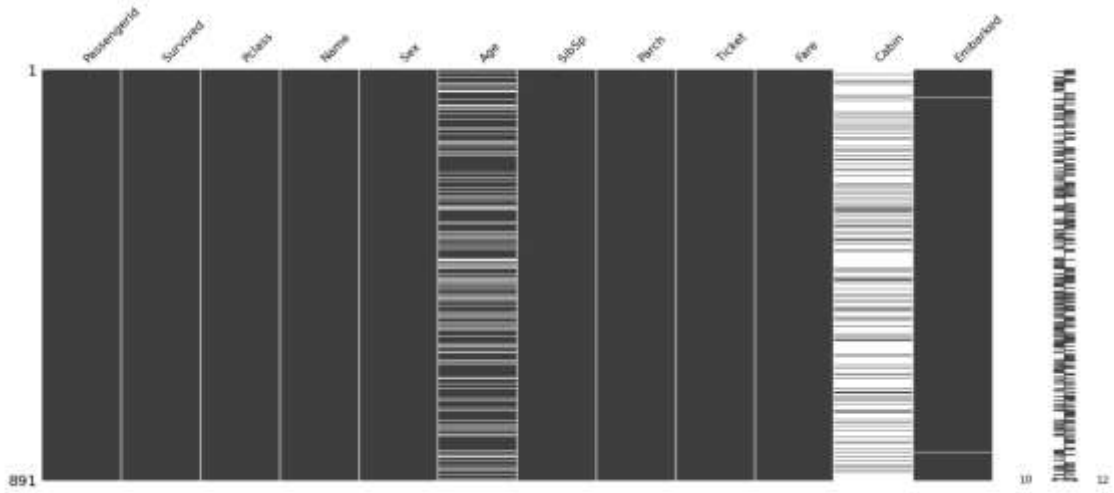
titanic_missingno.py

```
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



الشكل9.6-9.2 يتم استخدام بضعة أسطر من التعليمات البرمجية لتصور البيانات المفقودة في مجموعة بيانات التدريب Titanic، حيث يكون المتغير الرئيسي للتدريب هو متغير "الناجين".

الشكل7-9.2 7-9.2 التصور من البيانات المفقودة في مجموعة بيانات اختبار تيتانيك، والتي تحتوي على خصائص الركاب فقط دون أي معلومات.

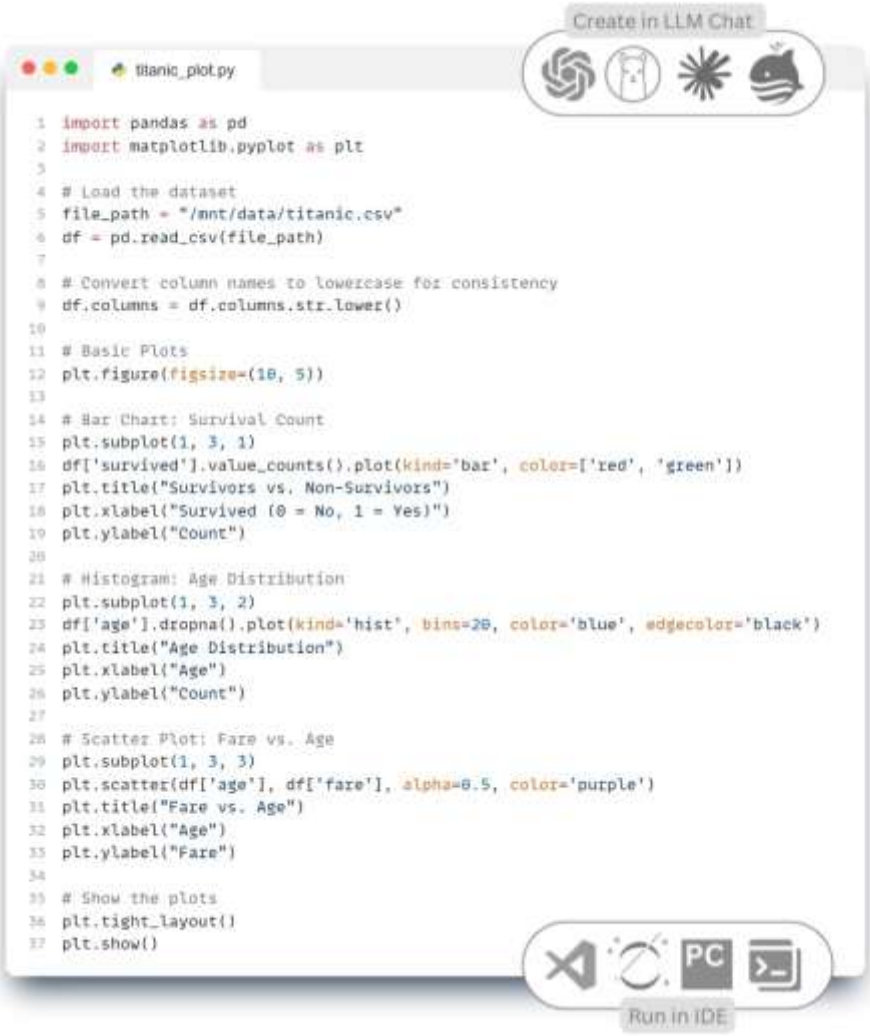
قبل صياغة الفرضيات وإجراء التنبؤات بناءً على مجموعة البيانات، تساعد التحليلات المرئية في تحديد الأنماط الرئيسية في البيانات، وتقييم جودتها، وتحديد التبعيات المحتملة. هناك العديد من تقنيات التصور التي يمكن أن تساعدك على فهم مجموعة بيانات تيتانيك بشكل أفضل. يمكنك استخدام مخططات التوزيع لتحليل الفئات العمرية للركاب، ومخططات النجاة حسب الجنس والفئة، ومصفوفات البيانات المفقودة لتقييم جودة المعلومات وفهم البيانات.

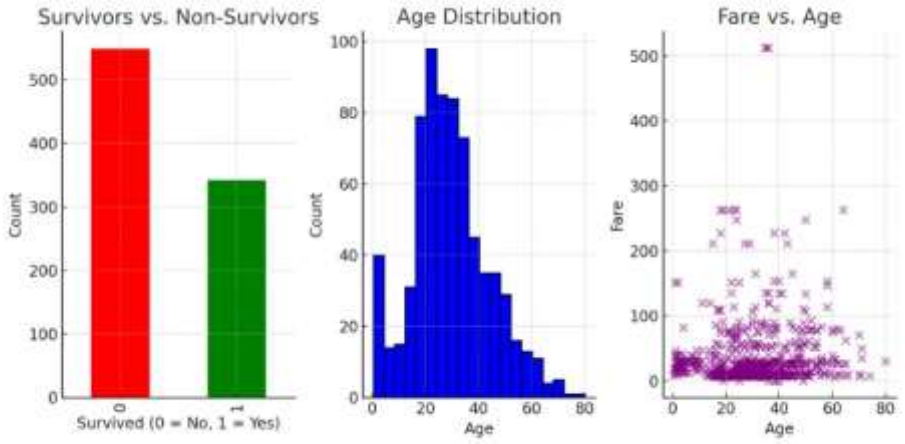
- دعونا نطلب من LLM مساعدتنا في تصور البيانات من مجموعة بيانات تيتانيك عن طريق إرسال الطلب النصي التالي إلى أي نموذج Claude ، Grok ، Mistral DeepSeek ، LlaMa ،CHATGP) LLM ،

QWEN أو أي نموذج آخر):

> يرجى عرض بعض الرسوم البيانية البسيطة لمجموعة بيانات تيتانيك. قم بتنزيل مجموعة البيانات بنفسك واعرض ⏎

استجابة LLM في شكل كود جاهز ورسوم بيانية تصور معلمات مجموعة البيانات





الشكلLLM 8-9.2 8-9.2 يساعدك في الحصول على تصور فوري لبيانات مجموعة البيانات الخاصة بك.

يعد تصور البيانات خطوة مهمة لإعداد مجموعة البيانات لبناء نموذج التعلم الآلي اللاحق ، والذي لا يمكن الوصول إليه إلا من خلال فهم البيانات.

التعلم الآلي في العمل: من ركاب تيتانيك إلى إدارة المشاريع

الفرضية الرئيسية المستخدمة لاستكشاف إطار التعلم الآلي استناداً إلى مجموعة بيانات تيتانيك هي أن مجموعات معينة من الركاب كانت لديها فرصة أكبر للنجاة.

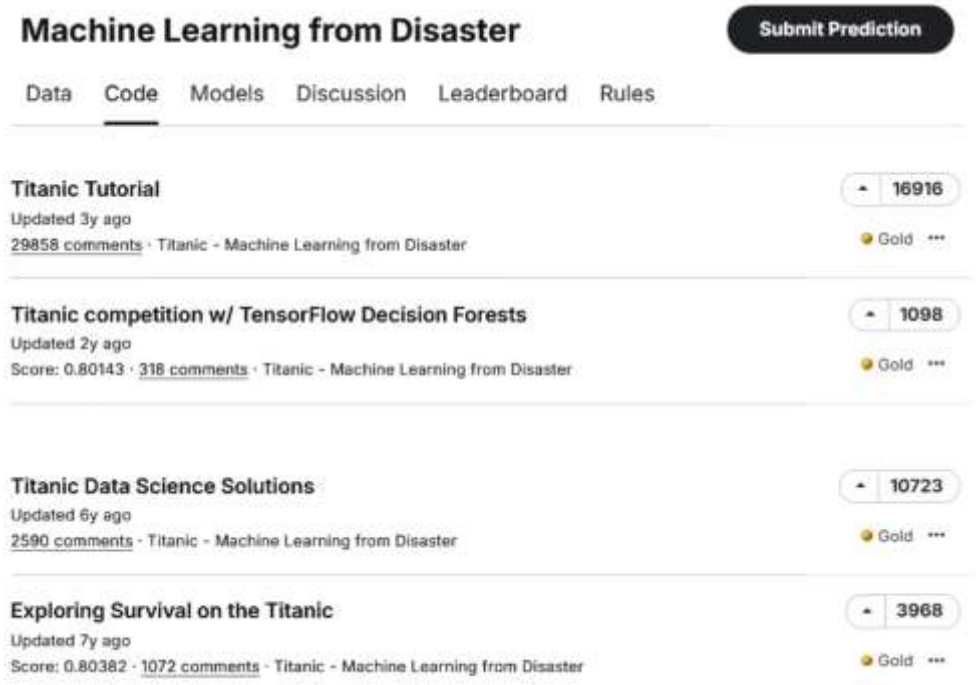
> لقد أصبح الجدول الصغير لركاب تيتانيك شائعًا في جميع أنحاء العالم، ويستخدمه ملايين الأشخاص للتدريب والتجربة واختبار النموذج لمعرفة الخوارزميات والفرضيات التي ستبني نموذج التنبؤ الأكثر دقة للنجاة بناءً على مجموعة بيانات التدريب لركاب تيتانيك.

ترجع جاذبية مجموعة بيانات تيتانيك إلى صغر حجمها: فهي تحتوي على عدة مئات من الصفوف واثني عشر عمودًا (الشكل9-6.2)، وتوفر فرصة كبيرة للتحليل. وتعتبر مجموعة البيانات، ببساطة نسبية، مثالًا كلاسيكيًا لحل التصنيف الثنائي ، حيث يتم التعبير عن هدف المشكلة - البقاء على قيد الحياة - بالصيغة الملائمة 0 أو 1.

> جون ويلر في "إنه من بت" [7] أن الكون مبني على خيارات ثنائية. وبالمثل، فإن الأعمال التجارية التي يديرها أشخاص مكونة من جزيئات مبنية في الواقع على سلسلة من الخيارات الثنائية الثنائية.

بالإضافة إلى ذلك، تستند البيانات إلى حدث تاريخي حقيقي، مما يجعلها ذات قيمة للبحث، على عكس الأمثلة المصطنعة. على منصة Kaggle وحدها ، وهي واحدة من أكبر منصات البيانات و ETL ، شارك 1,355,998 شخصًا في التحديات القائمة على مجموعة بيانات تيتانيك، وطوروا 53,963 حلًا فريدًا من نوعه في مجال البيانات [157] (الشكل9-9.2).

> يبدو الأمر غير معقول، ولكن 1000 سطر فقط من البيانات عن ركاب تيتانيك مع 12 معياراً أصبحت مجالاً لملايين الفرضيات والسلاسل المنطقية وخطوط البيانات الفريدة. من مجموعة بيانات صغيرة تولد رؤى وفرضيات وتفسيرات لا نهاية لها - من نماذج النجاة البسيطة إلى المجموعات المعقدة التي تأخذ في الاعتبار الأنماط الخفية والمتاهات المعقدة من المنطق.



الشكل9-9.2 الحلول الخمسة الأولى من إجمالي 53963 حلًا جاهزًا ومفتوح المصدر من حلول Pipeline. حاول ما يقرب من 1.5 مليون شخص بالفعل حل هذه المشكلة على Kaggle وحدها [157].

إذا كان حتى مثل هذا الجدول الصغير يمكنه توليد ملايين الحلول الفريدة (الشكل9-9.2)، فماذا يمكننا أن نقول عن مجموعات بيانات البناء الصناعي الحقيقية حيث تُقاس المعلمات بعشرات الآلاف؟

> يحتوي التصميم القياسي CAD القياسي لمبنى صغير نسبيًا على عشرات الآلاف من الكيانات مع آلاف المعلمات - من الخصائص الهندسية إلى سمات التكلفة والوقت. تخيل عدد الرؤى والعلاقات والتنبؤات والفرضيات الإدارية المحتملة المخبأة في البيانات من جميع مشاريع شركتك التي تم جمعها على مر السنين. فبيانات المشاريع التاريخية ليست مجرد أرشيف - إنها الذاكرة الحية للمؤسسة، وبصمتها الرقمية التي يمكن تحليلها لبناء عدد كبير من الفرضيات الفريدة.

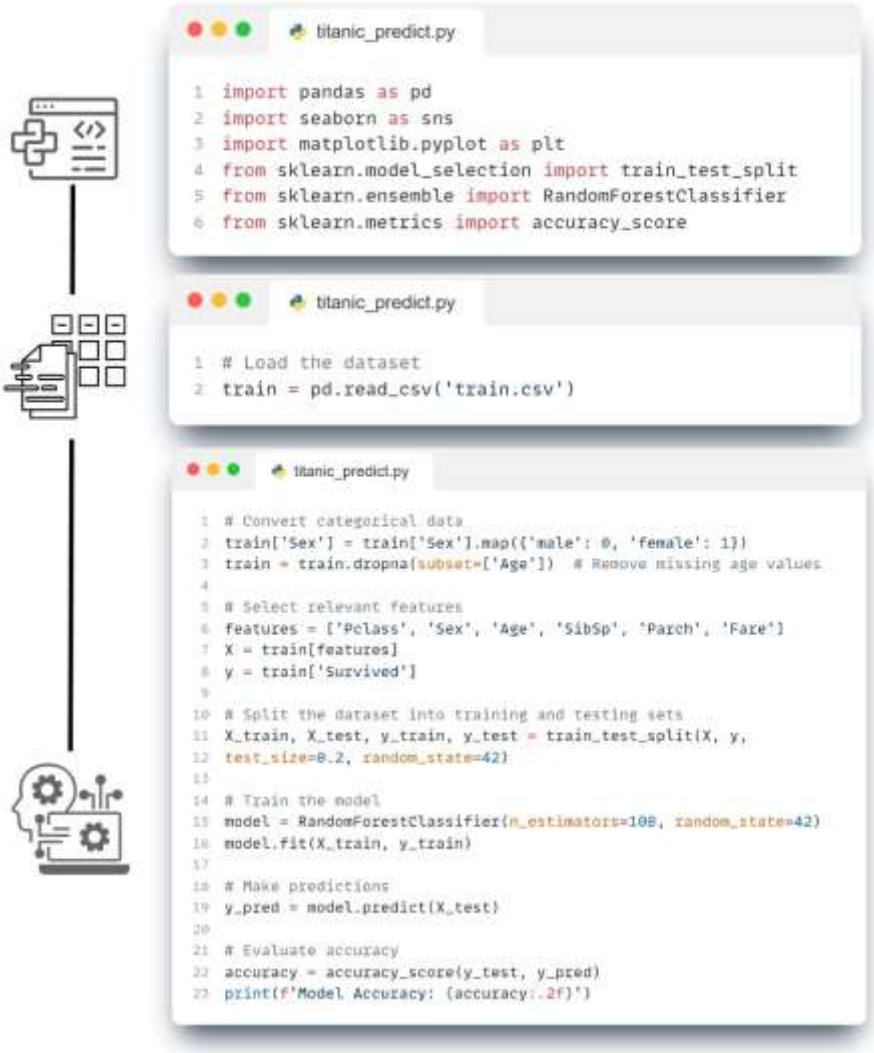
والأهم من ذلك، ليس عليك انتظار مجتمع Kaggle للاهتمام بشركتك أو بياناتك. يمكنك البدء في العمل بما لديك

اليوم: تشغيل التحليلات على بياناتك الخاصة، وتدريب النماذج على بياناتك الخاصة، وتحديد التكرارات والحالات الشاذة وأنماط. بعد أن كانت سنوات من التجارب والاستشارات المكلفة مطلوبة في السابق، أصبحت المبادرة والماجستير في العلوم والتكنولوجيا والنهج المنفتح على البيانات والرغبة في التعلم كافية الآن.

- لبناء خوارزمية للتعلم الآلي ، والتي ستتنبأ بمعدلات بقاء الركاب على قيد الحياة بناءً على مجموعة بيانات تدريب الركاب Train.csv، دعنا نطلب من LLM حل هذه المشكلة لنا:

> استناداً إلى مجموعة بيانات التدريب على ركاب تيتانيك، قم ببناء نموذج للتعلم الآلي للتنبؤ بقابلية النجاة ⏎

رد LLM:



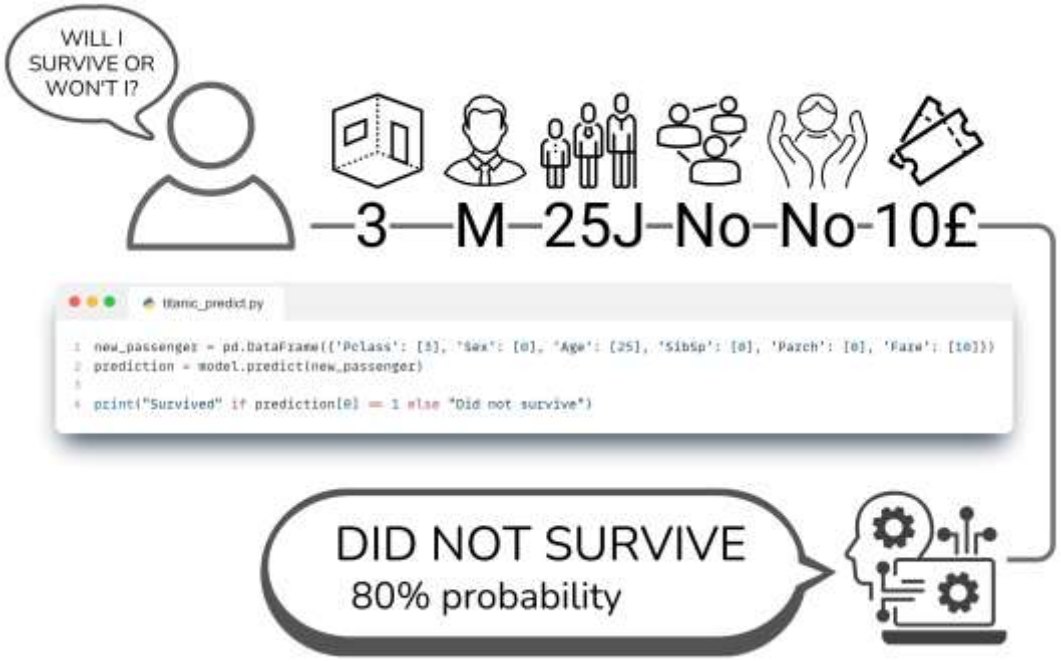
الشكلLLM 9.10-9.2 بناء تنبؤ للناجين من تيتانيك باستخدام خوارزمية التعلم الآلي الغابة العشوائية.

يقوم الرمز الناتج من LLM (الشكل10-9.2) بتحميل بيانات ركاب تيتانيك وتنظيفها وتحويل المتغيرات الفئوية (مثل الجنس إلى صيغة رقمية)، وتدريب النموذج من خلال خوارزمية RandomForestClassifier للتنبؤ بما إذا كان الراكب قد نجا أم لا (سنتحدث أكثر عن الخوارزميات الشائعة في الفصول التالية).

يقسّم الرمز بيانات التدريب إلى مجموعتي تدريب واختبار (أنشأ موقع Kaggle الإلكتروني بالفعل test.csv (الشكل9.2-7) و train.csv (الشكل9.2-6) الجاهزة للتدريب، ثم يتم تدريب النموذج على بيانات التدريب واختباره على بيانات الاختبار لمعرفة مدى جودة نموذج تنبؤ معين. بعد التدريب، يتم تغذية النموذج ببيانات الاختبار من test.csv (مع بيانات حقيقية حول من نجا أو لم ينجُ) ويتنبأ بمن نجا ومن لم ينجُ. في حالتنا، تبلغ دقة نموذج التعلّم الآلي الذي حصلنا عليه حوالي 80%، مما يدل على أنه يلتقط الأنماط بشكل جيد.

> يمكن مقارنة التعلم الآلي بطفل يحاول تركيب كتلة مستطيلة في حفرة مستديرة. في المراحل الأولية، تحاول الخوارزمية تجربة العديد من الأساليب، وتواجه أخطاء وتناقضات. قد تبدو هذه العملية غير فعالة، لكنها توفر تعلمًا مهمًا: من خلال تحليل كل خطأ، يحسّن النموذج تنبؤاته ويتخذ قرارات دقيقة بشكل متزايد.

الآن يمكن استخدام هذا النموذج (الشكل9.2-10) للتنبؤ بمعدل نجاة الركاب الجدد، وعلى سبيل المثال، إذا قمت بتغذيته بمعلومات عن الركاب باستخدام الدالة model.predict المعلمات: "ذكر"، "الدرجة الثالثة"، "25 سنة"، "لا يوجد أقارب على متن السفينة"، سينتج النموذج تنبؤًا - أن الراكب الذي تبلغ نسبة احتمال نجاته من الكارثة 80% إذا كان على متن تيتانيك عام 1912 (الشكل9.2-11).



الشكل11-9.2 يمكن للنموذج الذي أنشأناه أعلاه أن يتنبأ الآن باحتمالية 80٪ ما إذا كان أي راكب جديد من ركاب تيتانيك سينجو أم لا.

ويوضح نموذج التنبؤ بنجاة ركاب تيتانيك مفهومًا أوسع بكثير: فالآلاف من المهنيين في صناعة البناء يتخذون قرارات "مزدوجة" مماثلة كل يوم - حياة أو موت قرار أو مشروع أو تقدير ، أو أداة أو ربح أو خسارة، أو سلامة أو مخاطرة. وكما هو الحال في مثال تيتانيك، حيث تعتمد النتيجة على عوامل (الجنس، والعمر، والطبقة الاجتماعية)، ففي البناء يتأثر كل جانب من جوانب القرار بالعديد من العوامل والمتغيرات الخاصة به (أعمدة الجداول): تكلفة المواد، ومؤهلات العمال، والمواعيد النهائية، والطقس، والخدمات اللوجستية، والمخاطر الفنية، والتعليقات ومئات الآلاف من المعايير الأخرى.

في صناعة البناء والتشييد، يتبع التعلم الآلي نفس المبادئ المتبعة في المجالات الأخرى: يتم تدريب النماذج على البيانات التاريخية - من المشاريع والعقود والتقديرات - لاختبار الفرضيات المختلفة وإيجاد الحلول الأكثر فعالية. تشبه هذه العملية إلى حد كبير تعليم الطفل من خلال التجربة والخطأ: مع كل دورة، تتكيف النماذج وتصبح أكثر دقة.

يفتح استخدام البيانات المتراكمة آفاقًا جديدة للبناء. فبدلاً من الحسابات اليدوية كثيفة العمالة، يمكن تدريب نماذج يمكنها التنبؤ بالخصائص الرئيسية للمشاريع المستقبلية بدرجة عالية من الدقة. وبهذه الطريقة، تحوّل التحليلات التنبؤية صناعة الإنشاءات إلى مجال لا يمكنك فيه التخطيط فحسب، بل يمكنك أيضًا التنبؤ بالتطورات بثقة.

التنبؤات والتوقعات بناءً على البيانات التاريخية

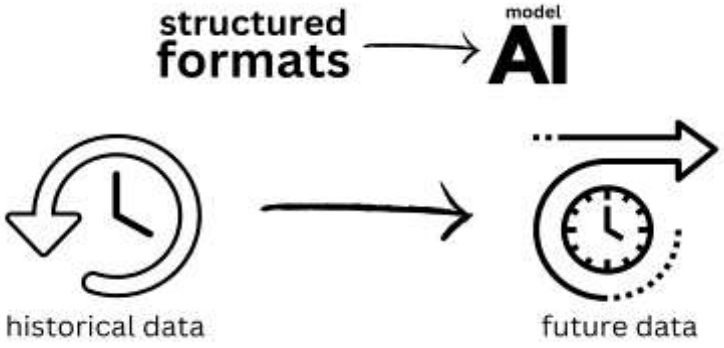
تفتح البيانات التي تم جمعها عن مشاريع الشركة إمكانية بناء نماذج قادرة على التنبؤ بخصائص التكلفة والوقت للأشياء المستقبلية التي لم تتحقق بعد - دون إجراء حسابات ومقارنات يدوية تستغرق وقتاً طويلاً. وهذا يجعل من الممكن تسريع وتبسيط عمليات التقييم بشكل كبير، بالاعتماد ليس على افتراضات ذاتية، ولكن على تنبؤات رياضية سليمة.

في وقت سابق، في الجزء الرابع من الكتاب، تناولنا بالتفصيل الأساليب التقليدية لتقدير تكاليف المشاريع، بما في ذلك الأسلوب القائم على الموارد ، وذكرنا أيضًا الأساليب البارامترية وأساليب الخبراء. لا تزال هذه الأساليب ذات صلة، ولكن في الممارسة الحديثة بدأ إثراؤها بأدوات التحليل الإحصائي والتعلم الآلي ، والتي يمكن أن تحسن بشكل كبير من دقة التقديرات وقابليتها للتكرار.

ستُستكمل عمليات الحساب اليدوي وشبه الآلي للأسعار والسمات الزمنية في المستقبل برأي وتوقعات نماذج التعلم الآلي القادرة على تحليل البيانات التاريخية وإيجاد الأنماط الخفية واقتراح قرارات مستنيرة. سيتم توليد بيانات وسيناريوهات جديدة تلقائيًا من المعلومات المتاحة بالفعل - على غرار الطريقة التي تقوم بها النماذج

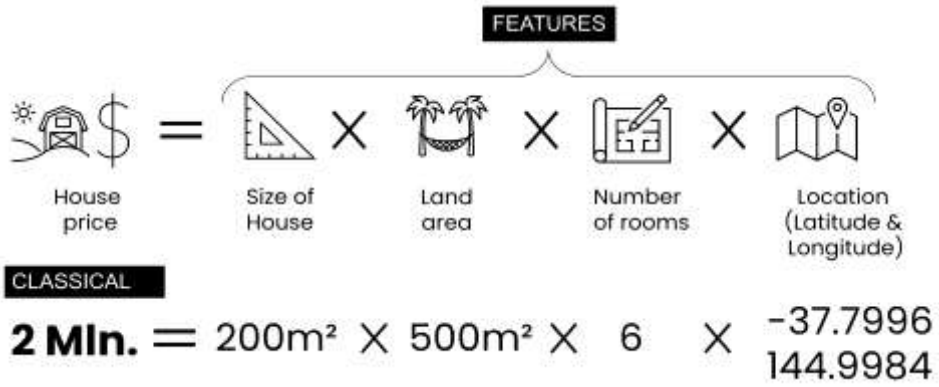
اللغوية (LLM) بإنشاء نصوص وصور ورموز استنادًا إلى البيانات التي تم جمعها على مر السنين من المصادر المفتوحة [158].

> ومثلما يعتمد البشر اليوم على الخبرة والحدس والإحصاءات الداخلية لتقييم الأحداث المستقبلية، فإن مستقبل مشاريع البناء في السنوات القادمة سيتم تحديده بشكل متزايد من خلال مزيج من المعرفة المتراكمة ونماذج التعلم الآلي الرياضية.



الشكل12-9.2 12-9.2 بيانات الشركة التاريخية النوعية والمنظمة هي المادة التي تُبنى عليها نماذج التعلم الآلي والتنبؤات.

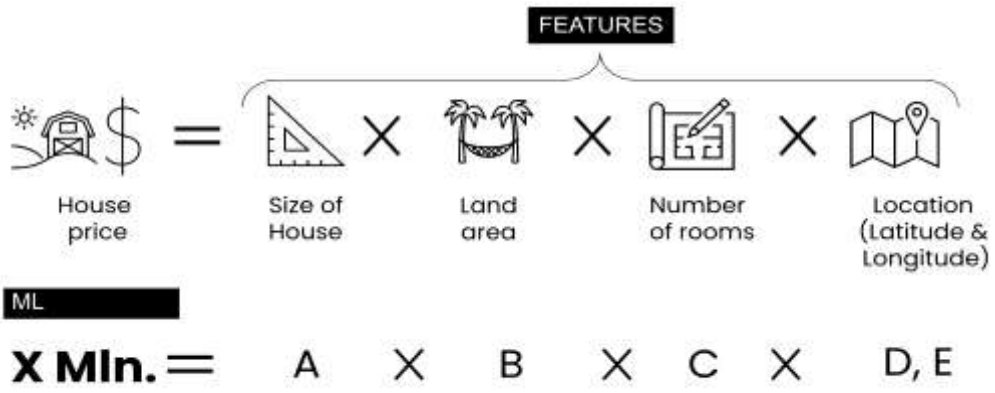
لننظر إلى مثال بسيط: التنبؤ بسعر منزل بناءً على مساحته وحجم قطعة الأرض وعدد الغرف والموقع الجغرافي. ويتمثل أحد النهج في بناء نموذج تقليدي يحلل هذه البارامترات ويحسب السعر المتوقع (الشكل13-9.2). ويتطلب هذا النهج معادلة دقيقة ومعروفة مسبقاً، وهو أمر مستحيل عملياً في الممارسة الحقيقية.



الشكل13-9.2 يمكن استخدام خوارزمية كلاسيكية لتقدير قيمة منزل بصيغة ثابتة يمكن إيجادها.

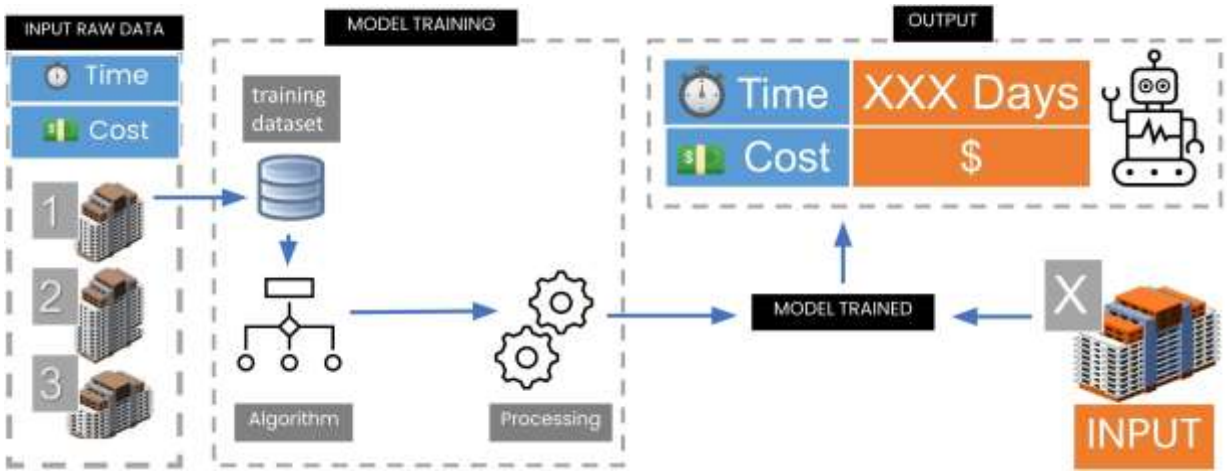
التعلم الآلي يلغي البحث اليدوي عن المعادلات ويستبدلها بخوارزميات مدربة تحدد بشكل مستقل التبعيات التي تكون أكثر دقة بعدة مرات من أي معادلات محددة مسبقاً. بدلًا من ذلك، دعونا ننشئ خوارزمية تعلم آلي ، والتي ستولد نموذجًا يستند إلى فهم مسبق للمشكلة والبيانات التاريخية التي قد تكون غير مكتملة (الشكل14-9.2).

وباستخدام التسعير كمثال، يتيح التعلم الآلي إنشاء أنواع مختلفة من النماذج الرياضية التي لا تتطلب معرفة الآلية الدقيقة لتكوين التكلفة. "يتعلم" النموذج من البيانات المتعلقة بالمشاريع السابقة، ويتكيف مع الأنماط الحقيقية بين معايير البناء وتكلفتها والمواعيد النهائية.



الشكل9.2-14 على عكس التقدير الكلاسيكي القائم على الصيغ الكلاسيكية، يتم تدريب خوارزمية التعلم الآلي على البيانات التاريخية.

في سياق التعلم الآلي الخاضع للإشراف ، يحتوي كل مشروع في مجموعة بيانات التدريب على كل من سمات المدخلات (مثل التكلفة والوقت للمباني المتشابهة) وقيم المخرجات المتوقعة (مثل التكلفة أو الوقت). تُستخدم مجموعة بيانات مماثلة لإنشاء نموذج التعلم الآلي وتخصيصه (الشكل9.2-15). كلما كانت مجموعة البيانات أكبر وكلما زادت جودة البيانات الموجودة فيها، كلما كان النموذج أكثر دقة وكانت نتائج التنبؤ أكثر دقة.



الشكل9.2-15 سيحدد نموذج التعلم الآلي المدرب على بيانات التكلفة والجدول الزمني من المشاريع السابقة التكلفة والجدول الزمني لمشروع جديد باحتمالية معينة.

وبمجرد إنشاء النموذج وتدريبه على تقدير بناء مشروع جديد، ما عليك سوى تزويد النموذج بسمات جديدة للمشروع

الجديد، وسيقدم النموذج نتائج تقديرية بناءً على الأنماط التي تم تعلمها مسبقًا مع بعض الاحتمالات.

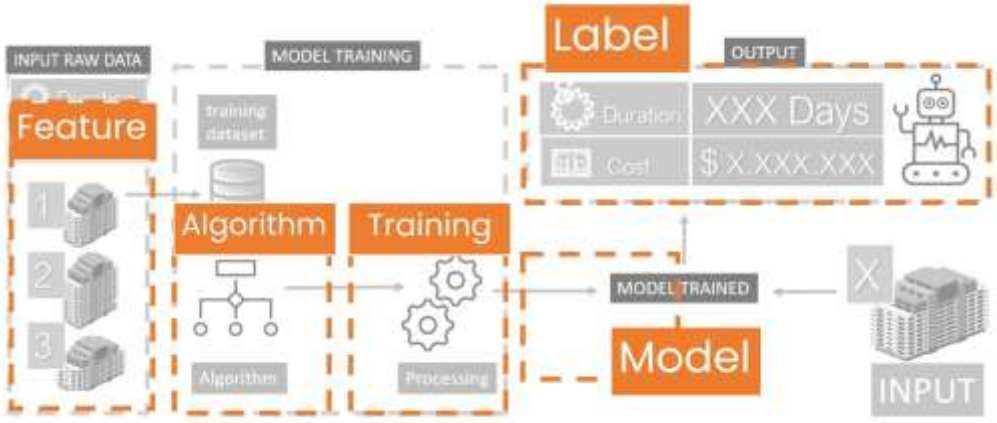
المفاهيم الرئيسية للتعلم الآلي

التعلّم الآلي ليس سحراً، إنه مجرد رياضيات وبيانات وإيجاد أنماط. ليس لديه ذكاء حقيقي، ولكنه برنامج مدرب على البيانات للتعرف على الأنماط واتخاذ القرارات دون تدخل بشري مستمر.

يستخدم التعلم الآلي عددًا من المفاهيم الأساسية لوصف بنيته (الشكل16-9.2):

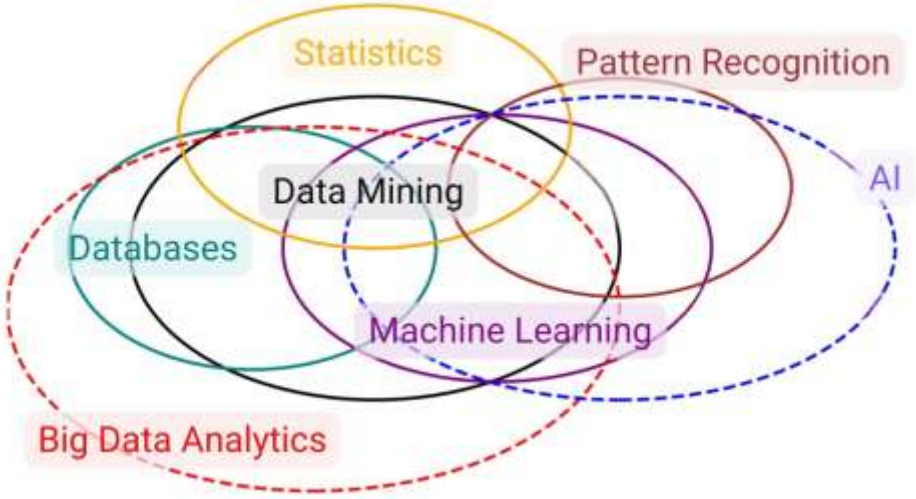
- التسميات هي المتغيرات أو السمات المستهدفة (معلمة "الناجي" في مجموعة بيانات تيتانيك) التي يجب أن يتنبأ بها النموذج. مثال: تكلفة البناء (بالدولار مثلاً)، مدة أعمال البناء (بالأشهر مثلاً).
- الميزات هي متغيرات أو سمات مستقلة تعمل كمدخلات للنموذج. في نموذج التنبؤ، يتم استخدامها للتنبؤ بالسمات. أمثلة على ذلك: حجم قطعة الأرض (بالمتر المربع)، وعدد طوابق المبنى، والمساحة الإجمالية للمبنى (بالمتر المربع)، والموقع الجغرافي (خط العرض وخط الطول)، ونوع المواد المستخدمة في البناء. يحدد عدد الخصائص أيضاً بُعدية البيانات.
- النموذج عبارة عن مجموعة من الفرضيات المختلفة التي تقارب إحداها الدالة المستهدفة المراد التنبؤ بها أو تقريبها. مثال: نموذج التعلم الآلي ، الذي يستخدم تقنيات تحليل الانحدار للتنبؤ بتكلفة وتوقيت البناء.
- خوارزمية التعلم خوارزمية التعلم هي عملية إيجاد أفضل فرضية في نموذج يطابق تماماً الدالة المستهدفة باستخدام مجموعة من بيانات التدريب. مثال: خوارزمية الانحدار الخطي أو خوارزمية KNN أو خوارزمية الغابة العشوائية التي تحلل بيانات التكلفة ووقت البناء لتحديد العلاقات والأنماط.
- التدريب - أثناء عملية التدريب، تقوم الخوارزمية بتحليل بيانات التدريب، وإيجاد الأنماط التي تتوافق مع العلاقة بين سمات المدخلات والتسميات المستهدفة. نتيجة هذه العملية هي نموذج تعلم آلي مدرب ، جاهز

للتنبؤ. مثال: عملية تقوم فيها الخوارزمية بتحليل بيانات البناء التاريخية (التكلفة والوقت وخصائص المنشأة) لإنشاء نموذج تنبؤي.



الشكل16-9.2 16-9.2 يستخدم التعلم الآلي التسميات والسمات لإنشاء نماذج يتم تدريبها على البيانات باستخدام خوارزميات للتنبؤ بالنتائج.

لا يوجد التعلم الآلي بمعزل عن غيره، بل هو جزء من منظومة أوسع من التخصصات التحليلية بما في ذلك الإحصاءات، وقواعد البيانات، والتنقيب عن البيانات، والتعرف على الأنماط، وتحليلات البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي. يوضح الشكل17-9.2 كيف تتداخل هذه المجالات وتكمل بعضها البعض، مما يوفر إطارًا شاملاً لأنظمة صنع القرار والأتمتة الحديثة.



الشكل17-9.2 17-9.2 العلاقة بين المجالات المختلفة لتحليل البيانات: الإحصاءات، والتعلم الآلي، والذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة، والتعرف على الأنماط، والتنقيب عن البيانات.

> يتمثل الهدف الرئيسي للتعلم الآلي في منح أجهزة الكمبيوتر القدرة على تعلم المعرفة تلقائيًا دون تدخل أو مساعدة بشرية وتعديل إجراءاتها وفقًا لذلك [159].

لذا، في المستقبل، سيكون دور الإنسان في المستقبل هو فقط تزويد الآلة بالقدرات المعرفية - حيث سيضعون الشروط والأوزان والمعايير، وسيقوم نموذج التعلم الآلي بالباقي.

في الفصل التالي سنتناول أمثلة ملموسة لتطبيق الخوارزمية. سيتم استخدام جداول حقيقية ونماذج مبسطة لتوضيح كيفية بناء التوقعات خطوة بخطوة.

الفصل 9.3.

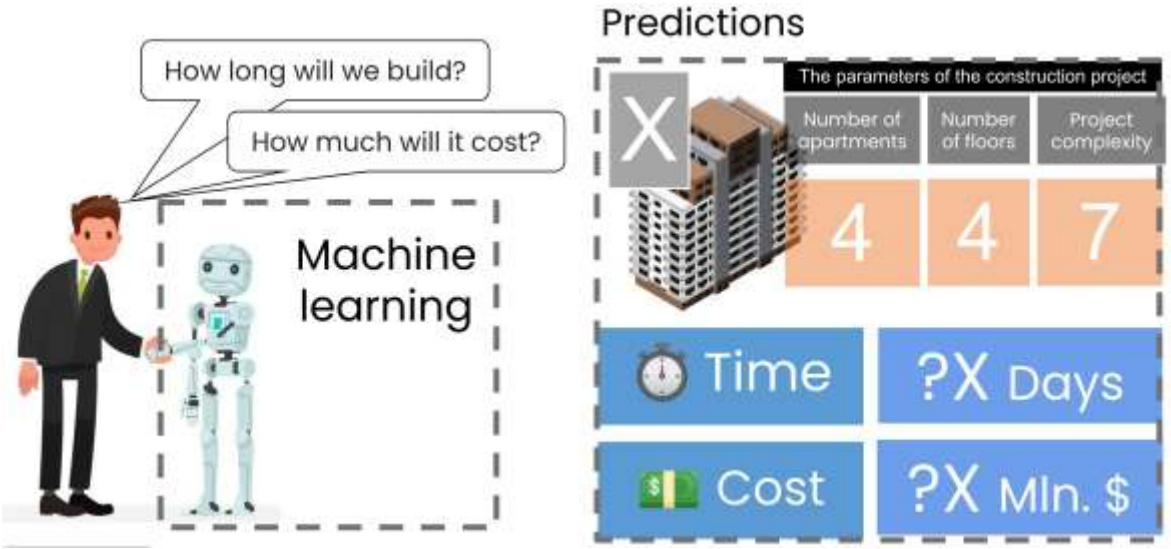
التنبؤ بالتكاليف والمواعيد النهائية باستخدام التعلم الآلي

مثال على استخدام التعلم الآلي للعثور على تكلفة المشروع والجداول الزمنية

يعد تقدير وقت وتكلفة البناء إحدى العمليات الرئيسية في أنشطة شركة الإنشاءات. وقد جرت العادة أن يقوم الخبراء بإجراء هذه التقديرات استنادًا إلى الخبرة والكتب المرجعية وقواعد البيانات التنظيمية. ومع ذلك، مع التحول الرقمي وزيادة توافر البيانات، أصبح من الممكن الآن استخدام نماذج التعلم الآلي (ML) لتحسين دقة هذه التقديرات وأتمتتها.

إن إدخال التعلم الآلي في عملية حساب تكلفة وتوقيت البناء لا يسمح فقط بالتخطيط الأكثر كفاءة، بل يصبح أيضًا نقطة انطلاق لدمج النماذج الذكية في العمليات التجارية الأخرى - من إدارة المخاطر إلى تحسين الخدمات اللوجستية والمشتريات.

> من المهم أن تكون قادراً على تحديد المدة التي سيستغرقها بناء المشروع وتكلفته الإجمالية بسرعة. ولطالما كانت هذه الأسئلة المتعلقة بوقت المشروع وتكلفته في طليعة الأسئلة التي تشغل بال العملاء وشركات الإنشاءات على حد سواء منذ نشأة صناعة الإنشاءات.



الشكل1-9-3.9 في مشاريع البناء، تعتبر سرعة وجودة تقدير وقت وتكلفة البناء من عوامل النجاح الرئيسية.

في المثال التالي، سيتم استخلاص البيانات الرئيسية من المشاريع السابقة واستخدامها لتطوير نموذج التعلم الآلي ، مما سيتيح لنا استخدام النموذج لتقدير تكلفة وتوقيت مشاريع البناء الجديدة مع بارامترات جديدة (الشكل1-9.3).

ضع في اعتبارك ثلاثة مشاريع ذات ثلاث سمات رئيسية: عدد الشقق (حيث 100 شقة تعادل الرقم 10 لسهولة التصور)، وعدد الطوابق ومقياس مشروط لتعقيد البناء على مقياس من 1 إلى 10، حيث 10 هي أعلى درجة تعقيد. في التعلم الآلي، يُطلق على عملية تحويل وتبسيط القيم مثل 100 إلى 10 أو 50 إلى 5 اسم "التطبيع".

> التطبيع في التعلّم الآلي هو عملية وضع بيانات رقمية مختلفة بمقياس مشترك لتسهيل المعالجة والتحليل. هذه العملية مهمة بشكل خاص عندما يكون للبيانات مقاييس ووحدات قياس مختلفة.

لنفترض أن المشروع الأول (الشكل2-9.3) كان يحتوي على 50 شقة (بعد التطبيع، 5)، و7 طوابق ودرجة تعقيد 2، مما يعني بناء بسيط نسبيًا. وكان المشروع الثاني يحتوي بالفعل على 80 شقة و9 طوابق وتصميم معقد نسبياً. وفي ظل هذه الظروف، استغرق تشييد المبنى السكني الأول والثاني 270 و330 يوماً، وبلغت التكلفة الإجمالية للمشروع 4.5 مليون دولار و5.8 مليون دولار على التوالي.

الشكل9-2-3-9 مثال على مجموعة من المشاريع السابقة التي ستستخدم لتقدير وقت وتكلفة المشروع المستقبلي X.

عند بناء نموذج للتعلم الآلي لمثل هذه البيانات، فإن المهمة الرئيسية هي تحديد السمات (أو التسميات) الحاسمة للتنبؤ، وفي هذه الحالة، وقت البناء والتكلفة. باستخدام مجموعة بيانات صغيرة، سنستخدم معلومات حول مشاريع البناء السابقة لتخطيط مشاريع جديدة: باستخدام خوارزميات التعلم الآلي ، يجب أن نتنبأ بتكلفة ومدة البناء لمشروع جديد X بناءً على سمات معينة للمشروع الجديد، مثل 40 شقة، و4 طوابق، وتعقيد المشروع المرتفع نسبيًا 7 (الشكل 9.3-2). في بيئة العالم الحقيقي، يمكن أن يكون عدد معلمات المدخلات أكبر بكثير، حيث يتراوح بين عدة عشرات إلى مئات العوامل. وقد تشمل هذه العوامل: نوع مواد البناء، والمنطقة المناخية، ومستوى تأهيل المقاولين، وتوافر المرافق، ونوع الأساسات، وموسم بدء الأعمال، وتعليقات رؤساء العمال، وما إلى ذلك.

> لإنشاء نموذج تنبؤي للتعلم الآلي ، نحتاج إلى اختيار خوارزمية لإنشائه. خوارزمية في التعلم الآلي تشبه الوصفة الرياضية التي تعلم الكمبيوتر كيفية إجراء تنبؤات (المزج بالترتيب الصحيح للمعلمات) أو اتخاذ قرارات بناءً على البيانات.

لتحليل البيانات المتعلقة بمشاريع البناء السابقة والتنبؤ بوقت وتكلفة المشاريع المستقبلية (الشكل9.3-2)، يمكن

استخدام إحدى خوارزميات التعلم الآلي الشائعة:

- الانحدار الخطي (الانحدار الخطي): تحاول هذه الخوارزمية إيجاد علاقة مباشرة بين السمات، على سبيل المثال بين عدد الطوابق وتكلفة البناء. والهدف من الخوارزمية هو إيجاد معادلة خطية تصف هذه العلاقة على أفضل وجه، مما يسمح بإجراء تنبؤات.
- **خوارزمية k-أقرب الجيران (k-NN):** تقارن هذه الخوارزمية مشروعًا جديدًا مع المشاريع السابقة التي كانت متشابهة في الحجم أو التعقيد. تصنف خوارزمية k-NN البيانات بناءً على أي من أمثلة التدريب k (العدد) الأقرب إليها. في سياق الانحدار، تكون النتيجة هي المتوسط أو الوسيط لأقرب الجيران k.
- أشجار القرار: هو نموذج تنبؤي يقسم البيانات إلى مجموعات فرعية بناءً على شروط مختلفة باستخدام بنية شجرية. تمثل كل عقدة من الشجرة حالة أو مسألة تؤدي إلى مزيد من التقسيم للبيانات، وتمثل كل ورقة التنبؤ أو النتيجة النهائية. تقوم الخوارزمية بتقسيم البيانات إلى مجموعات أصغر بناءً على خصائص مختلفة، مثل عدد القصص أولاً، ثم حسب التعقيد وهكذا، للتنبؤ.

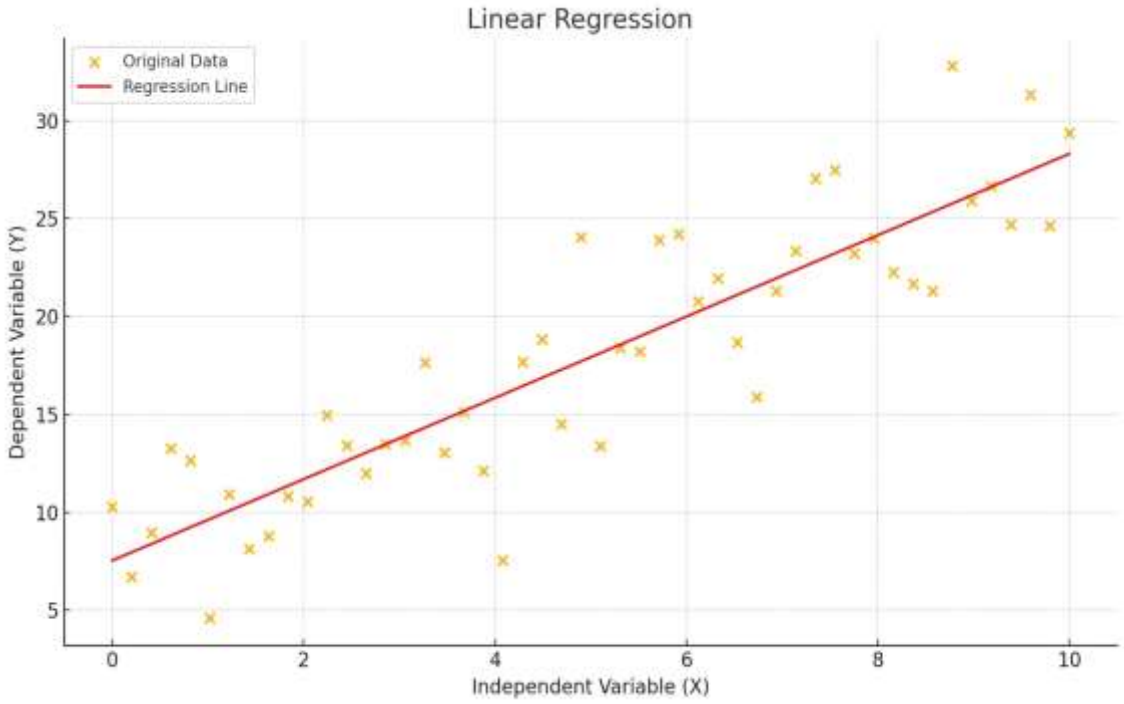
دعونا نلقي نظرة على خوارزميات التعلم الآلي لتقدير تكلفة مشروع جديد باستخدام خوارزميتين شائعتين كأمثلة: الانحدار الخطي وخوارزمية الجيران الأقرب K.

التنبؤ بتكلفة المشروع وزمنه باستخدام الانحدار الخطي

الانحدار الخطي هي خوارزمية أساسية لتحليل البيانات تتنبأ بقيمة متغير ما بناءً على علاقة خطية مع متغير آخر أو أكثر. ويفترض هذا النموذج وجود علاقة خطية مباشرة بين المتغير التابع ومتغير مستقل واحد أو أكثر، والهدف من الخوارزمية هو إيجاد هذه العلاقة.

جعلت بساطة الانحدار الخطي ووضوحه من الانحدار الخطي أداة شائعة في مجموعة متنوعة من المجالات. عند التعامل مع متغير واحد، يتعلق الانحدار الخطي بإيجاد أفضل خط مناسب عبر نقاط البيانات.

يعثر الانحدار الخطي على أفضل خط مستقيم (الخط الأحمر) الذي يقارب الاعتماد بين متغير المدخلات X ومتغير المخرجات Y. يسمح هذا الخط بالتنبؤ بقيم Y لقيم X الجديدة استنادًا إلى العلاقة الخطية المحددة (الشكل3-3-9.3).



الشكل9.3-3-9.3 مبدأ الانحدار الخطي هو إيجاد أفضل خط مستقيم من خلال قيم التدريب.

يتم تمثيل هذا الخط بمعادلة ينتج عن إدخال قيمة المتغير المستقل (س) قيمة متوقعة للمتغير التابع (ص). تسمح هذه العملية بالتنبؤ بـ Y بكفاءة من القيم المعروفة لـ X باستخدام علاقة خطية بينهما. ويمكن رؤية مثال على إيجاد مثل هذا الخط المتوسط إحصائياً في تقييم بيانات تصاريح البناء في سان فرانسيسكو (الشكل7-9.1)، حيث تم حساب التضخم باستخدام الانحدار الخطي لأنواع مختلفة من المنشآت.

لنقم بتحميل جدول بيانات المشروع (الشكل2-9.3 من الفصل السابق) مباشرة إلى LLM ونطلب منه بناء نموذج تعلم آلي بسيط لنا.

- أرسل طلبًا نصيًا إلى دردشة LLM (دردشة Grok ، DeepSeek ، Mistral ، LlaMa ،CHATGP ، QWEN ، Claude:

> نحن بحاجة إلى عرض بناء نموذج بسيط للتعلم الآلي للتنبؤ بالتكلفة والوقت اللازمين لتنفيذ مشروع جديد X (الشكل2-9.3 كما في الصورة المرفقة) ⏎

رد LLM:

Create in LLM Chat

Linear regression.py

```python
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import numpy as np

# Data from the image
# Features: Number of apartments, number of floors, project complexity
X = np.array([
    [5, 7, 2],
    [8, 9, 6],
    [3, 5, 3]
])

# Targets: Time (days), Cost ($)
y_time = np.array([270, 330, 230])
y_cost = np.array([4502000, 5750000, 3262000])

# Creating linear regression models for time and cost
model_time = LinearRegression()
model_cost = LinearRegression()

# Training the models
model_time.fit(X, y_time)
model_cost.fit(X, y_cost)

# The new project's features
X_new = np.array([[4, 4, 7]])

# Predicting the time and cost for the new project
predicted_time = model_time.predict(X_new)
predicted_cost = model_cost.predict(X_new)

predicted_time, predicted_cost
```

Run in IDE

Result

```
(array([238.44444444]), array([3042337.77777778]))
```

الشكلLLM 4-3-9.3 اختار الانحدار الخطي لإنشاء نموذج التعلم الآلي للتنبؤ بتكلفة المشروع ووقته.

تعرّف برنامج LLM تلقائيًا على الجدول من الصورة المرفقة وحوّل البيانات من تنسيق مرئي إلى مصفوفة جدول (الشكل 4-9.3 - الصف 6). تم استخدام هذه المصفوفة كأساس لإنشاء الميزات والتسميات التي تم من خلالها إنشاء نموذج التعلم الآلي (الشكل4-9.3 - الصف 17-22) ، والذي استخدم الانحدار الخطي.

وباستخدام نموذج انحدار خطي أساسي تم تدريبه على مجموعة بيانات "صغيرة للغاية"، تم وضع تنبؤات لمشروع بناء افتراضي جديد بعنوان المشروع X. في مشكلتنا، يتسم هذا المشروع بـ 40 شقة، و 4 طوابق ومستوى تعقيد 7 (الشكل 9.3-2).

كما تنبأ به نموذج انحدار خطي يستند إلى مجموعة بيانات محدودة وصغيرة للمشروع الجديد X (الشكل9.3-4 - السطر 24-29):

- ستكون **مدة البناء** 238 يومًا تقريبًا (238.444444444)
- سيبلغ **إجمالي النفقات** حوالي$ 3,042,338.338 (3042337.777.30423)

لمزيد من استكشاف فرضية تكلفة المشروع، من المفيد تجربة خوارزميات وأساليب مختلفة للتعلم الآلي. لذلك، دعونا نتنبأ بنفس قيم التكلفة والوقت لمشروع جديد X استنادًا إلى مجموعة صغيرة من البيانات التاريخية باستخدام خوارزمية K-Nearest Neighbours (k-Nearest Neighbours).

تنبؤات تكلفة المشروع والوقت باستخدام خوارزمية الجار الأقرب K (k-NN)

نستخدم خوارزمية k-Nearest Neighbours (k-NN) كمتنبئ إضافي لتقدير تكلفة ومدة المشروع الجديد. خوارزمية K-Nearest Neighbours (k-NN) هي طريقة تعلم آلي خاضعة للإشراف (التعلم الآلي الخاضع للإشراف) لكل من التصنيف والانحدار. وقد ناقشنا سابقًا أيضًا خوارزمية k-NN في سياق البحث في قاعدة بيانات المتجهات (الشكل 8.2-2-2) ، حيث تُستخدم للعثور على أقرب المتجهات (مثل النصوص أو الصور أو الأوصاف الفنية). في هذا النهج، يتم تمثيل كل مشروع كنقطة في فضاء متعدد الأبعاد، حيث يتوافق كل بُعد مع سمة محددة للمشروع.

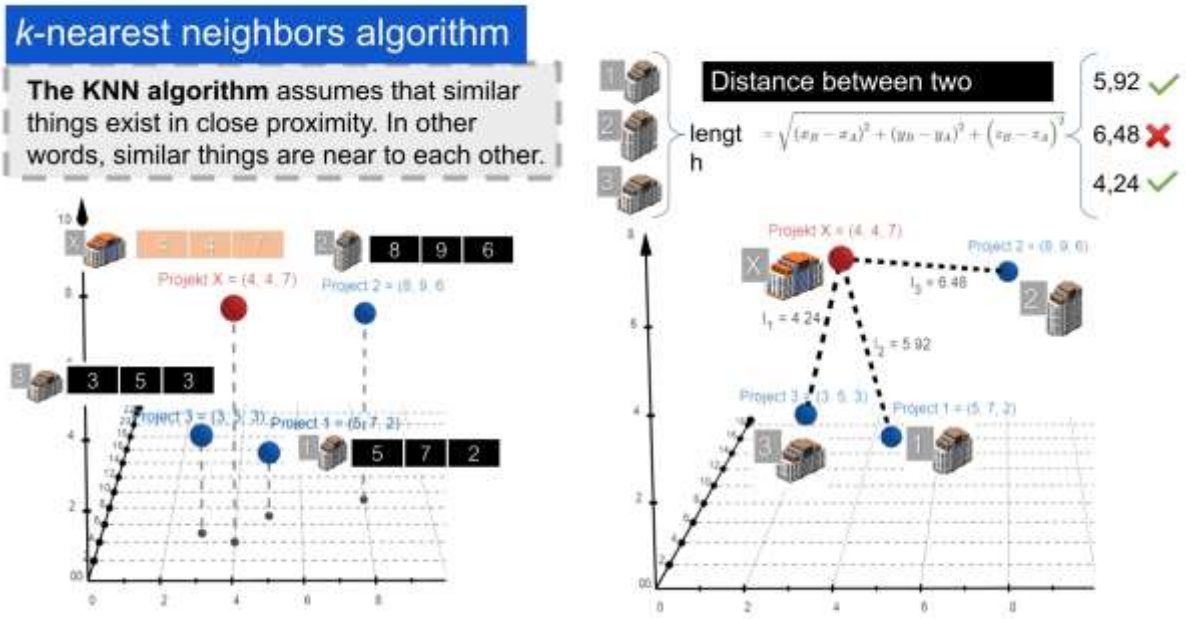
في حالتنا، بالنظر إلى السمات الثلاث لكل مشروع، سنمثلها كنقاط في فضاء ثلاثي الأبعاد (الشكل9.3-5). وبالتالي،

سيتم تحديد موقع مشروعنا القادم X في هذا الفضاء بالإحداثيات (س=4، ص=4، ض=7). وتجدر الإشارة إلى أنه في ظروف العالم الحقيقي، قد يكون عدد النقاط وأبعاد الفضاء أكبر من ذلك بكثير.

> تعمل خوارزمية K-NN (أقرب الجيران) من خلال قياس المسافة بين المشروع المطلوب X والمشاريع في قاعدة بيانات التدريب. ومن خلال مقارنة هذه المسافات، تحدد الخوارزمية المشاريع الأقرب إلى نقطة المشروع الجديد X.

على سبيل المثال، إذا كان المشروع الثاني (س = 8، ص = 9، ض = 6) من مجموعة البيانات الأصلية أبعد بكثير من س (الشكل5-9.3) من المشاريع الأخرى، فيمكن استبعاده من التحليل الإضافي. ونتيجة لذلك، يمكن استخدام المشروعين (ك=2) الأقرب فقط في الحسابات، وعلى أساسه سيتم تحديد متوسط القيمة.

وتسمح هذه الطريقة، من خلال البحث في الجوار، بتقييم أوجه التشابه بين المشاريع، مما يساعد بدوره على استخلاص استنتاجات حول التكلفة والتوقيت المحتملين لمشروع جديد استناداً إلى مشاريع مماثلة تم تنفيذها سابقاً.



الشكل5-9.3 في خوارزمية K-NN، يتم تمثيل المشاريع كنقاط في فضاء متعدد الأبعاد، ويتم اختيار أقرب المشاريع بناءً على المسافات لتقييم التشابه والتنبؤ.

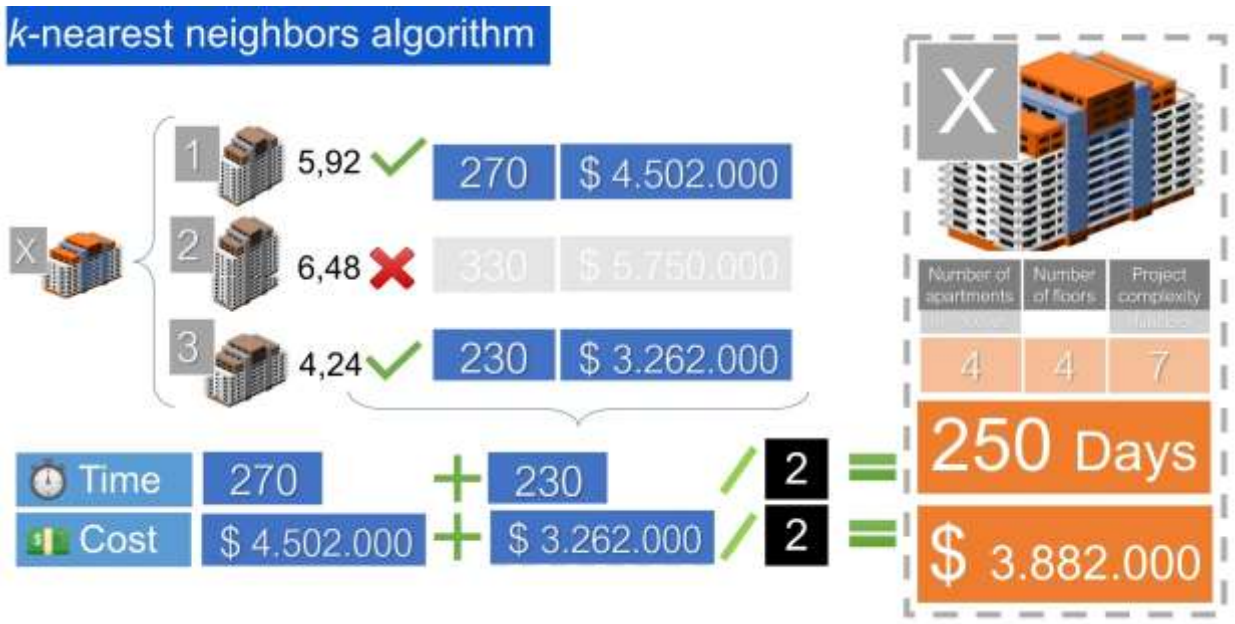
يتضمن عمل k-NN عدة خطوات رئيسية:

- إعداد البيانات: يتم تحميل مجموعات بيانات التدريب والاختبار أولاً. تُستخدم بيانات التدريب "لتدريب" الخوارزمية، وتُستخدم بيانات الاختبار للتحقق من كفاءتها.
- تحديد المعلمة "ك": يتم تحديد الرقم "ك"، الذي يشير إلى عدد الجيران الأقرب (نقاط البيانات) التي يجب أخذها في الاعتبار في الخوارزمية. قيمة "K" مهمة جدًا لأنها تؤثر على النتيجة.
- عملية التصنيف والانحدار لبيانات الاختبار:
  - **حساب المسافات:** لكل عنصر من بيانات الاختبار، يتم حساب المسافة إلى كل عنصر من بيانات التدريب (الشكل5-9.3). يمكن استخدام طرق مختلفة لقياس المسافة لهذا الغرض، مثل المسافة الإقليدية (الطريقة الأكثر شيوعًا) أو مسافة مانهاتن أو مسافة هامينغ.
  - **فرز واختيار أقرب الجيران K:** بعد حساب المسافات، يتم فرزها واختيار أقرب نقاط إلى نقطة الاختبار K.
  - تحديد فئة أو قيمة نقطة اختبار: إذا كانت مهمة تصنيف ، يتم تحديد فئة نقطة الاختبار بناءً على الفئة الأكثر شيوعًا بين الجيران المختارين K. إذا كانت مهمة انحدار، يتم حساب المتوسط (أو أي مقياس آخر للنزعة المركزية) لقيم الجيران K.
- اكتمال العملية: بمجرد الانتهاء من تصنيف جميع بيانات الاختبار أو إجراء التنبؤات الخاصة بها، تكون العملية قد اكتملت.

> تعد الخوارزمية k-أقرب الجيران (k-NN) فعالة في العديد من التطبيقات العملية، وهي إحدى الأدوات الرئيسية في ترسانة المتخصصين في التعلم الآلي. تحظى هذه الخوارزمية بشعبية كبيرة بسبب بساطتها وكفاءتها، خاصة في المهام التي يسهل فيها تفسير العلاقات بين البيانات.

في مثالنا، بعد تطبيق خوارزمية الجيران الأقرب K، تم تحديد المشروعين (من العينة الصغيرة) اللذين يبعدان عن

المشروع X أقصر مسافة إلى المشروع X (الشكل5-9.3). واستناداً إلى هذه المشاريع، تحدد الخوارزمية متوسط سعرها ومدة البناء. $ وبعد التحليل (الشكل6-9.3)، تخلص الخوارزمية، من خلال حساب متوسط أقرب الجيران، إلى أن المشروع (س) سيكلف حوالي 000 800.000 3 دولار ويستغرق إنجازه حوالي 250 يوماً.

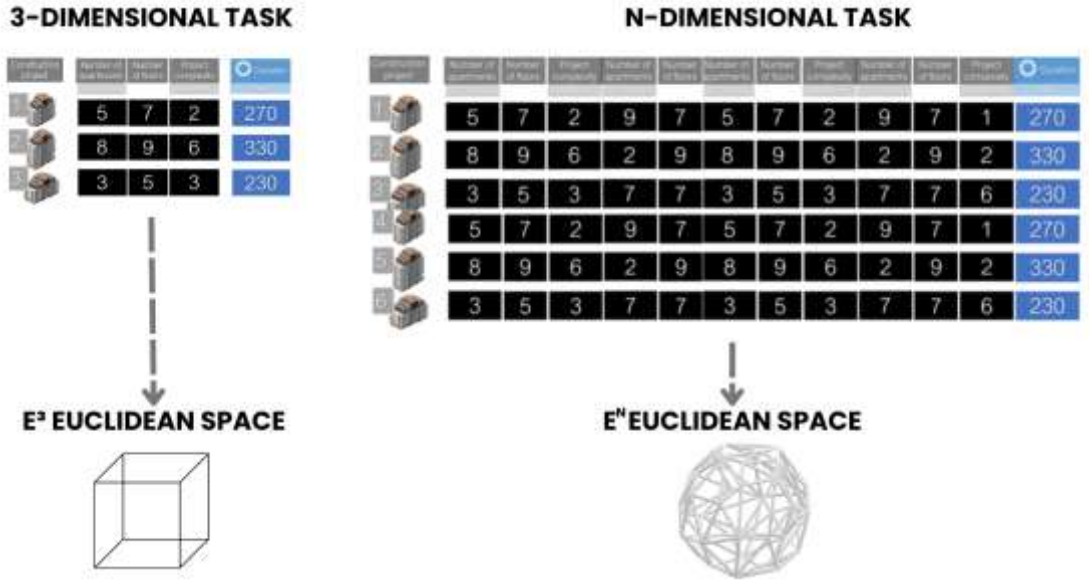


الشكل6-9.3 تحدد خوارزمية K-أقرب الجيران التكلفة والجدول الزمني للمشروع X بتحليل أقرب مشروعين في العينة.

تحظى خوارزمية k-Nearest Neighbors (k-NN) بشعبية خاصة في مهام التصنيف والانحدار مثل أنظمة التوصية، حيث تُستخدم لاقتراح منتجات أو محتوى بناءً على تفضيلات مشابهة لاهتمامات مستخدم معين. وبالإضافة إلى ذلك، تُستخدم خوارزمية k-NN على نطاق واسع في التشخيص الطبي لتصنيف أنواع الأمراض بناءً على أعراض المريض، وفي التعرف على الأنماط وفي القطاع المالي لتقييم الجدارة الائتمانية للعملاء.

حتى مع وجود بيانات محدودة، يمكن لنماذج التعلم الآلي أن توفر تنبؤات مفيدة وتعزز بشكل كبير العنصر التحليلي لإدارة مشاريع البناء. ومع توسيع نطاق البيانات التاريخية وتنقيتها، من الممكن الانتقال إلى نماذج أكثر تطوراً - على سبيل المثال، مع مراعاة نوع البناء والموقع وموسم بدء البناء وعوامل أخرى.

استخدمت مهمتنا المبسطة ثلاث سمات للتصور في الفضاء ثلاثي الأبعاد، لكن المشاريع الحقيقية، في المتوسط، تتضمن مئات أو آلاف السمات (انظر مجموعة البيانات من الفصل "مثال على البيانات الضخمة القائمة على التصميم بمساعدة الحاسوب (BIM)"، مما يزيد بشكل كبير من أبعاد الفضاء وتعقيد تمثيل المشاريع كمتجهات (الشكل9.3-7).



الشكل9.3-7 في المثال المبسط، تم استخدام ثلاث سمات للتصور ثلاثي الأبعاد - التصور بينما المشاريع الحقيقية لها أكثر من ذلك.

أدى تطبيق خوارزميات مختلفة على نفس مجموعة البيانات للمشروع X، الذي يحتوي على 40 شقة و 4 طوابق

ومستوى التعقيد 7، إلى إعطاء قيم متوقعة مختلفة. فقد تنبأت خوارزمية الانحدار الخطي بوقت إنجاز قدره 238 يوما وتكلفة قدرها$ 3,042,338 (الشكل4-9.3)، في حين تنبأت خوارزمية k-NN بـ 250 يوما و$ 3,882,000 (الشكل6-9.3).

تعتمد دقة التنبؤات التي يتم الحصول عليها باستخدام نماذج التعلم الآلي ، بشكل مباشر على حجم ونوعية البيانات المدخلة. فكلما زاد عدد المشاريع المشاركة في التدريب، وكلما زاد تمثيل خصائصها (السمات) ونتائجها (التسميات) بشكل كامل ودقيق، زادت احتمالية الحصول على تنبؤات موثوقة بأقل قدر من الخطأ.

تلعب تقنيات المعالجة المسبقة للبيانات دورًا مهمًا في هذه العملية، بما في ذلك:

- التطبيع لجلب الميزات إلى مقياس مشترك;
- الكشف عن النماذج الخارجة عن المألوف وإزالتها، وإزالة تشويه النموذج;
- ترميز السمات الفئوية للسماح بمعالجة البيانات النصية;
- ملء القيم المفقودة، مما يزيد من متانة النموذج.

بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم طرق التحقق التبادلي لتقييم قابلية تعميم النموذج ومتانته على مجموعات البيانات الجديدة لاكتشاف الإفراط في التكييف وتحسين موثوقية التنبؤ.

> **الفوضى نظام يجب فك رموزه [160].**
>
> **- خوسيه ساراماغو، "المزدوج"**

حتى لو بدا لك أن فوضى مهامك لا يمكن وصفها بشكل رسمي، يجب أن تعرف أن أي حدث في العالم وخاصة عمليات البناء تخضع لقوانين رياضية، والتي قد تحتاج إلى دعم حساب القيم ليس من خلال صيغ صارمة، ولكن

بمساعدة الإحصاءات والبيانات التاريخية.

ويواجه كل من تقديرات قسم تقدير التكاليف التقليدية ونماذج التعلم الآلي حتماً عدم اليقين ومصادر الخطأ المحتملة. ومع ذلك، إذا توفرت بيانات كافية ذات جودة عالية، يمكن لنماذج التعلم الآلي أن تُظهر دقة تنبؤ مماثلة وأحيانًا أعلى من أحكام الخبراء.

> من المرجح أن يصبح التعلم الآلي أداة تكميلية موثوقة للتحليلات التي يمكنها: تنقيح الحسابات، واقتراح سيناريوهات بديلة، وتحديد التبعيات الخفية بين معلمات المشروع. لن تدعي مثل هذه النماذج أنها عالمية، لكنها ستحتل قريباً مكاناً مهماً في العمليات الحسابية وعمليات اتخاذ القرار. لن تستبعد تقنيات التعلّم الآلي مشاركة المهندسين والمقدّرين والمحللين، بل على العكس، ستوسع قدراتهم من خلال تقديم وجهة نظر إضافية تستند إلى البيانات التاريخية.

إذا تم دمجها بشكل صحيح في العمليات التجارية لشركات الإنشاءات، فإن التعلم الآلي لديه القدرة على أن يصبح عنصراً مهماً في نظام دعم القرارات الإدارية - ليس كبديل للبشر، ولكن كامتداد لحدسهم المهني ومنطقهم الهندسي.

الخطوات التالية: من التخزين إلى التحليل والتنبؤ

بدأت الأساليب الحديثة للعمل مع البيانات في تغيير طريقة اتخاذ القرارات في صناعة البناء والتشييد. لا يؤدي الانتقال من التقييمات البديهية إلى تحليل البيانات الموضوعية إلى تحسين الدقة فحسب، بل يفتح أيضًا فرصًا جديدة لتحسين العمليات. لتلخيص هذا الجزء، يجدر بنا تسليط الضوء على الخطوات العملية الرئيسية التي ستساعدك على تطبيق الأساليب التي تمت مناقشتها في مهامك اليومية:

- إنشاء بنية تحتية مستدامة للتخزين
  - محاولة دمج المستندات وبيانات المشروع المتباينة في نموذج جدولي واحد، وتجميع المعلومات الأساسية في إطار بيانات واحد لمزيد من التحليل
  - استخدم تنسيقات تخزين البيانات الفعالة - على سبيل المثال، التنسيقات العمودية مثل Apache Parquet بدلاً من CSV أو XLSX - خاصةً بالنسبة لتلك المجموعات التي يمكن استخدامها لتدريب نماذج التعلم الآلي في المستقبل
  - إنشاء نظام لإصدار البيانات لتتبع التغييرات في جميع أنحاء المشروع
- تنفيذ أدوات التحليل والأتمتة
  - البدء في تحليل بيانات المشروع التاريخية - عن طريق التوثيق والنماذج والتقديرات - لتحديد الأنماط والاتجاهات والحالات الشاذة
  - عمليات ETL الرئيسية (استخراج ، وتحويل ، وتحميل وتحميل) لتحميل البيانات وتجهيزها تلقائيًا
  - تعلم كيفية تصور المقاييس الرئيسية باستخدام العديد من مكتبات تصور بايثون المجانية
  - البدء في تطبيق الأساليب الإحصائية وأخذ العينات العشوائية لإنتاج نتائج تحليلية ممثلة وقابلة للتكرار
- زيادة النضج في العمل مع البيانات
  - تعلّم بعض خوارزميات التعلّم الآلي الأساسية باستخدام أمثلة بسيطة ومباشرة مثل مجموعة بيانات Titanic
  - تحليل العمليات الحالية وتحديد المجالات التي يمكنك الانتقال فيها من منطق السبب والنتيجة الجامد إلى الأساليب الإحصائية للتنبؤ والتقدير
  - البدء في التعامل مع البيانات كأصل استراتيجي وليس كمنتج ثانوي: بناء عمليات صنع القرار حول نماذج

البيانات بدلاً من حلول برمجية محددة

تدخل شركات الإنشاءات التي أدركت قيمة البيانات مرحلة جديدة من التطور حيث لا تتحدد الميزة التنافسية بكمية الموارد، بل بسرعة اتخاذ القرار بناءً على التحليلات.

أقصى قدر من الراحة مع النسخة المطبوعة

أنت تحتفظ بنسخة رقمية مجانية من كتاب **البناء القائم على البيانات**. لمزيد من الراحة في العمل والوصول السريع إلى المواد نوصيك بالاهتمام بالنسخة **المطبوعة**:

- **دائمًا في متناول اليد:** سيصبح الكتاب في شكله المطبوع أداة عمل موثوق بها، مما يتيح لك العثور على التصورات والرسوم البيانية المناسبة واستخدامها بسرعة في أي موقف عمل

- **رسومات توضيحية عالية الجودة:** جميع الصور والرسومات في النسخة المطبوعة مقدمة بأعلى جودة

- **الوصول السريع إلى المعلومات:** سهولة التصفح والقدرة على تدوين الملاحظات والإشارات المرجعية والعمل مع الكتاب في أي مكان.

من خلال شراء النسخة المطبوعة الكاملة من الكتاب، تحصل على أداة ملائمة للعمل المريح والفعال مع المعلومات: القدرة على استخدام المواد المرئية بسرعة في المهام اليومية، والعثور بسرعة على المخططات اللازمة وتدوين الملاحظات. بالإضافة إلى ذلك، فإن شرائك للكتاب يدعم نشر المعرفة المفتوحة.

اطلب نسخة مطبوعة من الكتاب على: datadrivenconstruction.io/books

الجزء X

صناعة الإنشاءات في العصر الرقمي. الفرص والتحديات

الجزء العاشر الأخير هو نظرة شاملة على مستقبل صناعة الإنشاءات في عصر التحول الرقمي. ويحلل هذا الجزء التحول من التحليل السببي إلى العمل مع ارتباطات البيانات الضخمة. يتم رسم أوجه التشابه بين تطور الفنون الجميلة وتطور العمل بالبيانات في مجال الإنشاءات، مما يوضح كيف تنتقل الصناعة من التحكم التفصيلي إلى الفهم الشامل للعمليات. يتم استكشاف مفهوم "الأوبرية " في صناعة الإنشاءات، حيث يمكن لشفافية البيانات والحسابات الآلية أن تغير نماذج الأعمال التقليدية بشكل جذري، مما يلغي الحاجة إلى الوسطاء ويقلل من فرص المضاربة. وتناقش بالتفصيل القضايا التي لم يتم حلها، مثل التصنيف العالمي للعناصر ، مما يمنح شركات الإنشاءات الوقت الكافي للتكيف مع البيئة الجديدة. ويختتم الجزء بتوصيات محددة لتشكيل استراتيجية التحول الرقمي التي تشمل تحليل نقاط الضعف وتوسيع نطاق الخدمات للحفاظ على قدرتها التنافسية في صناعة متغيرة.

الفصل 10.1.

استراتيجيات البقاء: بناء المزايا التنافسية

الارتباطات بدلاً من الحسابات: مستقبل تحليلات الإنشاءات

وبفضل الرقمنة السريعة للمعلومات (الشكل5-1.1)، يشهد قطاع الإنشاءات الحديث تحولاً جوهرياً حيث لم تعد البيانات مجرد أداة بل أصبحت أصلاً استراتيجياً يمكن أن يغير بشكل جذري النهج التقليدية لإدارة المشاريع والأعمال.

على مدار آلاف السنين، اعتمدت أنشطة البناء على الأساليب الحتمية - الحسابات الدقيقة والتفصيل والتحكم الصارم في المعايير. ففي القرون الأولى بعد الميلاد، طبّق المهندسون الرومان المبادئ الرياضية في بناء القنوات المائية والجسور. وفي العصور الوسطى، سعى المهندسون المعماريون جاهدين لتحقيق النسب المثالية للكاتدرائيات القوطية، وفي عصر التصنيع في القرن العشرين، تم تشكيل أنظمة من المعايير واللوائح الموحدة التي أصبحت أساسًا للبناء الجماعي

واليوم، يتحول اتجاه التطور من البحث عن علاقات السبب والنتيجة البحتة إلى التحليل الاحتمالي والبحث عن الارتباطات والأنماط الخفية. وتدخل الصناعة مرحلة جديدة - حيث أصبحت البيانات موردًا رئيسيًا، وتحل التحليلات القائمة عليها محل النهج الحدسية والمحلية المحسّنة.

الشكل1-10-1.10 الإمكانات الخفية لبيانات البناء: الحسابات الموجودة في الشركة ليست سوى غيض من فيض متاح للإدارة لتحليلها.

يشبه نظام المعلومات في الشركة جبل جليدي (الشكل1-1-1.10): لا يظهر لإدارة الشركة سوى جزء صغير من إمكانات البيانات، بينما القيمة الرئيسية مخفية في الأعماق. من المهم تقييم البيانات ليس فقط على أساس استخدامها الحالي، ولكن أيضًا على أساس الفرص التي ستفتحها في المستقبل. تلك الشركات التي تتعلم كيفية استخراج الأنماط الخفية وخلق رؤى جديدة من البيانات هي التي ستخلق ميزة تنافسية مستدامة

إن العثور على الأنماط الخفية وفهم البيانات لا يتعلق فقط بالعمل مع الأرقام، بل هو عملية إبداعية تتطلب التفكير المجرد والقدرة على رؤية الصورة الكاملة وراء العناصر المتباينة. ومن هذا المنطلق، يمكن مقارنة تطور العمل مع البيانات بتطور الفنون البصرية (الشكل2-1.10).

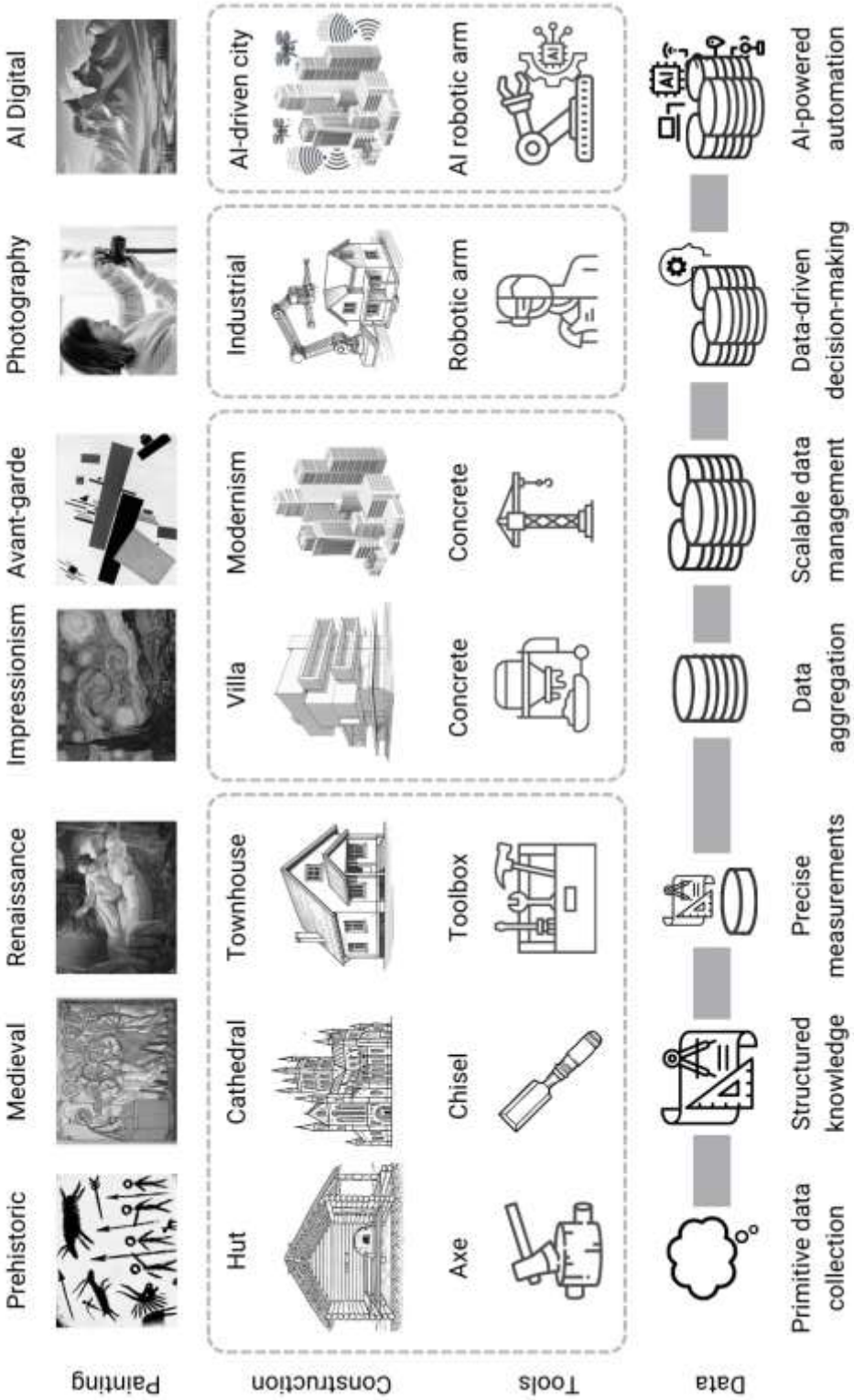
يتشابه تطور البناء بشكل ملحوظ مع تطور الفنون الجميلة. ففي كلتا الحالتين، تطورت البشرية من الأساليب

البدائية إلى تقنيات التصوير والتحليل المتطورة. في عصور ما قبل التاريخ، استخدم الناس في عصور ما قبل التاريخ رسومات الكهوف والأدوات البدائية لحل المهام اليومية. وخلال العصور الوسطى وعصر النهضة، ارتفع مستوى التطور في العمارة والفن بشكل كبير. وبحلول أوائل العصور الوسطى، تطورت أدوات البناء من فأس بسيطة إلى مجموعات أدوات واسعة النطاق ترمز إلى نمو المعرفة التقنية.

كان عصر الواقعية هو الثورة الأولى في الفنون البصرية: فقد تعلّم الفنانون كيفية إعادة إنتاج أدق التفاصيل، وتحقيق أقصى قدر من المعقولية. وفي مجال البناء، كان نظير هذه الفترة هو التقنيات الهندسية الدقيقة والرسومات التفصيلية والحسابات المنظمة بدقة والتي أصبحت أساس ممارسة التصميم لعدة قرون.

في وقت لاحق، غيّرت الانطباعية مفهوم الواقع الفني ذاته: فبدلاً من تجسيد الشكل حرفياً، بدأ الفنانون في التقاط المزاج والضوء والديناميكيات، بهدف عكس انطباع عام بدلاً من الدقة المطلقة. وبالمثل، يبتعد التعلّم الآلي في تحليلات البناء عن النماذج المنطقية الجامدة إلى التعرف على الأنماط والأنماط الاحتمالية التي تسمح لك "برؤية" التبعيات الخفية في البيانات التي لا يمكن الوصول إليها في التحليل الكلاسيكي. يردد هذا النهج صدى أفكار باوهاوس عن البساطة والوظائف، حيث يكون المعنى (الوظيفة) أكثر أهمية من الشكل. سعت باوهاوس إلى إزالة ما لا لزوم له، والتخلي عن الزخرفة من أجل الوضوح والنفعية والجاذبية الجماهيرية. كان يجب أن تكون الأشياء مفهومة ومفيدة، دون إفراط - فقد ولدت الجماليات من منطق التصميم والهدف.

مع ظهور التصوير الفوتوغرافي في أواخر القرن التاسع عشر، اكتسب الفن أداة جديدة لالتقاط الواقع بدقة غير مسبوقة وقلبت المواقف تجاه الفنون البصرية رأساً على عقب. وبالمثل، في مجال البناء، أدت الثورة الصناعية في القرن الحادي والعشرين إلى استخدام التقنيات الروبوتية والليزر وإنترنت الأشياء ، ومفهوم RFID ومفاهيم مثل البناء المتصل، حيث تطورت عملية جمع المعلمات الفردية إلى التقاط ذكي قابل للتطوير للواقع الكامل لموقع البناء.



الشكل2-10.1 عصر التطورات في الفنون الجميلة يتسق مع التطورات مناهج العمل مع البيانات في صناعة البناء.

واليوم، مثلما تشهد الفنون البصرية إعادة نظر مع وصول أدوات الذكاء الاصطناعي و LLM ، تشهد صناعة البناء قفزة نوعية أخرى: أنظمة ذكية مدفوعة بالذكاء الاصطناعي (AI)، تتيح دردشات LLM التنبؤ بالحلول وتحسينها وتوليدها بأقل قدر من التدخل البشري.

لقد تغير دور البيانات في التصميم والإدارة بشكل جذري. فبينما كانت المعرفة تُنقل شفهيًا وتجريبيًا بطبيعتها - تمامًا كما كان يتم التقاط الواقع من خلال الصور المرسومة باليد حتى القرن التاسع عشر - ينصب التركيز اليوم على الالتقاط الرقمي الكامل لـ "صورة" البناء. وبمساعدة خوارزميات التعلّم الآلي، يتم تحويل هذه الصورة الرقمية إلى تمثيل انطباعي لواقع البناء - ليس نسخة طبق الأصل، بل فهم احتمالي معمم للعمليات.

> نحن نقترب بسرعة من حقبة لن تكون فيها عمليات تصميم المباني وتشييدها وتشغيلها معززة فحسب، بل ستكون مدفوعة إلى حد كبير بأنظمة الذكاء الاصطناعي. تمامًا كما يتم إنشاء الفن الرقمي الحديث بدون فرشاة رسم - باستخدام مطالبات نصية ونماذج توليدية - سيتم تشكيل الحلول المعمارية والهندسية في المستقبل من خلال الاستفسارات والمعايير الرئيسية التي يحددها المستخدم.

في القرن الحادي والعشرين، أصبح الوصول إلى البيانات وتفسيرها وجودة تحليلاتها أمرًا لا غنى عنه لنجاح المشاريع. ولا تتحدد قيمة البيانات ليس بحجمها بل بقدرة المتخصصين على تحليلها والتحقق منها وتحويلها إلى أفعال.

النهج القائم على البيانات في مجال البناء: مستوى جديد من البنية التحتية

في تاريخ البشرية، أحدثت كل قفزة تكنولوجية من هذا القبيل تغييرات جوهرية في الاقتصاد والمجتمع. واليوم، نحن

نشهد موجة جديدة من التحول يمكن مقارنتها من حيث الحجم بالثورة الصناعية في القرن التاسع عشر. ولكن، بينما كان المحرك الرئيسي للتغيير قبل مائة عام هو القوى الميكانيكية وتقنيات الطاقة، فإن المحرك الرئيسي للتغيير الآن هو البيانات والذكاء الاصطناعي.

التعلم الآلي ، و LLM ووكلاء الذكاء الاصطناعي يغيرون جوهر التطبيقات، مما يجعل حزم البرامج التقليدية (التي نوقشت في الجزء الثاني من الكتاب) غير ضرورية (الشكل2 3-2.2). تتمحور جميع منطق البيانات في وكلاء الذكاء الاصطناعي بدلاً من قواعد العمل المشفرة (الشكل4-2.2).

> في عصر البيانات، تتغير وجهات النظر التقليدية للتطبيقات بشكل جذري. نحن نتجه نحو نموذج حيث ستفسح الأنظمة المؤسسية المعيارية الضخمة والمعيارية المجال حتماً لحلول مفتوحة وخفيفة الوزن ومخصصة.

في المستقبل، ستبقى بنية البيانات الأساسية فقط، وسيكون كل التفاعل معها من خلال وكلاء يعملون مباشرة مع قاعدة البيانات. أعتقد حقًا أن مكدس التطبيقات بأكمله سيختفي، لأنه ببساطة لن تكون هناك حاجة إليه عندما يتفاعل الذكاء الاصطناعي مباشرةً مع قاعدة البيانات الأساسية. لقد أمضيتُ حياتي المهنية بأكملها في العمل في مجال البرمجيات كخدمة - بناء الشركات والعمل فيها، ولكي أكون صادقاً، ربما لن أطلق شركة جديدة للبرمجيات كخدمة في الوقت الحالي. وربما لن أستثمر في شركات البرمجيات كخدمة في الوقت الحالي أيضاً. فالوضع غير مؤكد للغاية. وهذا لا يعني أنه لن تكون هناك شركات برمجيات في المستقبل، ولكن هذا لا يعني أنه لن تكون هناك شركات برمجيات في المستقبل، بل ستبدو مختلفة تماماً. ستكون الأنظمة المستقبلية عبارة عن قواعد بيانات مع منطق عمل مدمج في [الذكاء الاصطناعي] وكلاء. ستعمل هذه الوكلاء مع مستودعات بيانات متعددة في نفس الوقت، ولن تقتصر على قاعدة بيانات واحدة. سينتقل كل المنطق إلى طبقة الذكاء الاصطناعي [46].

- ماثيو بيرمان، الرئيس التنفيذي لشركة Forward Future

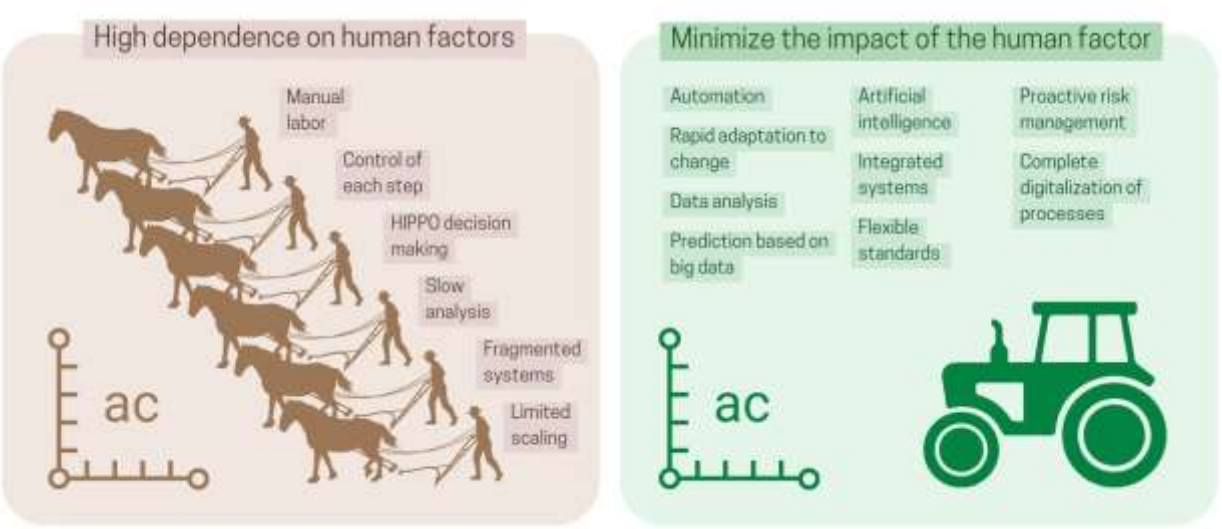
يتمثل الاختلاف الرئيسي في النموذج الجديد في التقليل من الصابورة التكنولوجية. فبدلاً من أنظمة البرمجيات الضخمة المعقدة والمغلقة، سنحصل على وحدات مرنة ومفتوحة وقابلة للتخصيص بسرعة "تعيش" حرفياً داخل تدفق البيانات (الشكلApache Airflow - 7.4-1 ، نيفي). تتوخى بنية إدارة العمليات المستقبلية استخدام التطبيقات المصغرة - وهي أدوات مدمجة ومصممة لغرض معين، تختلف اختلافًا جوهريًا عن أنظمة تخطيط موارد المؤسسات الضخمة والمغلقة لتخطيط موارد المؤسسات ونظام إدارة نظم المعلومات الإدارية ، و CDE ، وأنظمة إدارة المحتوى في المؤسسة. ستكون العوامل الجديدة قابلة للتكيف ومتكاملة ومخصصة للأعمال التجارية قدر الإمكان (على سبيل المثال: الشكل7.4-6).

> **ستذهب كل منطق الأعمال إلى هذه الوكلاء [AI]، وسيقوم هؤلاء الوكلاء بتنفيذ عمليات CRUD [إنشاء وقراءة وتحديث وحذف] على مستودعات متعددة، مما يعني أنهم لن يميزوا أي واجهة خلفية يتم استخدامها. سيقومون بتحديث قواعد بيانات متعددة، وسينتهي كل المنطق في ما يسمى بالذكاء الاصطناعي - المستوى. وبمجرد أن تصبح طبقة الذكاء الاصطناعي هي المكان الذي يوجد فيه كل المنطق، سيبدأ الناس في استبدال الواجهات الخلفية. نحن نشهد بالفعل نسبة عالية جدًا من المكاسب في السوق في مجال استخدام الواجهات الخلفية للحلول الديناميكية والوكلاء، وسنتحرك بقوة في هذا الاتجاه، في محاولة لدمج كل ذلك معًا. سواء أكان ذلك في خدمة العملاء أو في مجالات أخرى، على سبيل المثال، ليس فقط CRM ، ولكن حلولنا المالية والعمليات. لأن الناس يريدون المزيد من تطبيقات الأعمال التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي حيث يمكن أن تكون الطبقة المنطقية مدفوعة بالذكاء الاصطناعي ووكلاء الذكاء الاصطناعي. [...]. أحد أكثر الأشياء المثيرة بالنسبة لي هو Excel مع Python ، وهو ما يمكن مقارنته بـ GitHub مع Copilot. هذا هو ما فعلناه: الآن بعد أن أصبح لديك برنامج Excel، ما عليك سوى فتحه وتشغيل Copilot والبدء في اللعب به. لم يعد الأمر مجرد فهم الأرقام المتاحة، بل سيضع خطة من تلقاء نفسه. تمامًا كما يقوم Copilot Copilot Workspace من GitHub بإنشاء خطة ثم تنفيذها، فهو يشبه محلل البيانات ، باستخدام Excel كأداة لتصور الصفوف والأعمدة للتحليل. لذا فإن Copilot يستخدم برنامج Copilot كأداة Excel بكل إمكانياته لأنه يمكنه إنشاء البيانات ولديه مترجم Python.**
>
> **- ساتيا ناديلا، الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت، مقابلة مع قناة BG2 ديسمبر 2024. [28]**

إن التحول الذي نشهده في منطق التطبيقات المكتبية - الانتقال من الأنظمة المعيارية المغلقة إلى وكلاء الذكاء الاصطناعي الذين يعملون مباشرة مع البيانات المفتوحة - ليس سوى جزء من عملية أكبر بكثير. فالأمر لا يتعلق فقط بتغيير الواجهات أو بنية البرمجيات: فالتغييرات ستؤثر على المبادئ الأساسية لتنظيم العمل واتخاذ القرارات وإدارة الأعمال. في مجال البناء، سيؤدي ذلك إلى منطق قائم على البيانات تصبح فيه البيانات محور العمليات من التصميم إلى إدارة الموارد ومراقبة البناء.

الجيل التالي من المكاتب الرقمية: كيف يغير الذكاء الاصطناعي مساحة العمل

منذ قرن من الزمان تقريبًا، كانت البشرية تشهد بالفعل ثورة تكنولوجية مماثلة. فقد استغرق الانتقال من المحركات البخارية إلى المحركات الكهربائية أكثر من أربعة عقود، ولكنه في نهاية المطاف حفز نموًا غير مسبوق في الإنتاجية - وذلك في المقام الأول من خلال لامركزية الطاقة ومرونة الحلول الجديدة. لم يغير هذا التحول مجرى التاريخ فحسب، حيث نقل الجزء الأكبر من السكان من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية، بل أرسى أيضًا أسس الاقتصاد الحديث. إن تاريخ التكنولوجيا هو رحلة من العمل البدني إلى الأتمتة والأنظمة الذكية. فكما حلّ الجرار الزراعي محل عشرات الحراثين للتربة، تحل التكنولوجيا الرقمية الحديثة محل أساليب إدارة البناء التقليدية القائمة على المكاتب (الشكل3-10.1). ومنذ أوائل القرن العشرين، كان معظم سكان العالم يعملون في الأرض يدويًا إلى أن بدأت ميكنة العمل بالآلات والجرارات في ثلاثينيات القرن العشرين.



الشكل3-10.1-10.3 مثلما حل الجرار الزراعي محل عشرات الأشخاص في أوائل القرن العشرين، سيحل التعلم الآلي محل أساليب إدارة الأعمال والمشاريع التقليدية في القرن الحادي والعشرين.

مثلما انتقلت البشرية قبل مائة عام من زراعة قطع الأرض الفردية بأدوات بدائية إلى الزراعة على نطاق واسع باستخدام الآلات، فإننا اليوم ننتقل من معالجة "صوامع" المعلومات المتباينة إلى العمل مع صفائف من البيانات بمساعدة "جرارات" قوية - خط أنابيب ETL وخوارزميات الذكاء الاصطناعي.

نحن الآن على أعتاب قفزة مماثلة - ولكن على المستوى الرقمي: من إدارة الأعمال اليدوية التقليدية إلى النماذج القائمة على البيانات.

سيتطلب الطريق إلى بنية كاملة تعتمد على البيانات وقتاً واستثماراً وجهوداً تنظيمية. لكن هذا المسار يفتح الطريق ليس فقط للتحسين التدريجي، بل لتحقيق قفزة نوعية نحو مزيد من الكفاءة والشفافية وسهولة إدارة عمليات البناء. كل هذا مرهون بالإدخال المنهجي للأدوات الرقمية والتخلي عن ممارسات الأعمال القديمة.

> ستؤدي معلمات المهام، و ETL، و LLM ، ومكونات إنترنت الأشياء ، و RFID ، والترميز، والبيانات الضخمة والتعلم الآلي إلى تحويل البناء التقليدي إلى بناء يعتمد على البيانات، حيث سيتم التحكم في كل تفاصيل المشروع وأعمال البناء وتحسينها بواسطة البيانات.

كان الأمر يستغرق آلاف الساعات من العمل لتحليل المعلومات. أما الآن فيتم تنفيذ هذه المهام بواسطة الخوارزميات والخوارزميات التي تحول مجموعات البيانات المتباينة إلى مصادر استراتيجية باستخدام المطالبات. في عالم التكنولوجيا، يحدث نفس الشيء الذي حدث للزراعة: نحن ننتقل من المجرفة إلى الأعمال الزراعية المؤتمتة. وكذلك الأمر بالنسبة للأعمال المكتبية في مجال الإنشاءات - من ملفات Excel والتلخيص اليدوي - إلى نظام ذكي يتم فيه جمع البيانات وتنظيفها وتنظيمها وتحويلها إلى رؤى.

يجب على الشركات اليوم أن تبدأ بالفعل في "زراعة" حقول المعلومات عن طريق جمع البيانات عالية الجودة وهيكلة المعلومات، و"تسميدها" بأدوات التنظيف والتطبيع، ثم "حصادها" في شكل تحليلات تنبؤية وحلول آلية. إذا كان المزارع الحديث المزوّد بآلة قادرة على استبدال مائة حارث للتربة، فإن الخوارزميات الذكية ستكون قادرة على إزالة

الروتين من الموظفين ونقلهم إلى دور المديرين الاستراتيجيين لتدفق المعلومات.

ومع ذلك، من المهم أن نفهم أن إنشاء نظام بيئي حقيقي قائم على البيانات - التنظيم ليس عملية سريعة. إنه توجه استراتيجي طويل الأمد، يشبه إنشاء موقع جديد لزراعة غابة جديدة (الشكل5-1.2) من الأنظمة، حيث تكون كل "شجرة" في هذا النظام البيئي عملية أو كفاءة أو أداة منفصلة تستغرق وقتًا لتنمو وتتطور. وكما هو الحال في الغابة الحقيقية، لا يعتمد النجاح على جودة مواد الزراعة (التكنولوجيا) فحسب، بل يعتمد أيضًا على التربة (ثقافة الشركة) والمناخ (بيئة العمل) والرعاية (نهج النظم).

لن تتمكن الشركات بعد الآن من الاعتماد فقط على الحلول المغلقة الجاهزة. وعلى عكس المراحل السابقة من التطور التكنولوجي، فإن الانتقال الحالي - إلى الوصول المفتوح إلى البيانات والذكاء الاصطناعي والمصدر المفتوح - من غير المرجح أن يدعمه كبار البائعين، لأنه يهدد بشكل مباشر نماذج أعمالهم الراسخة وتدفقات إيراداتهم الأساسية.

وكما أظهرت دراسة كلية هارفارد للأعمال [40]، والتي سبق مناقشتها في الفصل الخاص بالثورتين التكنولوجيتين الرابعة والخامسة، فإن تكلفة إنشاء الحلول مفتوحة المصدر الأكثر استخدامًا من الصفر لجميع الشركات ستبلغ حوالي 4.15 مليار دولار. أما إذا تخيلنا أن كل شركة ستقوم بتطوير بدائلها الخاصة دون الوصول إلى الأدوات مفتوحة المصدر الموجودة، وهو ما كان يحدث خلال العقود الماضية، فإن إجمالي تكاليف الأعمال قد يصل إلى 8.8 تريليون دولار - وهذا هو سعر الطلب غير العقلاني الذي يمكن تقييم سوق البرمجيات به.

سيؤدي التقدم التكنولوجي حتمًا إلى إعادة التفكير في نماذج الأعمال القائمة. ففي حين أن الشركات كانت قادرة على جني الأموال من العمليات المعقدة والمبهمة والبيانات المغلقة، مع تطور الذكاء الاصطناعي والتحليلات أصبح هذا النهج أقل قابلية للتطبيق.

نتيجة لإضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات والأدوات، قد يتقلص سوق مبيعات البرمجيات التقليدية بشكل كبير. ولكن، في الوقت نفسه، ستنمو سوق جديدة - سوق الخبرة الرقمية والتخصيص والتكامل وتصميم الحلول. هنا، لن تأتي القيمة من مبيعات التراخيص، ولكن من القدرة على بناء عمليات رقمية مرنة ومفتوحة وقابلة للتكيف. ومثلما أفرزت الكهرباء وظهور الجرارات صناعات جديدة، كذلك سيفتح تطبيق البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي و LLM آفاقاً جديدة تماماً للأعمال في قطاع الإنشاءات، وهو ما سيتطلب ليس فقط الاستثمار التكنولوجي ولكن أيضاً تحولاً عميقاً في العقليات والعمليات والهياكل التنظيمية. وتلك الشركات والمهنيين الذين يدركون ذلك ويبدأون العمل اليوم سيكونون قادة الغد.

في عالم أصبحت فيه البيانات المفتوحة أحد الأصول الرئيسية، سيؤدي توافر المعلومات إلى تغيير قواعد اللعبة. سيطالب المستثمرون والعملاء والمنظمون بالشفافية بشكل متزايد، وستكون خوارزميات التعلم الآلي قادرة على تحديد التناقضات في التقديرات والجداول الزمنية والتكاليف تلقائيًا. وهذا يهيئ الظروف لمرحلة جديدة من التحول الرقمي، وهو ما يقودنا تدريجياً إلى "الأوبرية " في صناعة الإنشاءات.

البيانات المفتوحة و"أوبر" تشكل تهديدًا لأعمال الإنشاءات الحالية

أصبح البناء عملية إدارة معلومات. فكلما زادت دقة وجودة واكتمال البيانات، زادت كفاءة التصميم والحسابات وتقديرات التكلفة والتشييد وتشغيل المباني. في المستقبل، لن يكون المورد الرئيسي في المستقبل هو الرافعة والخرسانة وحديد التسليح، بل القدرة على جمع المعلومات وتحليلها واستخدامها.

في المستقبل، سيستفيد عملاء شركات الإنشاءات - المستثمرون والعملاء الذين يمولون الإنشاءات - حتماً من قيمة البيانات المفتوحة والتحليلات من البيانات التاريخية. سيتيح ذلك فرصًا لأتمتة حساب الجداول الزمنية للمشروع وتكاليفه، دون إشراك شركات الإنشاءات في قضايا تقدير التكاليف ، مما سيساعد على التحكم في التكاليف وتحديد التكاليف الزائدة عن الحاجة بسرعة أكبر.

تخيل موقع بناء تقوم فيه الماسحات الضوئية الليزرية والمروحيات الرباعية وأنظمة القياس التصويري بجمع بيانات دقيقة في الوقت الفعلي عن كميات الخرسانة المستخدمة. يتم تحويل هذه المعلومات تلقائيًا إلى نماذج مسطحة بسيطة مسطحة - نماذج ذات بيانات وصفية، متجاوزة أنظمة (BIM) CAD المرهقة، دون الاعتماد على النواة الهندسية المعقدة أو ERP أو PMIS. يتم نقل هذه البيانات التي يتم جمعها من موقع البناء بشكل مركزي إلى مستودع واحد منظم، متاح للعميل لإجراء تحليل مستقل، حيث يتم تحميل الأسعار الحقيقية من محلات البناء المختلفة، مع معلمات تتراوح بين معدل التمويل الائتماني والعوامل المتغيرة ديناميكيًا مثل الظروف الجوية وأسعار البورصة لمواد البناء والتعريفات اللوجستية والتقلبات الموسمية الإحصائية في أسعار العمالة. في ظل هذه الظروف، تصبح أي اختلافات بين التصميم وأحجام المواد الفعلية واضحة على الفور، مما يجعل من المستحيل التلاعب بالتقديرات سواء في مرحلة التصميم أو عند تسليم المشروع. ونتيجة لذلك، فإن شفافية عملية البناء لا تتحقق من خلال جيش من المشرفين والمديرين، ولكن من خلال البيانات الرقمية الموضوعية، مما يقلل من العامل البشري وإمكانية المضاربة.

في المستقبل، سيقوم بهذا النوع من أعمال التحكم في البيانات بالأحرى مديرو البيانات من جانب العميل (الشكل 4-1.2 مدير نظام إدارة الجودة). وينطبق هذا الأمر بشكل خاص على الحسابات وتقديرات المشاريع: فبينما كان هناك قسم كامل من المقدرين، سيكون هناك غدًا أدوات للتعلم الآلي والتنبؤات التي ستضع حدودًا للأسعار لشركات المقاولات لتتناسب مع الأسعار.

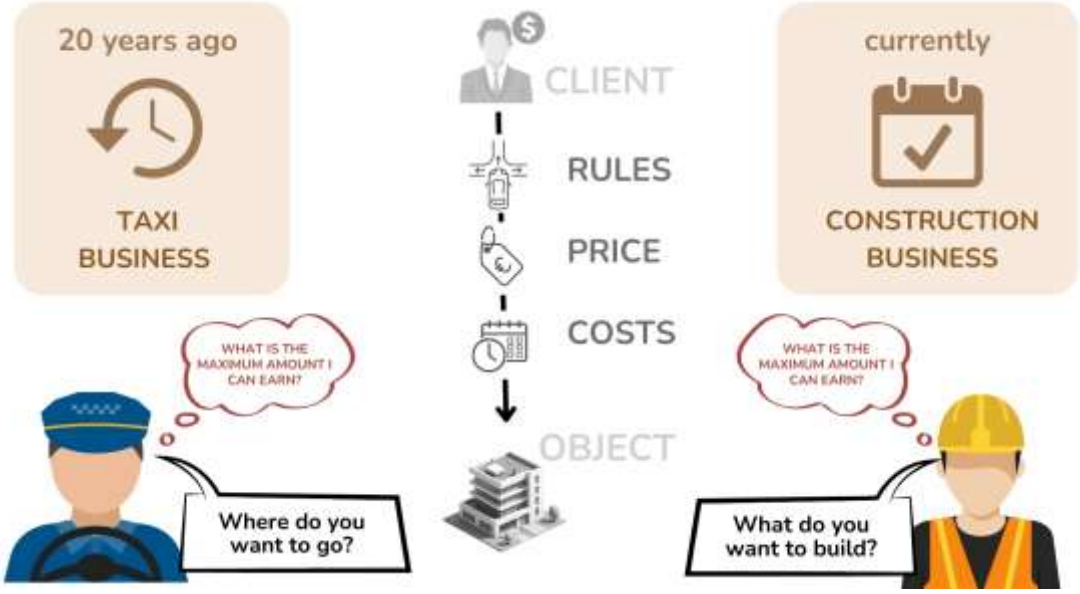
> **نظرًا للطبيعة المجزأة لصناعة [البناء]، حيث يتم توريد معظم الأنظمة والأنظمة الفرعية من قبل الشركات الصغيرة والمتوسطة، يجب أن تأتي الاستراتيجية الرقمية من العميل. يجب على العملاء تهيئة الظروف والآليات اللازمة لإطلاق القدرات الرقمية لسلسلة التوريد [20].**
>
> **- أندرو ديفيس وجوليانو دينيكول، أكسنتشر "خلق المزيد من القيمة من خلال المشاريع الرأسمالية"**

ويشكل هذا الانفتاح والشفافية في البيانات تهديداً لشركات الإنشاءات التي اعتادت على جني الأموال من العمليات المبهمة والتقارير المربكة، حيث يمكن إخفاء المضاربة والتكاليف الخفية وراء التنسيقات المعقدة والمغلقة ومنصات البيانات المعيارية المسجلة الملكية. لذلك، من غير المرجح أن تكون شركات الإنشاءات، كما هو الحال مع البائعين الذين يروجون للحلول مفتوحة المصدر، مهتمة على الأرجح بتطبيق البيانات المفتوحة بالكامل في عملياتها التجارية. إذا كانت البيانات متوفرة وسهلة المعالجة بالنسبة للعميل، فيمكن التحقق منها تلقائيًا، مما يلغي إمكانية المبالغة في تقدير الأحجام والتلاعب بالتقديرات.

> ووفقًا لتقرير المنتدى الاقتصادي العالمي "تشكيل مستقبل البناء" (2016) [5] الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي، يظل الدور السلبي للعميل أحد التحديات الرئيسية التي تواجه الصناعة. ومع ذلك، فإن العملاء هم الذين يجب أن يتحملوا مسؤولية أكبر عن نتائج المشاريع - من التخطيط المبكر، إلى اختيار نماذج مستدامة للتفاعل، إلى مراقبة الأداء. ومن دون المشاركة النشطة لأصحاب المشاريع، فإن التحول المنهجي لصناعة البناء والتشييد أمر مستحيل.

وقد أدى فقدان السيطرة على حسابات الحجم والتكلفة إلى تغيير صناعات أخرى بالفعل على مدار العشرين عامًا الماضية، مما سمح للعملاء بالوصول إلى أهدافهم مباشرةً دون وسطاء. وقد أدت الرقمنة وشفافية البيانات إلى تغيير العديد من نماذج الأعمال التقليدية، مثل سائقي سيارات الأجرة مع ظهور أوبر (الشكل4-10.1)، وأصحاب الفنادق مع

وصول Airbnb، وتجار التجزئة والمتاجر مع ظهور أمازون، والبنوك مع ظهور البنوك الجديدة والنظم الإيكولوجية اللامركزية للتكنولوجيا المالية، حيث أدى الوصول المباشر إلى المعلومات وأتمتة حسابات الوقت والتكلفة إلى تقليص دور الوسطاء بشكل كبير.



الشكل10.1-10.4 ستواجه أعمال الإنشاءات ما واجهه سائقو سيارات الأجرة وأصحاب الفنادق وتجار التجزئة قبل 10 سنوات.

لا مفر من عملية إضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات وأدوات معالجتها، وبمرور الوقت، ستصبح البيانات المفتوحة على جميع مكونات المشروع مطلبًا للعملاء ومعيارًا جديدًا. لذلك، سيتم الترويج لقضايا إدخال التنسيقات المفتوحة والحسابات الشفافة من قبل المستثمرين والعملاء والبنوك وصناديق الأسهم الخاصة (الأسهم الخاصة) - أولئك الذين هم المستخدمون النهائيون للأشياء المبنية ومن ثم تشغيل الكائن لعقود.

> يطالب كبار المستثمرين والعملاء والبنوك بالفعل بالشفافية في صناعة البناء والتشييد. ووفقاً لدراسة أجرتها شركة Accenture بعنوان "خلق المزيد من القيمة من خلال المشاريع الرأسمالية" (2020) [20]، أصبحت البيانات الشفافة والموثوقة عاملاً حاسماً في اتخاذ القرارات الاستثمارية في مجال البناء. وكما يشير الخبراء، فإن إدارة المشاريع الجديرة بالثقة والفعالة مستحيلة بدون الشفافية، خاصة في أوقات الأزمات. وبالإضافة إلى ذلك، يتجه مالكو الأصول والمقاولون بشكل متزايد نحو إبرام عقود تحفز على مشاركة البيانات والتحليلات التعاونية، مما يعكس المطالب المتزايدة من المستثمرين والبنوك والجهات التنظيمية للمساءلة والشفافية.

ستكون حركة المستثمر، أي العميل من الفكرة إلى المبنى النهائي، في المستقبل أشبه بالسفر على الطيار الآلي - بدون سائق في شكل شركة بناء، ويعد بأن يصبح مستقلاً عن المضاربة وعدم اليقين.

إن عصر البيانات المفتوحة والأتمتة سيغير حتمًا أعمال البناء، تمامًا كما حدث بالفعل في الأعمال المصرفية والتجارة والزراعة والخدمات اللوجستية. في هذه الصناعات، يفسح دور الوسطاء والطرق التقليدية لممارسة الأعمال التجارية المجال أمام الأتمتة والأتمتة، مما لا يترك مجالاً للزيادات غير المبررة والمضاربة.

لا تختلف البيانات والعمليات في جميع الأنشطة الاقتصادية البشرية عن تلك التي يتعين على المتخصصين في صناعة البناء والتشييد التعامل معها. فعلى المدى الطويل، قد تفقد شركات الإنشاءات، التي تهيمن اليوم على السوق من خلال تحديد معايير السعر وجودة الخدمة، دورها كوسيط رئيسي بين العميل ومشروع البناء الخاص به.

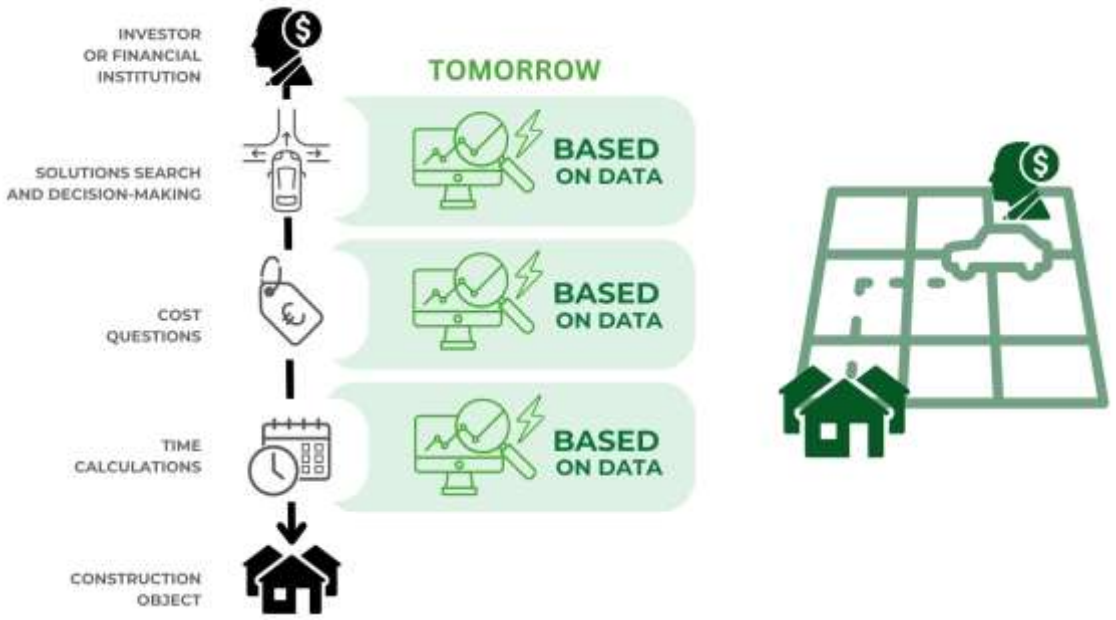
المشاكل التي لم يتم حلها كفرصة أخيرة لاستغلال الوقت في التحول

ولكن دعونا نعود إلى واقع صناعة الإنشاءات. فبينما تظهر السيارات ذاتية القيادة والأنظمة المالية اللامركزية والحلول القائمة على الذكاء الاصطناعي في بعض قطاعات الاقتصاد ، لا تزال نسبة كبيرة من شركات الإنشاءات مؤسسات قائمة على الورق حيث يتم اتخاذ القرارات الرئيسية على أساس حدس وخبرة المتخصصين الأفراد.

في هذا النموذج، يمكن مقارنة شركة الإنشاءات الحديثة بشركة إنشاءات حديثة بشركة سيارات أجرة عمرها 20 عامًا تتحكم في الموارد والطرق ومواعيد التسليم، وهي مسؤولة عن توقيت وتكلفة "الرحلة" - بدءًا من فكرة المشروع (عملية اللوجستيات والتركيب) وحتى تسليم المشروع. وكما أن نظام تحديد المواقع العالمي لتحديد المواقع (في مجال الإنشاءات ، وخوارزميات التعلم الآلي) وخوارزميات التعلم الآلي في حسابات الوقت/التكلفة التي حولت مجال النقل، فإن البيانات والخوارزميات والذكاء الاصطناعي - الوكلاء لديهم القدرة على تحويل إدارة الإنشاءات - من التقييمات البديهية إلى النماذج التنبؤية الموجهة. على مدار العشرين عامًا الماضية، شهدت العديد من الصناعات - التمويل والزراعة وتجارة التجزئة والخدمات اللوجستية - اختفاء القدرة على التكهن من خلال غموض البيانات تدريجيًا. يتم حساب الأسعار أو تكاليف التسليم أو المعاملات المالية بشكل تلقائي وسليم إحصائيًا - في ثوانٍ معدودة على المنصات الرقمية.

وبالنظر إلى المستقبل، تحتاج شركات الإنشاءات إلى إدراك أن إضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات وأدوات تحليلها سيؤدي إلى تعطيل النهج التقليدي لتقدير تكاليف المشروع والجداول الزمنية وإزالة فرصة المضاربة على بيانات الحجم والسعر المبهمة.

مثل القيادة على طريق منظم دون تدخل السائق، فإن عمليات البناء في المستقبل ستشبه بشكل متزايد نظام "أوبر" - مع تقدير الوقت والتكلفة آلياً، وتوجيه المهام بشفافية والاعتماد على الحد الأدنى من الاعتماد على العوامل البشرية. سيؤدي ذلك إلى تغيير طبيعة "الرحلة" ذاتها من الفكرة إلى التنفيذ - مما يجعلها أكثر قابلية للتنبؤ بها وإدارتها والاعتماد على البيانات.



الشكل10.5-10.1 سيتم تحديد التكلفة ووقت "السفر" أثناء البناء باستخدام التعلم الآلي والأدوات الإحصائية.

مع الإدخال التدريجي للوائح والمتطلبات الجديدة في كل بلد في العالم تقريبًا، والتي تلزم نقل النماذج (BIM) -CAD إلى العملاء أو البنوك التي تمول مشاريع البناء، تتاح للعميل والعميل فرصة ضمان شفافية حسابات التكلفة والنطاق بشكل مستقل. هذا الأمر مهم بشكل خاص لكبار العملاء والمستثمرين ، الذين لديهم الكفاءات والأدوات الكافية لتحليل الأحجام على الفور ومراقبة أسعار السوق. بالنسبة للشركات التي تنفذ مشاريع قياسية واسعة النطاق - المحلات التجارية ومباني المكاتب والمجمعات السكنية - أصبحت هذه الممارسات قياسية.

ومع ازدياد اكتمال محتوى المعلومات في النماذج وتوحيدها، تختفي فعلياً إمكانية التلاعب والمضاربة. إن التحول

الرقمي يغير تدريجياً قواعد اللعبة في صناعة البناء والتشييد، والشركات التي لا تتكيف مع هذه التغييرات قد تواجه تحديات خطيرة.

> من المحتمل أن تؤثر المنافسة المتزايدة وتعطل التكنولوجيا وتقلص هوامش الربح على استدامة الأعمال. ومع محدودية السيولة، يتجه المزيد والمزيد من الجهات الفاعلة في الصناعة إلى الأتمتة والتحليلات وتقنيات البيانات كوسيلة لتحسين الكفاءة وشفافية العمليات. أصبحت هذه الأدوات موردًا مهمًا للحفاظ على قدرتها التنافسية في بيئة اقتصادية متغيرة.

ربما لا ينبغي لنا أن ننتظر الظروف الخارجية لفرض إجراءات عاجلة، فمن الأجدى أن نبدأ الاستعداد من اليوم من خلال تعزيز الكفاءات الرقمية وتنفيذ الحلول الحديثة وبناء ثقافة تركز على البيانات.

تتمثل إحدى العوائق التكنولوجية الرئيسية الأخيرة للتحول الرقمي واسع النطاق في صناعة البناء والتشييد، والتي ستؤثر على كل شركة في السنوات القادمة، في مشكلة التصنيف التلقائي لعناصر لمشاريع البناء.

> بدون تصنيف موثوق ودقيق وقابل للتطوير، من المستحيل إنشاء أساس للتحليلات الكاملة وأتمتة العمليات وإدارة دورة الحياة باستخدام الذكاء الاصطناعي والنماذج التنبؤية. طالما أن تصنيف الكائنات لا يزال يعتمد على التفسير اليدوي من قبل متخصصين ذوي خبرة - رؤساء العمال والمصممين والمقدّرين - فإن صناعة البناء والتشييد لا تزال لديها فرصة سانحة. يمكن استخدام هذا الوقت للاستعداد للتغييرات الحتمية: زيادة الطلب على الشفافية، وإضفاء الطابع الديمقراطي على الأدوات والبيانات، وظهور أنظمة التصنيف الآلي التي ستغير قواعد اللعبة بشكل جذري.

يمكن مقارنة مهمة التصنيف التلقائي لعناصر عالم البناء في تعقيدها بمهمة التعرف على الأجسام في أنظمة القيادة غير المأهولة، وهو أحد التحديات الرئيسية. لنتخيل سيارة غير مأهولة تنتقل من النقطة أ إلى النقطة ب (الشكل

5-10.1). تتعثر أنظمة القيادة الآلية الحالية بسبب مشكلة تصنيف الأجسام التي يتم التعرف عليها بواسطة الليدار والكاميرات. لا يكفي للسيارة أن "ترى" ببساطة عائقاً أو معلماً بارزاً، بل يجب أن تكون قادرة على التعرف على ما إذا كان أحد المشاة أو علامة طريق أو صندوق قمامة.

هناك تحدٍ أساسي مماثل يواجه صناعة الإنشاءات بأكملها. يمكن تسجيل عناصر المشروع - مثل النوافذ أو الأبواب أو الأعمدة - في الوثائق، أو تمثيلها في نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب، أو تصويرها في موقع البناء أو التعرف عليها في السحب النقطية من المسح بالليزر. ومع ذلك، فإن التعرف البصري أو الهندسي التقريبي لا يكفي لبناء نظام آلي حقيقي لإدارة المشروع. فمن الضروري التأكد من تصنيف كل عنصر بدقة واتساق في نوع يمكن التعرف عليه بشكل فريد في جميع العمليات اللاحقة - من التقديرات والمواصفات إلى الخدمات اللوجستية ومراقبة المخزون والأهم من ذلك العمليات (الشكل6-4.2).

في هذه المرحلة - الانتقال من التعرف إلى التصنيف الهادف - تنشأ إحدى العقبات الرئيسية. فحتى لو كانت النظم الرقمية قادرة من الناحية التقنية على تمييز وتحديد الأشياء في النماذج وفي موقع البناء، فإن الصعوبة الرئيسية تكمن في التعريف الصحيح والمستقر من حيث السياق لنوع العنصر في بيئات البرمجيات المختلفة.. على سبيل المثال، قد يتم تسمية الباب من قبل المصمم في نموذج التصميم بمساعدة الحاسوب كعنصر من فئة "باب"، ولكن عند نقله إلى نظام تخطيط موارد المؤسسات أو نظام معلومات إدارة المشاريع، قد تتم كتابته بشكل غير صحيح، إما بسبب خطأ من جانب المصمم أو بسبب عدم الاتساق بين الأنظمة. وعلاوة على ذلك، غالبًا ما يفقد العنصر بعض السمات المهمة أو يختفي من محاسبة النظام أثناء تصدير البيانات واستيرادها. وهذا يؤدي إلى فجوة في تدفق البيانات ويقوض مبدأ الرقمنة الشاملة لعمليات البناء. وهذا يخلق فجوة حرجة بين المعنى الدلالي "المرئي" والمعنى الدلالي "المفهوم"، مما يقوض سلامة البيانات ويعقد بشكل كبير أتمتة العمليات طوال دورة حياة مشروع البناء بأكملها.

سيكون حل مشكلة التصنيف الشامل لعناصر البناء باستخدام البيانات الضخمة وتقنيات التعلم الآلي (الشكل

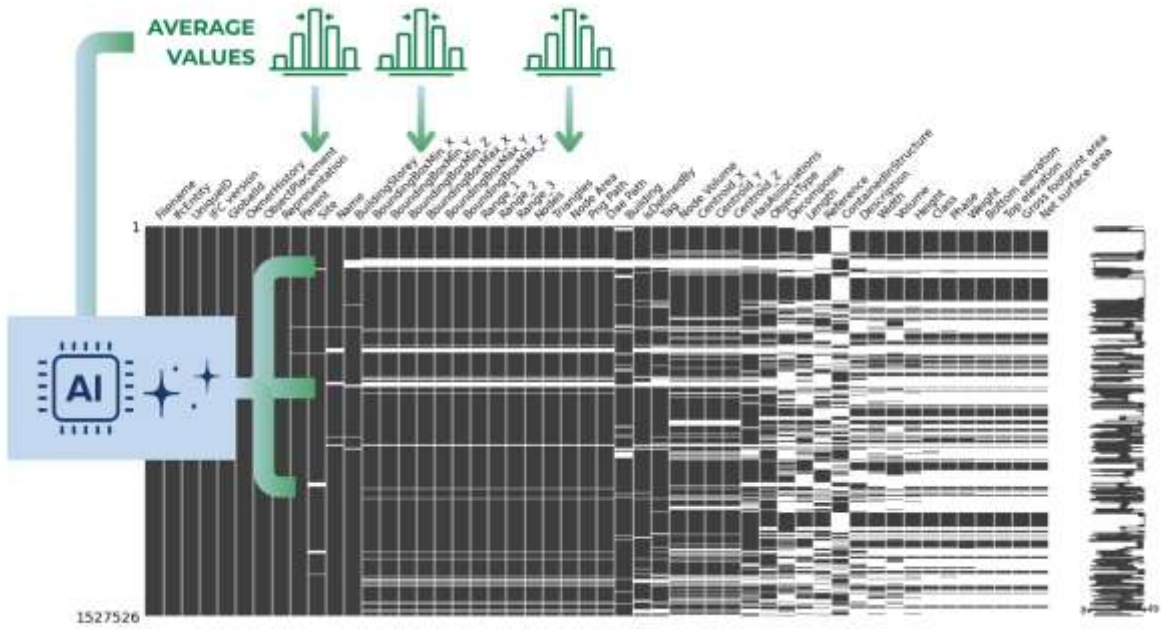
6-10.1) حافزًا للتحول على مستوى الصناعة - وربما اكتشافًا غير متوقع للعديد من شركات الإنشاءات. سيكون نظام التصنيف الموحد القابل للتعلم هو الأساس للتحليلات القابلة للتطوير والإدارة الرقمية واعتماد الذكاء الاصطناعي في الممارسات اليومية لمؤسسات البناء.

تقدم شركة NVIDIA وغيرها من الشركات الرائدة في مجال التكنولوجيا بالفعل حلولاً في صناعات أخرى يمكنها تصنيف وهيكلة كميات هائلة من المعلومات النصية والمرئية تلقائيًا.

> على سبيل المثال، يتخصص نموذج NeMo Curator [161] من NVIDIA في تصنيف البيانات وتصنيفها تلقائيًا إلى فئات محددة مسبقًا، ويلعب دورًا رئيسيًا في تحسين خطوط أنابيب معالجة المعلومات من أجل الضبط الدقيق والتدريب المسبق لنماذج الذكاء الاصطناعي التوليدية. يتم تدريب منصة Cosmos على مشاهد فيديو واقعية وثلاثية الأبعاد [162]، مما يوفر أساسًا للأنظمة المستقلة والتوائم الرقمية التي يتم بناؤها بالفعل في النظام البيئي لإنفيديا. NVIDIA Omniverse، الذي أصبح بحلول عام 2025 الأداة الرائدة للعمل بتنسيق USD، وهو وصف عالمي للمشهد يمكن أن يحل في نهاية المطاف محل تنسيق IFC في عمليات نقل معلومات التصميم. وتمثل حلول مثل NeMo Curator و Cosmos و Omniverse، إلى جانب Isaac Sim، وهو محاكي العمليات الروبوتية [163]، مستوى جديدًا من الأتمتة: من تنظيف البيانات وتصفيتها إلى إنشاء مجموعة التدريب، ونمذجة خصائص الكائنات، وتدريب الروبوت في موقع البناء. وجميع هذه الأدوات مجانية ومفتوحة المصدر، مما يقلل بشكل كبير من العوائق التي تحول دون اعتمادها في ممارسات الهندسة والبناء.

التصنيف التلقائي للبيانات على مستوى الجداول المنظمة ليس مهمة صعبة كما قد تبدو للوهلة الأولى. فكما أوضحنا في الفصل السابق (الشكل10-9.1)، من الممكن تعويض قيم الفئات المفقودة أو غير الصحيحة على أساس معلمات مماثلة لعناصر أخرى إذا كانت هناك بيانات تاريخية متراكمة. إذا تم بالفعل تصنيف العناصر ذات الخصائص المتشابهة بشكل صحيح في العديد من المشاريع المكتملة، يمكن للنظام اقتراح قيمة مناسبة لعنصر

جديد أو غير مكتمل باحتمالية عالية (الشكل6-10.1). يمكن أن يكون هذا المنطق، القائم على متوسط القيم وتحليل السياق، فعالاً بشكل خاص عند المعالجة الجماعية للبيانات المجدولة القادمة من التقديرات أو المواصفات أو نماذج التصميم بمساعدة الحاسوب.



الشكل6-10.1 التعلم الآلي يمكن أن يساعدك في العثور تلقائيًا على متوسط قيم معلمات الجدول غير المعبأة (المربعات البيضاء) استنادًا إلى المشاريع السابقة.

على خلفية هذا التقدم السريع في مجال التعلم الآلي، من الواضح أنه في عام 2025، من السذاجة الاعتقاد بأن مشكلة تصنيف عناصر البناء آلياً ستبقى دون حل لفترة طويلة. صحيح أن الخوارزميات الحالية لم تصل بعد إلى مرحلة النضج الكامل، خاصةً مع البيانات غير المكتملة أو غير المتجانسة، ولكن نافذة الفرصة للتكيف تنغلق بسرعة.

ستكون الشركات التي تستثمر بالفعل في جمع بياناتها وتنظيفها وتنظيمها، بالإضافة إلى اعتماد أدوات أتمتة

عمليات تحويل البيانات إلى بيانات إلكترونية، في وضع أفضل. أما البقية فتواجه خطر التخلف عن الركب - تماماً كما فشلت الشركات في السابق في مواجهة تحديات التحول الرقمي في قطاعي النقل والتمويل

أما أولئك الذين يستمرون في الاعتماد على إدارة البيانات يدويًا والأساليب التقليدية لتقدير التكلفة والوقت فيخاطرون بأن يجدوا أنفسهم في وضع أساطيل سيارات الأجرة في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، غير قادرين على التكيف مع عصر تطبيقات الأجهزة المحمولة وحسابات المسارات الآلية بحلول أوائل العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين.

الفصل 10.2.

دليل عملي لتنفيذ نهج قائم على البيانات

من النظرية إلى الممارسة: خارطة طريق للتحول الرقمي في مجال الإنشاءات

تدخل صناعة البناء والتشييد تدريجياً مرحلة جديدة من التطور، حيث يتم استكمال العمليات المألوفة بشكل متزايد - وأحياناً استبدالها - بمنصات رقمية ونماذج تفاعل شفافة. وهذا لا يطرح على الشركات تحديات فحسب، بل يتيح لها فرصاً كبيرة أيضاً. لن تتمكن تلك المؤسسات التي تقوم بالفعل ببناء استراتيجية رقمية طويلة الأجل اليوم من الحفاظ على مكانتها في السوق فحسب، بل ستتمكن أيضًا من توسيعها من خلال تقديم مناهج حديثة للعملاء وحلول موثوقة ومدعومة تقنيًا.

> من المهم إدراك أن معرفة المفاهيم والتقنيات ليست سوى نقطة البداية. يواجه المديرون والمتخصصون سؤالاً عملياً: من أين يبدأ التنفيذ وكيفية تحويل الأفكار النظرية إلى قيمة حقيقية. بالإضافة إلى ذلك، يبرز السؤال الذي يطرح نفسه بشكل متزايد: ما الذي ستستند إليه الأعمال إذا كانت الأساليب التقليدية لتقدير التكاليف والتوقيت يمكن مراجعتها من قبل العميل في أي وقت.

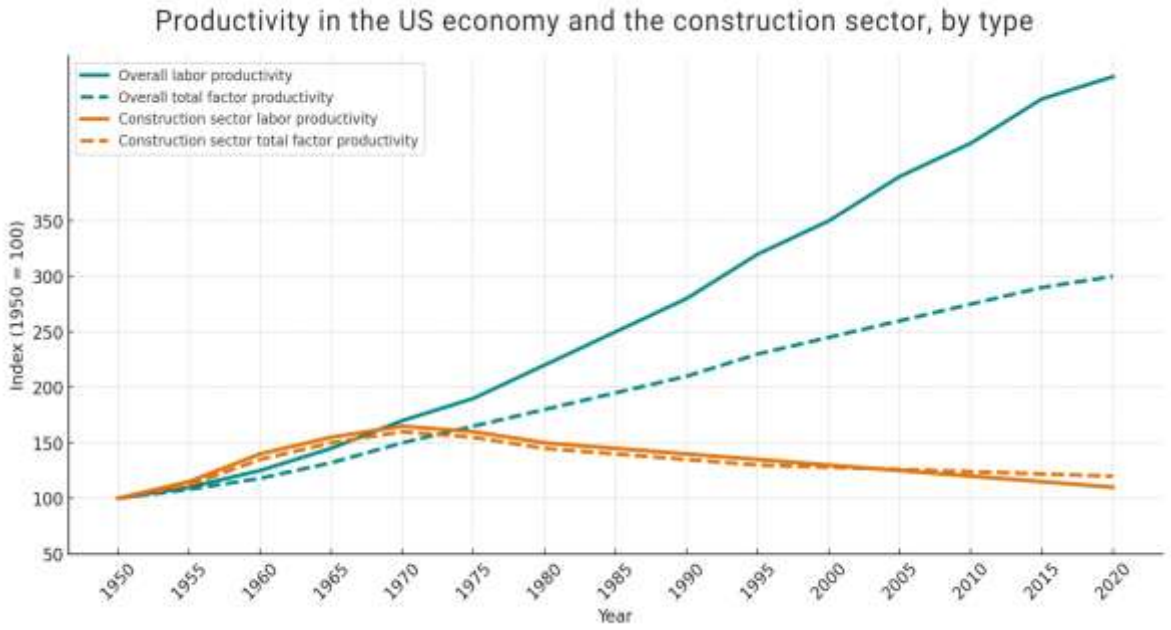
ربما لا تكمن الإجابة على الأرجح في التكنولوجيا بقدر ما تكمن في تشكيل ثقافة مهنية جديدة يُنظر فيها إلى العمل مع البيانات كجزء لا يتجزأ من الممارسة اليومية. فعدم الاهتمام بالتكنولوجيا الرقمية والابتكار هو الذي أوقع صناعة البناء والتشييد في التخلف الخطير الذي لوحظ على مدى العقود الماضية [43].

> ووفقًا لماكينزي، فإن نفقات البحث والتطوير في صناعة البناء والتشييد أقل من 1% من الإيرادات، بينما يصل هذا الرقم في صناعات السيارات والفضاء إلى 3.5-4.5%. وبالمثل، تظل تكاليف تكنولوجيا المعلومات في قطاع الإنشاءات أقل من 1% من إجمالي الإيرادات [107].

ونتيجة لذلك، لا ينخفض مستوى الأتمتة فحسب، بل تتراجع إنتاجية العمالة في قطاع الإنشاءات أيضًا، وبحلول عام 2020، سيصبح إنتاج عامل البناء أقل مما كان عليه قبل نصف قرن (الشكل1-10.2)

إن مشاكل الإنتاجية هذه في قطاع التشييد شائعة في معظم البلدان المتقدمة والنامية (انخفضت إنتاجية قطاع التشييد في 16 بلداً من أصل 29 بلداً من بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (الشكل2-1-2)، وهي لا تشير إلى نقص التكنولوجيا فحسب، بل أيضاً إلى الحاجة إلى تغييرات منهجية في النهج المتبعة في الإدارة والتدريب والابتكار.

> لا يعتمد نجاح التحول الرقمي على عدد الأدوات وتوافرها بقدر ما يعتمد على قدرة المؤسسات على مراجعة عملياتها وتطوير ثقافة منفتحة على التغيير. ليست التكنولوجيا في حد ذاتها هي المفتاح، بل الأشخاص والعمليات التي تضمن استخدامها الفعال ودعم التعلم المستمر وتشجيع قبول الأفكار الجديدة.



الشكل10-2-10 مفارقة إنتاجية العمالة وإجمالي إنتاجية الموارد في اقتصاد الولايات المتحدة وقطاع البناء (1950-2020) (استنادًا إلى [43]).

في الأجزاء الأولى من الكتاب، تمت مقارنة نموذج بيئة الأعمال بالنظام الإيكولوجي للغابات (الشكل2-1-2-2 ، الشكل2-1 ، الشكل 1-2-4، الشكل2-3-1). في الغابة السليمة، تلعب الحرائق الدور الرئيسي في التجديد طويل الأجل في الغابات السليمة، على الرغم من قوتها التدميرية. فهي تنظف التربة من النباتات القديمة وتعيد المغذيات المخزنة وتخلق مساحة لحياة جديدة. حتى أن بعض أنواع النباتات تطورت بحيث لا تتفتح بذورها إلا عند تعرضها لدرجات حرارة عالية من الحرائق - وهي آلية طبيعية توفر الوقت المثالي للإنبات.

وبالمثل في مجال الأعمال التجارية، يمكن للأزمات أن تكون بمثابة "الإرهاق المضبوط"، مما يشجع على ظهور نهج وشركات جديدة غير مرتبطة بأنظمة عفا عليها الزمن. وتجبر مثل هذه الفترات على التخلي عن الممارسات غير الفعالة، مما يحرر الموارد للابتكار. ومثلما تبدأ الغابة بعد الحريق بنباتات رائدة، كذلك الأمر بالنسبة للأعمال التجارية بعد الأزمات التي تلي الأزمات التي تشكل عمليات جديدة ومرنة تصبح أساسًا لبيئة معلوماتية ناضجة.

ستصل الشركات التي تنجح في تفسير "حرائق الإشارات" هذه بشكل صحيح وتحويل طاقتها التخريبية إلى تغيير

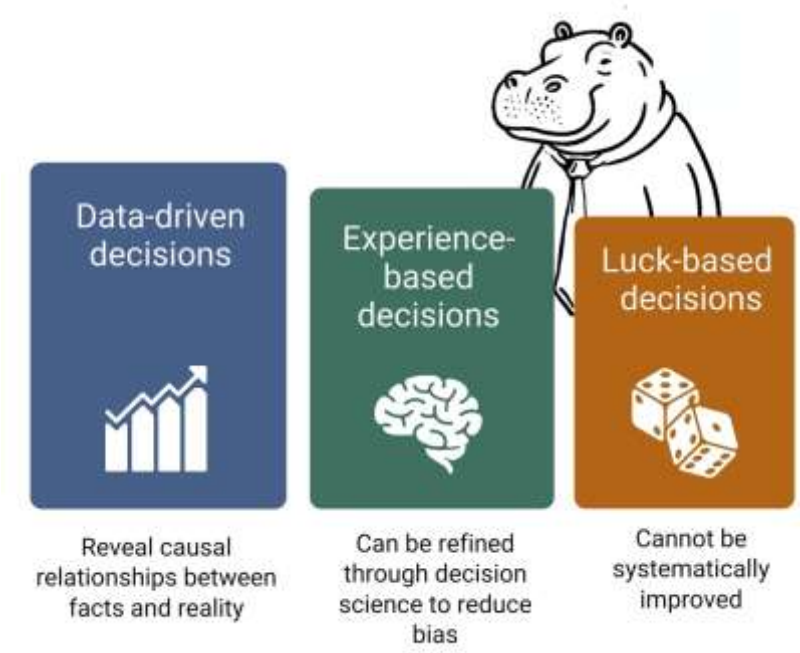
بنّاء إلى مستوى جديد من الأداء - مع عمليات بيانات أكثر شفافية وتكيّفًا تعزز قدرة المؤسسة الطبيعية على التجديد والنمو.

> لم يعد هناك شك في التأثير المتزايد للذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي على بيئة الأعمال. وهذا ليس مجرد اتجاه مؤقت، بل ضرورة استراتيجية. فالشركات التي تتجاهل الذكاء الاصطناعي ، تخاطر بفقدان قدرتها التنافسية في سوق تشجع بشكل متزايد على الابتكار والمرونة.

إن المستقبل ينتمي إلى أولئك الذين لا يرون الذكاء الاصطناعي كأداة فحسب، بل كفرصة لإعادة التفكير في كل جانب من جوانب أعمالهم - بدءًا من تحسين العمليات إلى اتخاذ القرارات الإدارية.

وضع الأساس الرقمي: 1-5 خطوات للنضج الرقمي

في هذا الفصل، نلقي نظرة على خارطة طريق التحول الرقمي ونحدد الخطوات الرئيسية المطلوبة لتنفيذ نهج قائم على البيانات يمكن أن يساعد في تحويل ثقافة الشركة ونظام المعلومات في الشركة.



الشكل2-10-2-10.2 التحديث المنضبط واختيار الاستراتيجية: الحالة أو التجربة أو البيانات.

وفقًا لدراسة ماكينزي بعنوان "لماذا تفشل الاستراتيجيات الرقمية" (2018)، هناك خمسة أسباب على الأقل [164] وراء فشل الشركات في تحقيق أهداف التحول الرقمي

- **عدم وضوح التعاريف**: لدى المديرين التنفيذيين والمديرين مفاهيم مختلفة لما تعنيه كلمة "رقمي"، مما يؤدي إلى سوء الفهم والتناقضات.
- **سوء فهم الاقتصاد الرقمي**: تقلل العديد من الشركات من حجم التغييرات التي تحدثها الرقمنة في نماذج الأعمال وديناميكيات الصناعة (الشكل6-10.1).
- **تجاهل النظم الإيكولوجية**: تركز الشركات على الحلول التكنولوجية الفردية (صوامع البيانات)، متجاهلة الحاجة إلى الاندماج في النظم الإيكولوجية الرقمية الأوسع نطاقًا (الشكل2-2-2.2 ، الشكل12-4.1).
- **التقليل من شأن الرقمنة من قبل المنافسين**: لا يأخذ المديرون في الاعتبار أن المنافسين يتبنون بنشاط التقنيات الرقمية أيضًا، مما قد يؤدي إلى فقدان الميزة التنافسية.

- **عدم وجود ازدواجية في الرقمنة**: يقوم الرؤساء التنفيذيون بتفويض مسؤولية التحول الرقمي إلى مديرين تنفيذيين آخرين، مما يؤدي إلى بيروقراطية التحكم وإبطاء عملية التغيير.

تتطلب مواجهة هذه التحديات فهماً واضحاً ومواءمة للاستراتيجيات الرقمية على جميع مستويات المؤسسة. قبل بناء استراتيجية رقمية، من المهم فهم نقطة البداية. تميل العديد من المؤسسات إلى تبني أدوات ومنصات جديدة دون أن تكون لديها صورة كاملة عن الوضع الحالي.

الخطوة 1: قم بإجراء تدقيق لأنظمتك وبياناتك الحالية.

قبل تغيير العمليات، من المهم فهم ما هو موجود بالفعل. يتيح لك إجراء التدقيق تحديد نقاط الضعف في إدارة البيانات وفهم الموارد التي يمكن استخدامها. إن التدقيق هو نوع من "الأشعة السينية" لعمليات عملك. فهو يسمح لك بتحديد مجالات المخاطر وتحديد البيانات المهمة لمشروعك أو عملك وأيها ثانوي.

الإجراءات الرئيسية:

- ضع خريطة لبيئة تكنولوجيا المعلومات لديك (في Draw.io أو Lucidchart أو Miro أو Visio أو Canva). ضع قائمة بالأنظمة المستخدمة (تخطيط موارد المؤسسات ، والتصميم بمساعدة الحاسوب، وإدارة المحتوى في المؤسسة ، وإدارة المحتوى في المؤسسة ، وإدارة المحتوى في المؤسسة ، وإدارة المحتوى في المؤسسة وغيرها) المشاركة في عملياتك والتي ناقشناها في فصل "التقنيات وأنظمة الإدارة في البناء الحديث" (الشكل 1.2-4)
- تقييم مشكلات جودة البيانات لكل نظام فيما يتعلق بتكرار التكرارات والقيم المفقودة المحتملة والتناقضات في التنسيق في كل نظام.
- تحديد "نقاط الصعوبة" - الأماكن التي يمكن أن تتعطل فيها العمليات أو تتطلب في كثير من الأحيان تدخلاً يدويًا - عمليات الاستيراد والتصدير وعمليات التحقق الإضافية.

إذا كنت تريد أن يثق الفريق في التقارير، فعليك التأكد من صحة البيانات منذ البداية.

سيوضح لك تدقيق جودة البيانات ما هي البيانات:

- يحتاج إلى مزيد من التطوير (يجب إعداد عمليات تنظيف تلقائية أو تحويلات إضافية)
- إنها "قمامة" تسد الأنظمة فقط ويمكن التخلص منها بعدم استخدامها في العمليات بعد الآن.

من الممكن إجراء مثل هذا التدقيق بنفسك. ولكن من المفيد أحياناً الاستعانة بخبير استشاري خارجي - خاصةً من صناعات أخرى: فالمنظور الجديد والاستقلالية عن "خصوصيات" البناء سيساعدان على تقييم الوضع الراهن برصانة وتجنب المزالق المعتادة المتمثلة في التحيز لحلول وتقنيات معينة.

الخطوة 2: تحديد المعايير الرئيسية لمواءمة البيانات.

بعد التدقيق، من الضروري إنشاء قواعد مشتركة للعمل مع البيانات. وكما ناقشنا في الفصل المعنون "المعايير: من الملفات العشوائية إلى نموذج بيانات ذكي"، سيساعد ذلك على التخلص من تدفقات البيانات المنعزلة.

وبدون معيار واحد، سيستمر كل فريق في العمل "بطريقته الخاصة" وستحافظ على "حديقة حيوانات" من عمليات التكامل حيث تضيع البيانات مع كل عملية تحويل.

الإجراءات الرئيسية:

- حدد معايير البيانات لتبادل المعلومات بين الأنظمة:
  - ☐ بالنسبة للبيانات المجدولة، يمكن أن يكون هذا بتنسيقات منظمة مثل CSV أو XLSX أو تنسيقات أكثر كفاءة مثل Parquet

- لتبادل البيانات والمستندات المنظمة بشكل فضفاض: JSON أو XML

- إتقان العمل مع نماذج البيانات:
  - ابدأ بوضع بارامترات للمهام على مستوى نموذج البيانات المفاهيمي - كما هو موضح في فصل "نمذجة البيانات: النموذج المفاهيمي والمنطقي والمادي" (الشكل4.3-2)
  - كلما تعمقت في منطق العملية التجارية، انتقل إلى إضفاء الطابع الرسمي على المتطلبات باستخدام المعلمات في النماذج المنطقية والمادية (الشكل4.3-6)
  - تحديد الكيانات الرئيسية وسماتها وعلاقاتها داخل العمليات، وتصور هذه العلاقات - سواء بين الكيانات أو بين المعلمات (الشكل4.3-7)
- استخدام التعبيرات العادية (RegEx) للتحقق من صحة البيانات وتوحيدها (الشكل4.4-7) ، كما ناقشنا في فصل "المتطلبات المهيكلة والتعبيرات العادية RegEx". RegEx ليس موضوعًا معقدًا ولكنه موضوع مهم للغاية في عمل إنشاء المتطلبات على مستوى نماذج البيانات المادية.

من المستحيل توفير بيئة رقمية متسقة وقابلة للتطوير بدون معايير على مستوى البيانات وتصور للعمليات. تذكر أن "البيانات السيئة باهظة الثمن". وتزداد تكلفة الخطأ كلما أصبح المشروع أو المؤسسة أكثر تعقيداً. يعد توحيد التنسيقات وتحديد التسمية والهيكل وقواعد التحقق من الصحة استثمارًا في استقرار الحلول المستقبلية وقابليتها للتطوير.

الخطوة 3: تنفيذ DataOps وأتمتة العمليات.

بدون بنية واضحة المعالم، ستواجه الشركات حتمًا بيانات متباينة موجودة في أنظمة معلومات منفصلة. وستكون البيانات غير متكاملة ومكررة في مواقع متعددة ومكلفة في صيانتها.

تخيل أن البيانات هي الماء، وبنية البيانات هي النظام المعقد من خطوط الأنابيب التي تنقل تلك المياه من مصدر تخزينها إلى نقطة استخدامها. إن بنية البيانات هي التي تحدد كيفية جمع المعلومات وتخزينها وتحويلها وتحليلها وتسليمها إلى المستخدمين النهائيين أو التطبيقات.

DataOps (عمليات البيانات) هي منهجية تدمج جمع البيانات وتنقيتها والتحقق من صحتها واستخدامها في تدفق عملية مؤتمتة واحدة، كما ناقشنا بالتفصيل في الجزء الثامن من الكتاب.

الإجراءات الرئيسية:

- إنشاء وتخصيص- الناقلات لأتمتة العمليات:
  - الاستخراج: تنظيم جمع البيانات تلقائيًا من مستندات PDF (الشكل2-4.1 ، الشكل5-4.1 ، الشكل 7-4.1)، وجداول بيانات Excel ، ونماذج التصميم بمساعدة الحاسوب (الشكل4-7.2)، وأنظمة تخطيط موارد المؤسسات وغيرها من المصادر التي تعمل بها
  - التحويل: إعداد عمليات تلقائية لتحويل البيانات إلى تنسيق منظم واحد وأتمتة العمليات الحسابية التي ستتم خارج التطبيقات المغلقة (الشكل8-7.2)
  - التحميل: حاول إنشاء تحميل تلقائي للبيانات إلى جداول ملخصات أو مستندات أو مستودعات مركزية (الشكل9-7.2 ، الشكل13-7.2 ، الشكل16-7.2)
- قم بأتمتة عمليات الحساب وعمليات أخذ الكمية (QTO) كما ناقشنا في فصل "أخذ الكمية QTO: تجميع بيانات المشروع حسب السمات":
  - قم بإعداد الاستخراج التلقائي للأحجام من نماذج CAD - النماذج، باستخدام واجهات برمجة التطبيقات أو المكونات الإضافية أو أدوات الهندسة العكسية (الشكل5-5.2).
  - إنشاء قواعد لتجميع العناصر للفئات المختلفة حسب السمات في شكل جداول (الشكل12-5.2)

- محاولة أتمتة حسابات الحجم والتكلفة المتكررة بشكل متكرر خارج الأنظمة المغلقة المعيارية (الشكل15-5.2)

- ابدأ باستخدام Python و Pandas لمعالجة البيانات، كما ناقشنا في فصل "Python Pandas: أداة لا غنى عنها للعمل مع البيانات":
  - تطبيق DataFrame للعمل مع ملفات XLSX وأتمتة معالجة البيانات المجدولة (الشكل6-3.4)
  - أتمتة تجميع المعلومات وتحويلها من خلال مكتبات Python المختلفة
  - استخدم LLM لتبسيط كتابة كتل التعليمات البرمجية الجاهزة وخطوط الأنابيب بأكملها (الشكل-7.2 18)
  - جرب إنشاء خط أنابيب في بايثون ، والذي يعثر على الأخطاء أو يرى حالات شاذة ويرسل إشعارًا إلى الشخص المسؤول (مثل مدير المشروع) (الشكل2-7.4)

تسمح لك الأتمتة المستندة إلى مبادئ DataOps بالانتقال من المعالجة اليدوية والمجزأة للبيانات إلى عمليات مستدامة وقابلة للتكرار. وهذا لا يقلل فقط من العبء الواقع على الموظفين الذين يتعاملون مع نفس التحويلات كل يوم، بل يزيد أيضًا من موثوقية نظام المعلومات بأكمله وقابليته للتطوير وشفافيته بشكل كبير.

الخطوة 4: إنشاء نظام بيئي مفتوح لحوكمة البيانات.

على الرغم من تطوير الأنظمة المعيارية المغلقة وتكاملها مع الأدوات الجديدة، تواجه الشركات مشكلة خطيرة - التعقيد المتزايد لهذه الأنظمة يفوق فائدتها. وقد أدت الفكرة الأولية المتمثلة في إنشاء منصة واحدة مملوكة للشركة تغطي جميع العمليات التجارية إلى المركزية المفرطة، حيث تتطلب أي تغييرات موارد كبيرة ووقتاً طويلاً للتكيف.

كما ناقشنا في فصل "الفطريات المؤسسية: كيف تربط البيانات بين عمليات الأعمال"، تتطلب إدارة البيانات

الفعالة نظامًا بيئيًا مفتوحًا وموحدًا يربط جميع مصادر المعلومات.

العناصر الرئيسية للنظام البيئي:

- حدد مخزن بيانات مناسب:
  - بالنسبة للجداول والحسابات استخدم قواعد البيانات - على سبيل المثال PostgreSQL أو MySQL (الشكل7-3.1)
  - بالنسبة للمستندات والتقارير، قد يكون التخزين السحابي (Google Drive أو OneDrive) أو الأنظمة التي تدعم تنسيق JSON مناسبًا
  - اطلع على إمكانيات مستودع البيانات وبحيرات البيانات وغيرها من أدوات التخزين والتحليل المركزي لكميات كبيرة من المعلومات (الشكل8-8.1)
- تنفيذ حلول للوصول إلى بيانات الملكية:
  - إذا كنت تستخدم أنظمة مملوكة، قم بتهيئة الوصول إليها عبر واجهة برمجة التطبيقات أو مجموعة تطوير البرمجيات SDK للحصول على البيانات للمعالجة الخارجية (الشكل2-4.1)
  - التعرف على إمكانات أدوات الهندسة العكسية لتنسيقات CAD (الشكل13-4.1)
  - قم بإعداد خطوط أنابيب ETL-Pipelines التي تجمع البيانات بشكل دوري من التطبيقات أو الخوادم، وتحويلها إلى تنسيقات منظمة مفتوحة، وحفظها في مستودعات (الشكل3-7.2)
  - ناقش داخل الفريق كيفية توفير إمكانية الوصول إلى البيانات دون الحاجة إلى برمجيات خاصة
  - تذكر: البيانات أكثر أهمية من الواجهات. إن بنية المعلومات وتوافرها، وليس أدوات واجهة مستخدم محددة، هي التي توفر قيمة طويلة الأجل
- فكّر في إنشاء مركز امتياز (CoE) للبيانات، كما ناقشنا في فصل "مركز الامتياز لنمذجة البيانات"، أو كيف

يمكنك توفير الخبرة في مجال البيانات بطرق أخرى (الشكل9-4.3)

ينشئ النظام البيئي لإدارة البيانات مساحة معلومات موحدة يعمل فيها جميع المشاركين في المشروع بمعلومات متسقة ومحدثة وموثوقة. وهو أساس العمليات الرقمية القابلة للتطوير والمرنة والموثوقة

إطلاق العنان لإمكانات البيانات: 5-10 خطوات نحو النضج الرقمي

بالإضافة إلى التكامل التقني، فإن أحد العوامل المهمة في التنفيذ الناجح للحلول الرقمية هو تبنيها من قبل المستخدمين النهائيين. يمثل إشراك العملاء أو المستخدمين في قياس الأداء تحديًا لتحسين تجربة المستخدم وإدارة التغيير في الشركة. إذا كان الحل لا يتناسب مع سير العمل المألوف أو لا يحل مشاكل حقيقية للمستخدمين أو العملاء، فلن يتم استخدامه، ولن يتم استخدامه، ولن يصلح ذلك أي قدر من التدابير والحوافز الإضافية.

التحويل هو عملية تكرارية تعتمد على تحليل بيانات تفاعل المستخدم مع العمليات الجديدة، مع دورات اختبار متكررة وتعليقات وتحسينات مستمرة.

الخطوة 5: بناء ثقافة البيانات، وتدريب الموظفين وجمع الملاحظات

حتى النظام الأكثر تقدماً لن يعمل بدون مشاركة الموظفين. تحتاج إلى إنشاء بيئة يتم فيها استخدام البيانات بشكل يومي ويدرك الفريق قيمتها.

> يشير تقرير حكومة المملكة المتحدة المنشور في عام 2024 "تحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي في تنفيذ المشاريع الحكومية" [83] إلى أن تدريب المهنيين ذوي الكفاءات اللازمة في معالجة البيانات وتفسيرها أمر بالغ الأهمية لنجاح تنفيذ تحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي.

يعد نقص الخبرة في تحليلات البيانات إحدى المشكلات الرئيسية التي تحد من التحول الرقمي. فقد اعتاد المديرون التنفيذيون على الروتين المتبع: دورات ربع سنوية، ومبادرات ذات أولوية، وطرق تقليدية للمضي قدماً بالمشاريع. يتطلب التغيير قائداً خاصاً - رفيع المستوى بما يكفي ليكون له تأثير، ولكن ليس رفيع المستوى بحيث يكون لديه الوقت والحافز لقيادة مشروع تحول طويل الأجل.

الإجراءات الرئيسية:

- إدراك الحاجة إلى الانتقال من القرارات غير الموضوعية القائمة على رأي الموظف الذي يتقاضى أجراً عالياً (HiPPO) إلى ثقافة صنع القرار القائمة على الحقائق والبيانات، كما هو موضح في فصل "HiPPO أو خطر الرأي في صنع القرار" (الشكل9-1 -2).
- تنظيم التدريب المنهجي:
  - عقد دورات تدريبية حول كيفية استخدام البيانات المهيكلة، ودعوة خبراء من صناعات أخرى ليس لديهم تحيز تجاه المنتجات والمفاهيم الشائعة في صناعة البناء اليوم
  - مناقشة مناهج وأدوات تحليل البيانات مع الزملاء، وتعلم العمل العملي بشكل مستقل باستخدام أدوات مثل بايثون وبانداس وLLM (الشكل3-4.1 ، الشكل6-4.1)
  - إنشاء مكتبة من البرامج التعليمية (ويفضل أن تكون مزودة بمقاطع فيديو قصيرة) حول موضوع هيكلة البيانات (الشكل15-3.2) وإنشاء نماذج البيانات (الشكل6-4.3 ، الشكل7-4.3)
- الاستفادة من تقنيات التعلم الحديثة:
  - استخدام النماذج اللغوية (LLMs) لدعم معالجة التعليمات البرمجية والبيانات، بما في ذلك توليد

التعليمات البرمجية وإعادة هيكلتها وتحليلها، بالإضافة إلى معالجة وتفسير المعلومات المجدولة (الشكل3.4-1)

- ☐ استكشف كيف يمكن تكييف التعليمات البرمجية التي تم إنشاؤها بواسطة LLM ودمجها في حل كامل لخط الأنابيب عند العمل في بيئة تطوير غير متصلة بالإنترنت (IDE) (الشكل4.4-14 ، الشكل 13-5.2)

> عندما يستمر المدير في اتخاذ القرارات "بالطريقة القديمة"، فلن يقنع أي قدر من التدريب الناس بأخذ التحليلات على محمل الجد.

من المستحيل بناء ثقافة البيانات بدون التغذية الراجعة المستمرة. تسمح لك التغذية الراجعة بتحديد الثغرات في العمليات والأدوات والاستراتيجيات التي لا يمكن اكتشافها من خلال التقارير الداخلية أو مؤشرات الأداء الرئيسية الرسمية المقاييس. لن توفر التعليقات المجانية من مستخدمي حلولك قيمة عملية. إنها تعليقات نقدية ذات قيمة، خاصة إذا كانت مبنية على ملاحظات وحقائق ملموسة. لكن الحصول على مثل هذه المعلومات يتطلب جهدًا: فأنت بحاجة إلى بناء عمليات يمكن للمشاركين - الداخليين والخارجيين على حد سواء - مشاركة التعليقات (قد يكون من المنطقي القيام بذلك دون الكشف عن هويتهم) دون تشويه ودون خوف من أن تؤثر آراؤهم على عملهم. ومن المهم أن يفعلوا ذلك دون تشويه ودون خوف من العواقب السلبية على أنفسهم.

> **أي تعلم هو في نهاية المطاف تعلم ذاتي [165].**
>
> **- ميلتون فريدمان، خبير اقتصادي وإحصائي أمريكي**

يجب أن يكون تنفيذ الأدوات التحليلية مصحوبًا بالتحقق المنتظم من فعاليتها في الممارسة العملية (العائد على الاستثمار، ومؤشرات الأداء الرئيسية)، وهو ما لا يمكن تحقيقه إلا من خلال التغذية الراجعة المنظمة من الموظفين

والعملاء والشركاء. وهذا لا يسمح للشركات بتجنب تكرار الأخطاء فحسب، بل يسمح لها أيضًا بالتكيف بسرعة أكبر مع التغيرات في البيئة. إن وجود آلية لجمع وتحليل التغذية الراجعة هو أحد علامات نضج المؤسسة التي تنتقل من المبادرات الرقمية العرضية إلى نموذج مستدام للتحسين المستمر (الشكل5-2.2).

الخطوة 6: من المشاريع التجريبية إلى توسيع النطاق

> **اختر معارك كبيرة بما يكفي لتكون مهمة وصغيرة بما يكفي للفوز بها.**
>
> **- جوناثان كوزول**

إن إطلاق التحول الرقمي "دفعة واحدة وفي كل مكان" أمر محفوف بالمخاطر. ويتمثل النهج الأكثر فعالية في البدء بمشاريع تجريبية وتوسيع نطاق الممارسات الناجحة تدريجياً.

الإجراءات الرئيسية:

- اختر المشروع المناسب للبرنامج التجريبي:
  - ☐ تحديد هدف أو عملية تجارية محددة ذات نتائج قابلة للقياس (مؤشر الأداء الرئيسي ، العائد على الاستثمار) (الشكل5-7.1)
  - ☐ حدد عملية أتمتة ETL، مثل التحقق التلقائي من صحة البيانات أو حساب عبء العمل (QTO) باستخدام Python و Pandas (الشكل10-5.2

- ☐ إنشاء مقاييس واضحة للنجاح (على سبيل المثال، تقليل الوقت اللازم لإنتاج مواصفات الفحص أو تقارير التحقق من صحة البيانات من أسبوع إلى يوم واحد)

- اتبع الأساليب التكرارية:
  - ☐ ابدأ بعمليات تحويل بسيطة للبيانات وأنشئ تحويلات متدفقة للبيانات متعددة التنسيقات إلى التنسيقات التي تحتاجها لعملياتك (الشكل4.1-2 ، الشكل4.1-5)
  - ☐ قم بزيادة تعقيد المهام تدريجيًا وتوسيع نطاق أتمتة العمليات من خلال تشكيل خط أنابيب كامل في IDE استنادًا إلى كتل التعليمات البرمجية الموثقة (الشكل4.1-7 ، الشكل7.2-18).
  - ☐ توثيق وتسجيل الحلول الناجحة (ويفضل أن يكون ذلك بمقاطع فيديو قصيرة) ومشاركتها مع الزملاء أو في المجتمعات المهنية
- تطوير نماذج ووثائق مصاحبة لتكرار مثل هذه الحلول بحيث يمكن استخدامها بفعالية من قبل زملائك (أو أعضاء المجتمع المهني، بما في ذلك مستخدمي وسائل التواصل الاجتماعي)

يتيح لك "التدرج التدريجي" الحفاظ على الجودة العالية للتغييرات وعدم الوقوع في فوضى التطبيقات المتوازية. وتقلل استراتيجية "من الصغير إلى الكبير" من المخاطر وتسمح لك بالتعلم من الأخطاء الصغيرة دون السماح لها بالتحول إلى مشاكل حرجة.

يساعد التحول من نهج المشروع، حيث يشارك الموظفون بشكل جزئي فقط، إلى تشكيل فرق دائمة (على سبيل المثال، مراكز الخبرة - CoEs) على ضمان التطوير المستدام للمنتج حتى بعد إصدار نسخته الأولى. لا تدعم هذه الفرق الحلول الحالية فحسب، بل تستمر أيضًا في تحسينها.

يقلل هذا من الاعتماد على الموافقات المطولة: يتم تمكين أعضاء الفريق من اتخاذ القرارات في نطاق مسؤولياتهم. ونتيجة لذلك، يتحرر المديرون من الحاجة إلى الإدارة التفصيلية، ويمكن للفرق التركيز على خلق قيمة حقيقية.

> إن تطوير حلول جديدة ليس سباقاً سريعاً، بل هو سباق ماراثون. وأولئك الذين ينجحون فيه هم أولئك الذين يهدفون في البداية إلى عمل طويل الأجل ومتسق.

من المهم إدراك أن التكنولوجيا تتطلب تطويراً مستمراً. فالاستثمار في تطوير الحلول التكنولوجية على المدى الطويل هو أساس نجاح العمليات.

الخطوة 7: استخدام تنسيقات وحلول البيانات المفتوحة

كما ناقشنا في الفصول المتعلقة بالمنصات المعيارية (تخطيط موارد المؤسسات، ونظام إدارة نظم إدارة المشاريع، وإدارة المرافق، والتقييم المركزي للبيانات (CAFM)، والتقييم المركزي للبيانات (CDE)، وما إلى ذلك)، من المهم التركيز على تنسيقات البيانات المفتوحة والعالمية التي تضمن الاستقلالية عن حلول البائعين وزيادة توافر المعلومات لجميع أصحاب المصلحة.

الإجراءات الرئيسية:

- الانتقال من التنسيقات المغلقة إلى التنسيقات المفتوحة:
  - ☐ استخدم التنسيقات المفتوحة بدلاً من التنسيقات المسجلة الملكية، أو ابحث عن طريقة لإعداد التحميل التلقائي أو تحويل التنسيقات المغلقة إلى تنسيقات مفتوحة (الشكل15-3.2).
  - ☐ تنفيذ أدوات للعمل مع الباركيه ، XLSX ، JSON ، CSV ، وهي معايير التبادل بين معظم الأنظمة الحديثة (الشكل2-8.1)
  - ☐ إذا كان العمل مع الهندسة ثلاثية الأبعاد يلعب دورًا مهمًا في عملياتك، ففكر في استخدام التنسيقات المفتوحة مثل USD أو glTF أو DAE أو OBJ (الشكل14-3.1)

- استخدام قواعد البيانات المتجهة قواعد البيانات لتحليل المعلومات والبحث عنها بكفاءة:
  - استخدم الصندوق المحيط والطرق الأخرى لتبسيط الشكل الثلاثي الأبعاد - الهندسة (الشكل1-8.2)
  - فكّر في المكان الذي يمكنك فيه تنفيذ متجه البيانات - تحويل النصوص أو الأشياء أو المستندات إلى تمثيلات رقمية (الشكل2-2-8.2)
- تطبيق أدوات تحليل البيانات الضخمة:
  - تنظيم تخزين البيانات التاريخية المتراكمة (مثل CAD ، XLSX ، PDF) في صيغ مناسبة للتحليل (Apache Parquet ، CSV ، ORC) (الشكل2-8.1).
  - البدء في تطبيق الأساليب الإحصائية الأساسية والعمل مع العينات التمثيلية - أو، كحد أدنى، التعرف على المبادئ الأساسية للإحصاء (الشكل5-9.2)
  - تطبيق وتعلم أدوات لتصور البيانات والعلاقات بين البيانات لتصور نتائج التحليل. فبدون التصور الجيد، يستحيل فهم البيانات نفسها أو العمليات القائمة عليها بشكل كامل (الشكل4-7.1).

يرسي الانتقال إلى صيغ البيانات المفتوحة وإدخال أدوات لتحليل المعلومات وتخزينها وتصورها الأساس لحوكمة رقمية مستدامة ومستقلة. وهذا لا يقلل من الاعتماد على البائعين فحسب، بل يضمن أيضًا المساواة في الوصول إلى البيانات لجميع أصحاب المصلحة.

الخطوة 8: البدء في تطبيق التعلم الآلي للتنبؤ

لقد تراكمت لدى العديد من الشركات كميات هائلة من البيانات - نوع من "سخان المعلومات" التي لا تزال غير مستخدمة. وقد جُمعت هذه البيانات في مئات أو آلاف المشاريع، ولكن غالبًا ما يتم استخدامها مرة واحدة فقط أو لا يتم استخدامها على الإطلاق في عمليات أخرى. وغالبًا ما يُنظر إلى الوثائق والنماذج المخزنة في تنسيقات وأنظمة

مغلقة على أنها عفا عليها الزمن وعديمة الفائدة. ومع ذلك، فهي في الواقع مورد قيّم - الأساس لتحليل الأخطاء التي ارتكبت، وأتمتة العمليات الروتينية وتطوير حلول مبتكرة للتصنيف التلقائي والتعرف على السمات في المشاريع المستقبلية.

ويتمثل التحدي الرئيسي في تعلم كيفية استخراج هذه البيانات وتحويلها إلى رؤى قابلة للتنفيذ. وكما تمت مناقشته في الفصل الخاص بالتعلم الآلي والتنبؤات، فإن تقنيات التعلم الآلي لديها القدرة على تحسين دقة التقديرات والتنبؤات بشكل كبير في مجموعة متنوعة من العمليات المتعلقة بالبناء. إن الاستفادة الكاملة من البيانات المتراكمة تفتح الطريق أمام تحسين الكفاءة وتقليل المخاطر وبناء عمليات رقمية مستدامة.

الإجراءات الرئيسية:

- ابدأ بخوارزميات بسيطة:
  - جرب تطبيق الانحدار الخطي - باستخدام تلميحات من LLM - للتنبؤ بالأداء المتكرر في مجموعات البيانات حيث تكون التبعيات على عدد كبير من العوامل غائبة أو ضئيلة (الشكل9.3-4)
  - ضع في اعتبارك في أي مراحل عملياتك يمكن نظرياً تطبيق خوارزمية الجيران الأقرب (k-NN) k - على سبيل المثال، لمهام التصنيف أو تقييم تشابه الكائنات أو التنبؤ بناءً على نظائرها التاريخية (الشكل9.3-5).
- جمع البيانات وهيكلتها لتدريب النماذج:
  - جمع بيانات المشروع التاريخية في مكان واحد وبصيغة واحدة (الشكل9.1-10)
  - العمل على جودة وتمثيلية عينات التدريب، من خلال برنامج ETL الآلي (الشكل9.2-8)
  - تعلّم فصل البيانات إلى مجموعتي تدريب واختبار، كما فعلنا في مثال مجموعة بيانات تيتانيك (الشكل 9.2-6، الشكل9.2-7)

- النظر في توسيع نطاق تطبيق تقنيات التعلم الآلي ليشمل مجموعة واسعة من المهام، بدءاً من التنبؤ بالجداول الزمنية للمشروع إلى تحسين الخدمات اللوجستية وإدارة الموارد والتحديد المبكر للمشاكل المحتملة

التعلم الآلي هو أداة لتحويل البيانات المحفوظة في الأرشيف إلى أصول قيّمة للتنبؤ والتحسين واتخاذ القرارات المستنيرة. ابدأ بمجموعات بيانات ص□□يرة (الشكل5-9.2) ونماذج بسيطة، ثم ابدأ بمجموعا□□ بيانات صغيرة (الشكل 9.2-5) ونماذج بسيطة، ثم تزداد تعقيدًا تدريجيًا.

الخطوة 9: دمج تقنيات إنترنت الأشياء والتقنيات الحديثة لجمع البيانات

إن عالم البناء يتحول بسرعة إلى عالم رقمي: كل صورة بناء، وكل منشور من منشورات فرق العمل هو بالفعل جزء من عملية أكبر من عملية أكبر من تحديد معالم الواقع وترميزه. وكما غيّر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الخدمات اللوجستية في السابق، فإن تقنيات إنترنت الأشياء، وتقنية تحديد الهوية بموجات الراديو، وتقنيات جمع البيانات الآلية تعمل على تغيير صناعة البناء. كما نوقش في فصل "إنترنت الأشياء والعقود الذكية"، فإن موقع البناء الرقمي المزود بأجهزة الاستشعار والمراقبة الآلية هو مستقبل الصناعة.

الإجراءات الرئيسية:

- تنفيذ أجهزة إنترنت الأشياء - الأجهزة، وعلامات RFID وتفاصيل العمليات المرتبطة بها:
  - تقييم مجالات أو مراحل المشروع أو مراحل المشروع التي يمكن أن تستفيد من أكبر عائد على الاستثمار (ROI) - على سبيل المثال، لمراقبة درجة الحرارة أو الاهتزاز أو الرطوبة أو حركة
  - النظر في استخدام تقنية RFID لتتبع المواد والأدوات والمعدات في جميع أنحاء سلسلة التوريد
  - النظر في كيفية دمج البيانات التي تم جمعها في نظام معلومات واحد، مثل Apache NiFi، للمعالجة والتحليل الآلي في الوقت الحقيقي (الشكل5-7.4)

- إنشاء نظام مراقبة في الوقت الفعلي:
  - طوّر لوحات معلومات لتتبع مقاييس العمليات أو المشاريع الرئيسية باستخدام أدوات التصور مثل Streamlit أو Flask أو Power BI))
  - إعداد إشعارات تلقائية للإشارة إلى الانحرافات الحرجة عن الخطة أو المعايير (الشكل2-7.4)
  - تقييم إمكانية الصيانة التنبؤية للمعدات استنادًا إلى البيانات المجمعة والأنماط المحددة (الشكل 6-9.3)
- دمج البيانات من مصادر مختلفة:
  - ابدأ بتصور نموذج البيانات على المستوى المادي - عكس هيكل تدفقات المعلومات والمعلمات الرئيسية القادمة من أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب وأجهزة إنترنت الأشياء ومنصات تخطيط موارد المؤسسات (الشكل1-4.3)
  - ابدأ بإنشاء مخطط تقريبي لمنصة موحدة لتحليل البيانات ودعم القرارات الإدارية. حدد الوظائف الرئيسية، ومصادر البيانات، والمستخدمين، وسيناريوهات التطبيق المتوقعة (الشكل7-4.3).

كلما أسرعت في ربط العمليات الحقيقية بالعالم الرقمي، كلما أسرعت في إدارتها بالبيانات - بكفاءة وشفافية وفي الوقت الفعلي.

الخطوة 10. الاستعداد لمستقبل التغييرات في الصناعة في المستقبل

تتعرض شركات البناء باستمرار لضغوط البيئة الخارجية: الأزمات الاقتصادية والقفزات التكنولوجية والتغيرات التنظيمية. مثل الغابة التي يجب أن تتحمل الأمطار والثلوج والجفاف والشمس الحارقة، تعيش الشركات في ظل ظروف من التكيف المستمر. ومثلما تصبح الأشجار قادرة على الصمود أمام الصقيع والجفاف من خلال أنظمة

الجذور العميقة، فإن المؤسسات التي لديها أساس متين من العمليات الآلية والقدرة على توقع التغيير واستراتيجيات التكيف المرنة هي وحدها التي تبقى قابلة للاستمرار والتنافسية.

كما ذُكر في فصل "استراتيجيات البقاء: بناء المزايا التنافسية"، تدخل صناعة الإنشاءات مرحلة تحول جذري. حيث يتجه التفاعل بين العميل والمقاول نحو نموذج الإقناع ، حيث تحل الشفافية والقدرة على التنبؤ والأدوات الرقمية محل الأساليب التقليدية. في هذا الواقع الجديد، لا يفوز في هذا الواقع الجديد الأكبر، بل الأكثر مرونة ونضجاً من الناحية التكنولوجية.

الإجراءات الرئيسية:

- تحليل نقاط ضعف الأعمال في سياق البيانات المفتوحة:
  - قم بتقييم كيف يمكن أن يكون لإضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات كجزء من أوبر تأثير مدمر على ميزتك وأعمالك (الشكل5-10.1)
  - فكر في استراتيجية للانتقال من العمليات غير الشفافة والمنعزلة إلى نماذج الأعمال القائمة على الحلول المفتوحة وقابلية التشغيل البيني للأنظمة وشفافية البيانات (الشكل5-2.2).
- وضع استراتيجية رقمية طويلة المدى:
  - حدد ما إذا كنت تطمح إلى أن تكون رائدًا في مجال الابتكار أو تفضل سيناريو "اللحاق بالركب" الذي ستحافظ فيه على مواردك
  - وصف المراحل: قصيرة الأجل (أتمتة العمليات وهيكلة البيانات)، ومتوسطة الأجل (تنفيذ إدارة التعلم الآلي وإدارة المحتوى الإلكتروني)، وطويلة الأجل (النظم الإيكولوجية الرقمية، والمستودعات المركزية)
- فكّر في توسيع نطاق خدماتك:
  - النظر في تقديم خدمات جديدة (تركز على كفاءة الطاقة، والحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة

الطاقة، وخدمات البيانات). سنتحدث أكثر عن نماذج الأعمال الجديدة في الفصل التالي

- ☐ احرص على أن تكون شريكاً تقنياً موثوقاً يدعم دورة حياة المنشأة بأكملها، بدءاً من التصميم وحتى التشغيل. يجب أن تستند الثقة بك إلى نهج منظم وعمليات شفافة والقدرة على توفير حلول تكنولوجية مستدامة

في البيئة التحويلية، لا يربح من يتفاعلون مع التغيير ببساطة، بل من يبادرون إلى تحقيقه. المرونة والانفتاح والنضج الرقمي هي أسس الاستدامة في بناء الغد.

خارطة طريق التحول: من الفوضى إلى شركة تعتمد على البيانات

يمكن أن تكون الخطة التالية بمثابة معيار أولي - نقطة انطلاق لتشكيل استراتيجية التحول الرقمي القائمة على البيانات الخاصة بك:

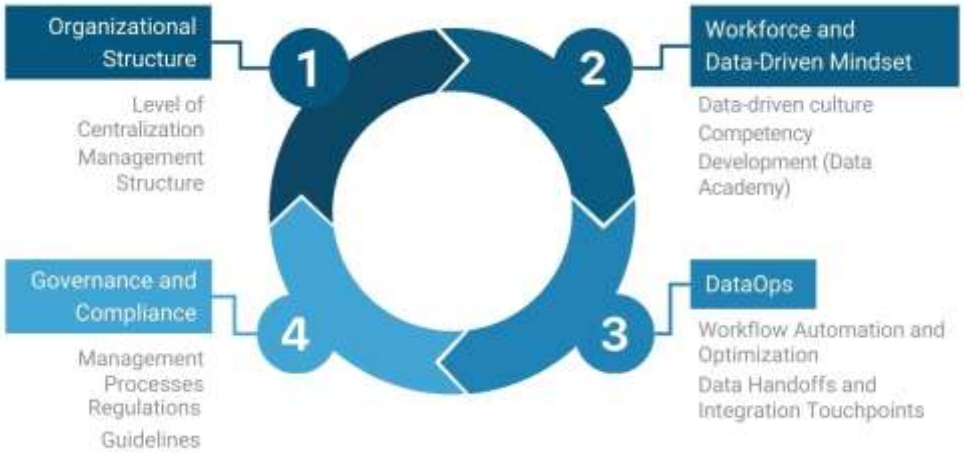
- **التدقيق والمعايير**: تحليل الوضع الحالي وتوحيد البيانات
- **هيكلة البيانات وتصنيفها**: أتمتة تحويل البيانات غير المهيكلة وغير المنظمة بشكل جيد
- **أتمتة التجميعات** والحسابات والعمليات الحسابية: استخدام أدوات ومكتبات مفتوحة المصدر للأتمتة
- **النظام الإيكولوجي ومكتب تكنولوجيا المعلومات**: بناء فريق داخلي لتشكيل نظام بيئي موحد للبيانات في الشركة
- **الثقافة والتعلم**: الانتقال من حلول HiPPO إلى الحلول القائمة على البيانات
- **المشاريع التجريبية والتغذية الراجعة والتوسع**: العمل بشكل متكرر: اختبار الأساليب الجديدة على نطاق

محدود، وجمع التغذية الراجعة الصحيحة وتوسيع نطاق الحلول تدريجياً.

- **التنسيقات المفتوحة**: استخدام تنسيقات عالمية ومفتوحة للاستقلال عن بائعي البرامج
- **تعلّم الآلة**: تضمين خوارزميات تعلّم الآلة في العمليات للتنبؤ والتحسين
- **إنترنت الأشياء وموقع البناء الرقمي**: دمج التقنيات الحديثة لجمع البيانات في العمليات
- **التكيف الاستراتيجي**: الاستعداد للتغيرات المستقبلية في الصناعة

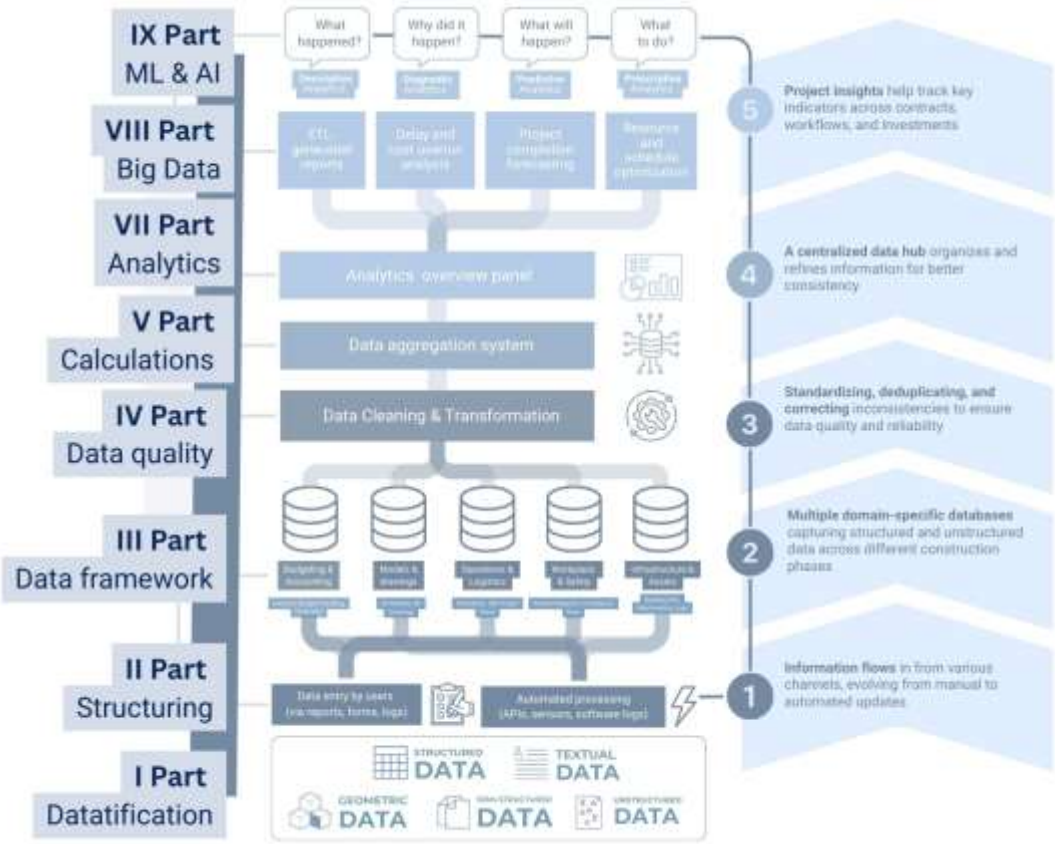
> والأهم من ذلك، تذكّر أن "البيانات وحدها لا تغيّر الشركة: فالأشخاص الذين يعرفون كيفية التعامل مع تلك البيانات هم الذين يغيّرونها". ركز على الثقافة والعمليات الشفافة والالتزام بالتحسين المستمر

يتيح نهج الأنظمة التحول من مبادرات رقمية منعزلة إلى نموذج إدارة متكامل يعتمد على البيانات حيث لا تعتمد القرارات على الحدس أو الافتراضات، بل على البيانات والحقائق والاحتمالات المحسوبة رياضياً. لا يقتصر التحول الرقمي في صناعة البناء والتشييد على تبني التكنولوجيا فحسب، بل على تشكيل نظام بيئي للأعمال حيث يتم نقل معلومات المشروع بسلاسة وبشكل متكرر بين الأنظمة المختلفة. وبذلك، توفر خوارزميات التعلّم الآلي تحليلاً تلقائياً ومستمراً وتوقعاً وتحسيناً للعمليات. في مثل هذه البيئة، تصبح التكهنات والبيانات المخفية غير ذات صلة، ولا يبقى سوى النماذج المثبتة والحسابات الشفافة والنتائج المتوقعة.



الشكل10-2-10 العناصر الرئيسية للإدارة الناجحة للبيانات على مستوى الشركة.

يتوافق كل جزء من الكتاب مع مرحلة محددة من مراحل معالجة البيانات وتحليلها في مشاريع البناء (الشكل-2.2 5). إذا أردت العودة إلى أحد المواضيع التي نوقشت سابقا والنظر إليه من منظور شامل لتدفق استخدام البيانات، يمكنك الرجوع إلى عناوين الأجزاء في الشكل4-10.2 .



الشكل4-10.2-10.2 أجزاء الكتاب في سياق خط أنابيب معالجة البيانات (الشكل5-2.2): من رقمنة المعلومات إلى التحليلات والذكاء الاصطناعي.

بغض النظر عن حجم مؤسستك أو مستوى نضج التكنولوجيا أو ميزانيتك، يمكنك البدء في التحرك نحو نهج القائم على البيانات اليوم. حتى الخطوات الصغيرة في الاتجاه الصحيح ستؤدي إلى نتائج مع مرور الوقت.

> إن التحول القائم على البيانات ليس مشروعاً لمرة واحدة، بل هو عملية تحسين مستمرة ومتكررة تتضمن إدخال أدوات جديدة وإعادة تصميم العمليات وتطوير ثقافة اتخاذ القرارات القائمة على البيانات.

البناء في الصناعة 5.0: كيف تكسب المال عندما لا يمكنك الاختباء بعد الآن

منذ فترة طويلة، كانت شركات الإنشاءات تجني الأموال من عدم شفافية العمليات. وكان نموذج الأعمال الرئيسي هو المضاربة - المبالغة في تقدير تكلفة المواد ونطاق العمل والنسب المئوية للعلامات في نظام تخطيط موارد المؤسسات المغلق - ونظام معلومات إدارة المشاريع - وهي أنظمة لا يمكن الوصول إليها من قبل عمليات التدقيق الخارجية. وقد أدى الوصول المحدود للعملاء والأشخاص الموثوق بهم إلى بيانات المشروع الأصلية إلى تهيئة الأرضية للمخططات التي أصبح من المستحيل تقريبًا التحقق من موثوقية الحسابات.

ومع ذلك، فإن هذا النموذج يفقد أهميته بسرعة. فمع إضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات، وظهور آليات إدارة البيانات المحلية، ووصول البيانات المفتوحة، وأدوات أتمتة عمليات تحويل البيانات إلى بيانات إلكترونية، فإن الصناعة تتجه إلى معيار جديد للعمل.

> ونتيجة لذلك، لم تعد الشفافية ميزة تنافسية، بل ستتحول قريبًا إلى عبء يصعب التخلي عنه.
>
> وتتحول الشفافية من خيار إلى شرط أساسي للبقاء في السوق.

مع من سيعمل العملاء - البنوك، والمستثمرون، والعملاء الفعليون، وعملاء الأسهم الخاصة ، والعملاء الحكوميون - في الواقع الرقمي الجديد؟ الإجابة واضحة: مع أولئك القادرين على تقديم ليس فقط النتيجة، ولكن أيضًا تبرير كل خطوة في الطريق إليها. مع تزايد حجم البيانات المفتوحة، سيختار الشركاء والعملاء الشركات التي تضمن الشفافية والدقة والقدرة على التنبؤ بالنتائج.

وعلى هذه الخلفية، تظهر نماذج أعمال جديدة تعتمد على إدارة البيانات والثقة بدلاً من المضاربة:

- **بيع العمليات بدلًا من بيع الأمتار المربعة**: يصبح الأصل الرئيسي هو الثقة والكفاءة بدلًا من الاتفاقات الملموسة المخفضة. ستكون القيمة الرئيسية هي القدرة على التنبؤ بالنتيجة بناءً على بيانات موثوقة وموثوقة. لن تبيع الشركات الحديثة كائن البناء في حد ذاته، ولكن:
  - مواعيد نهائية دقيقة وجداول عمل شفافة;
  - تقديرات معقولة ، مدعومة بالحسابات;
  - إمكانية التتبع والتحكم الرقمي الكامل في جميع مراحل المشروع.
- **الهندسة والتحليلات كخدمة**: نموذج "البيانات كخدمة " (طريقة لتقديم البيانات الجاهزة للمستخدمين عبر الإنترنت، كخدمة)، حيث يصبح كل مشروع جزءًا من سلسلة بيانات رقمية، وتكمن قيمة الأعمال في القدرة على إدارة هذه السلسلة. تتحول الشركات إلى منصات ذكية تقدم حلولاً قائمة على الأتمتة والتحليلات:
  - الإعداد الآلي والشفاف للتقديرات والخطط;
  - تقييم المخاطر والتوقيت بناءً على خوارزميات التعلم الآلي;
  - حساب المؤشرات البيئية (ESG، وثاني أكسيد الكربون، وكفاءة الطاقة);
  - توليد التقارير من المصادر المفتوحة المدققة.
- **إنتاجية الخبرة الهندسية**: يمكن استخدام تطويرات الشركة بشكل متكرر داخل الشركة وتوزيعها كمنتج منفصل - مما يشكل مصدر دخل إضافي من خلال الخدمات الرقمية. في البيئة الجديدة، لا تنشئ الشركات مشاريع فحسب، بل تنشئ أيضاً أصولاً رقمية:
  - مكتبات المكونات والقوالب التقديرية;
  - وحدات التحقق الآلي;

- المكونات الإضافية والبرامج النصية مفتوحة المصدر (بيع الاستشارات) للعمل مع البيانات.

- **نوع جديد من الشركات: الشركة المدمجة** التي **تعتمد على البيانات**: لاعب في السوق لا يعتمد على بائعي برمجيات محددة أو أنظمة معيارية ولا "حبيسة" واجهة برمجية واحدة. فهي تعمل بحرية مع البيانات - وتبني قدرتها التنافسية عليها. شركة البناء في المستقبل ليست مجرد مقاول، بل هي شركة تكامل معلومات قادرة على أداء الوظائف التالية للعميل

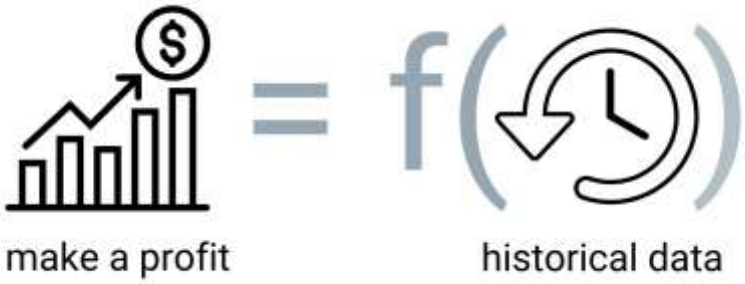
  - دمج البيانات من مصادر متباينة وإجراء التحليلات;
  - ضمان شفافية ومصداقية العمليات;
  - تقديم المشورة بشأن تحسين العمليات التجارية;
  - تطوير أدوات تعمل في النظام البيئي للبيانات المفتوحة، LLM ، و ETL و Pipelines.

تمثل الصناعة 5.0 (الشكل12-2.1) نهاية "عصر نسب المتوسطات اليدوية" والاجتماعات المسائية بين الرؤساء التنفيذيين وقسم التقدير والمحاسبة. كل ما كان مخفيًا في السابق - الحسابات، والتقديرات ، والأحجام - يصبح مفتوحًا وقابلًا للتحقق منه ومفهومًا حتى لغير الخبراء. سيكون الفائزون هم أول من يعيدون توجيه أنفسهم. وسيتم استبعاد الآخرين من الاقتصاد الرقمي الجديد لقطاع الإنشاءات.

الخاتمة

تدخل صناعة الإنشاءات حقبة من التغيير الجوهري. من السجلات الأولى على ألواح الطين إلى الكميات الهائلة من البيانات الرقمية المتدفقة من خوادم المشاريع ومواقع البناء، لطالما عكس تاريخ إدارة المعلومات في مجال البناء نضج التكنولوجيا في عصرها. أما اليوم، ومع ظهور الأتمتة والتنسيقات المفتوحة وأنظمة التحليل الذكية، فإن الصناعة لا تواجه تطوراً تدريجياً بل تحولاً رقمياً سريعاً.

كما هو الحال في قطاعات الاقتصاد الأخرى، سيتعين على قطاع الإنشاءات إعادة التفكير ليس فقط في الأدوات ولكن أيضًا في مبادئ العمل. فالشركات التي اعتادت أن تملي السوق وتعمل كوسيط رئيسي بين العميل والمشروع تفقد مكانتها الفريدة. إن الثقة والقدرة على العمل مع البيانات - بدءًا من جمعها وهيكلتها إلى التحليل والتنبؤ وأتمتة القرارات - أصبحت في المقدمة.

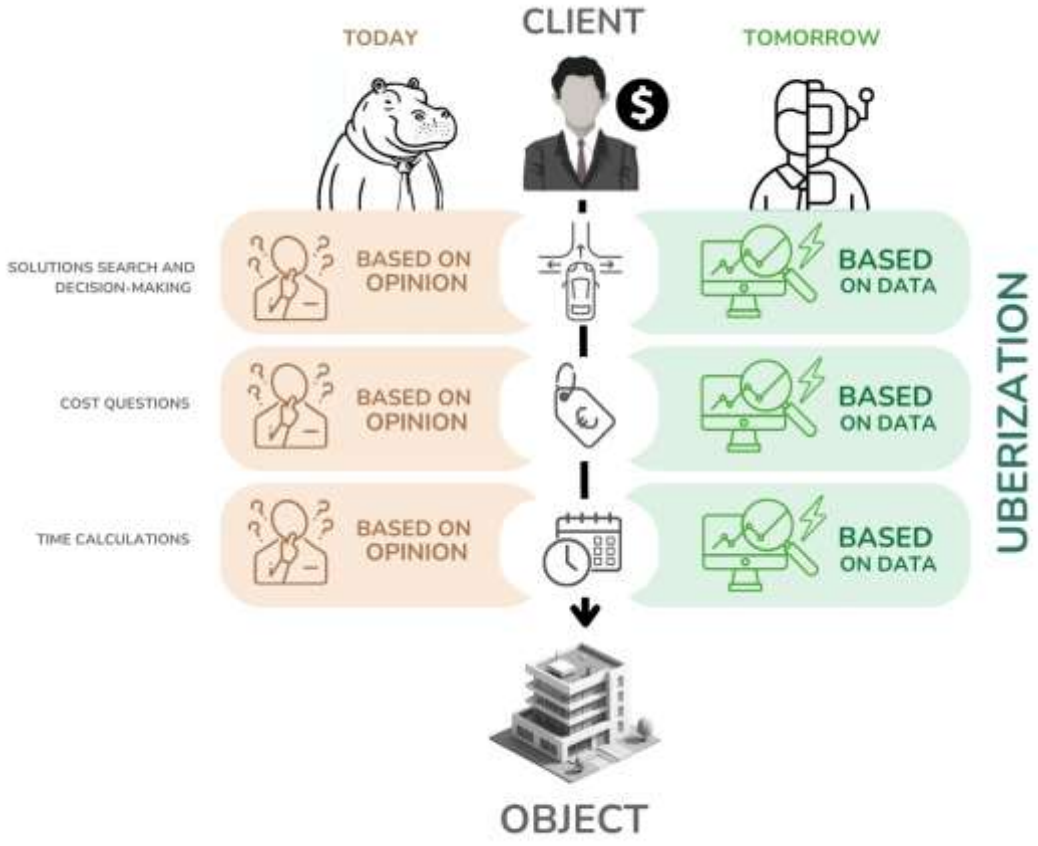


الشكل1-10.2 البيانات التاريخية المهيكلة هي وقود العمل الفعال والقابل للإدارة.

يشرح هذا الكتاب بالتفصيل المبادئ الرئيسية لإدارة البيانات في صناعة الإنشاءات - من التدقيق والتوحيد القياسي إلى أتمتة العمليات واستخدام أدوات التصور وتطبيق الخوارزميات الذكية. لقد بحثنا كيف يمكنك، حتى مع وجود موارد محدودة، بناء بنية بيانات عاملة والبدء في اتخاذ قرارات تستند إلى حقائق يمكن التحقق منها بدلاً من الحدس.

لم يعد العمل مع البيانات مجرد مهمة قسم تكنولوجيا المعلومات، بل أصبح أساس ثقافة الإدارة التي تحدد مرونة الشركة وقدرتها على التكيف والاستدامة على المدى الطويل.

يتيح تطبيق تقنيات التعلم الآلي ، وأنظمة المعالجة الآلية والتوائم الرقمية والتنسيقات المفتوحة بالفعل اليوم إمكانية التخلص من العامل البشري حيث كان هذا العامل حاسماً من قبل. يتجه البناء نحو الاستقلالية والقدرة على التحكم، حيث يمكن مقارنة الحركة من الفكرة إلى تحقيق المشروع بالملاحة في وضع الطيار الآلي: دون الاعتماد على القرارات الذاتية، ودون الحاجة إلى التدخل اليدوي في كل مرحلة، ولكن مع إمكانية التتبع والتحكم الرقمي الكامل (الشكل-10.2 2-2).



الشكل2-10-10.2 سيتم تعزيز التحول من اتخاذ القرارات استنادًا إلى آراء الخبراء المهمين (HiPPO) إلى تحليل البيانات في المقام الأول من قبل العميل.

من خلال تعلم الأساليب والمبادئ والأدوات المعروضة في هذا الكتاب، ستتمكن من البدء في اتخاذ قرارات تعتمد على

البيانات، بدلاً من القرارات البديهية في شركتك. كما ستتمكن أيضًا من تشغيل سلاسل الوحدات النمطية في وحدات LLMs، ونسخ خطوط أنابيب ETL Pipelines الجاهزة في بيئة التطوير (IDE)، ومعالجة البيانات تلقائيًا للحصول على المعلومات التي تحتاجها بالشكل الذي تريده. بناءً على فصول الكتاب المتعلقة بالبيانات الضخمة والتعلم الآلي، ستتمكن بعد ذلك من تنفيذ سيناريوهات أكثر تعقيداً - استخراج رؤى جديدة من البيانات التاريخية وتطبيق خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ بعملياتك وتحسينها.

ستوفر البيانات والعمليات المفتوحة الأساس لتقديرات أكثر دقة لتكاليف المشروع والجداول الزمنية، مما يمنع شركات الإنشاءات من المضاربة على بيانات مبهمة. ويمثل هذا الأمر تحدياً وفرصة للصناعة لإعادة التفكير في دورها والتكيف مع بيئة جديدة ستصبح فيها الشفافية والكفاءة عاملين رئيسيين للنجاح.

> الاستعداد لأخذ المعرفة ووضعها موضع التنفيذ هو مفتاح النجاح في عصر التحول الرقمي.

الشركات التي تدرك ذلك أولاً ستتمتع بميزة في المنافسة الرقمية الجديدة. ولكن من المهم إدراك أن البيانات وحدها لن تغير أي شيء. سيحتاج الكثير من الناس إلى تغيير طريقة تفكيرهم، وهذا يتطلب حافزاً. يجب أن تعيد شركتك التفكير في الطريقة التي تشارك بها البيانات

إن الأشخاص الذين يغيرون الشركة هم الأشخاص الذين يعرفون كيفية العمل مع هذه البيانات وتفسيرها واستخدامها لتحسينها وإنشاء بنية عملية جديدة بناءً عليها.

إذا كنت تقرأ هذه السطور، فأنت جاهز للتغيير وأنت بالفعل متقدم خطوة إلى الأمام. شكرًا لك على اختيارك هذا المسار. مرحبًا بك في عصر التحول الرقمي!

عن المؤلف

اسمي أرتيوم بويكو. بدأت رحلتي في موقع البناء في عام 2007 - بوظيفة عامل منجم في منجم للصخر الزيتي في مسقط رأسي أثناء دراستي في جامعة سانت بطرسبرغ للتعدين، وتخصصت في بناء المناجم وتحت الأرض. يمكنك أن ترى على الغلاف الخلفي لهذا الكتاب صورة عامل انفجار في الوجه حيث قمنا بتعدين وتفجير مئات المكعبات من الصخر الزيتي. لقد أخذتني مسيرتي المهنية في العديد من الاتجاهات المختلفة، من العمل كعامل بناء في المناجم وتحت الأرض إلى متسلق صناعي وعامل تركيب معدات التسقيف والمصاعد. لقد كان لي شرف المشاركة في مشاريع من مختلف المستويات، من بناء المنازل الخاصة إلى المنشآت الصناعية الكبيرة في مناطق مختلفة من العالم.

بمرور الوقت، تحوّل عملي من البناء المادي إلى إدارة المعلومات والعمليات الرقمية. منذ عام 2013، عملت في مناصب مختلفة في شركات الإنشاءات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة في عدة مناطق في ألمانيا، من مصمم إلى مدير إدارة البيانات. فيما يتعلق بإدارة البيانات، تتمثل خبرتي في العمل مع البيانات في أنظمة تخطيط موارد المؤسسات المختلفة ، CAD (BIM)، و MEP ، و FEM، و CMS. لقد شاركتُ في التحسين وأتمتة العمليات، بالإضافة إلى التحليل والتعلم الآلي ومعالجة البيانات في مراحل التخطيط والحساب والتنفيذ لأعمال البناء في شركات الإنشاءات الصناعية والسكنية والبنية التحتية والمرافق العامة.

أعمل مع البرمجيات مفتوحة المصدر والبيانات المفتوحة منذ عام 2003. وخلال هذا الوقت، قمتُ بتنفيذ العديد من مشاريع الويب - من المواقع الإلكترونية والمتاجر الإلكترونية إلى تطبيقات الويب الكاملة - باستخدام حلول مفتوحة المصدر ونظام إدارة المحتوى المفتوح. تتميز هذه المنصات، التي تشبه من نواحٍ عديدة المنصات الحديثة لتخطيط موارد المؤسسات الحديثة، ببنية معيارية وقابلية عالية للتكيف وسهولة الوصول إليها. وضعت هذه التجربة الأساس لنهجي المهني - التركيز على التقنيات مفتوحة المصدر وثقافة التطوير التعاوني. إن احترام المصدر المفتوح والتبادل الحر للمعرفة هو أمر أسعى إلى تعزيزه في قطاع الإنشاءات. وقد تُرجم عملي في تحسين إمكانية الوصول إلى البيانات في صناعة الإنشاءات إلى إنشاء العديد من مجتمعات وسائل التواصل الاجتماعي لمناقشة انفتاح البيانات واستخدام المصادر

المفتوحة في مجال الإنشاءات، بالإضافة إلى إطلاق العديد من الشركات الناشئة التي تعمل على تطوير حلول لتوفير الوصول إلى البيانات من مختلف الأنظمة والمنصات المغلقة.

وتتمثل مساهمتي في المجتمع المهني من خلال المشاركة كمتحدث في مؤتمرات تغطي قابلية التشغيل البيني للحاسوب (BIM) ، وتخطيط موارد المؤسسات ، و4D-5D، والتعلم الآلي والذكاء الاصطناعي ، بالإضافة إلى مقالات منشورة في منشورات صناعة البناء الأوروبية. أحد إنجازاتي البارزة هو إنشاء "تاريخ نمذجة معلومات البناء" [111]، وهو عبارة عن خريطة شاملة للحلول البرمجية المهمة لإدارة البيانات في صناعة الإنشاءات. وقد تم الاعتراف على نطاق واسع بسلسلة مقالاتي المكونة من 7 أجزاء بعنوان "تطوير نمذجة معلومات البناء وألعاب الضغط"، والتي تُرجمت إلى عدة لغات، كمحاولة لإلقاء الضوء على الديناميكيات الخفية للمعايير الرقمية.

هكذا انتقلت من التنقيب عن الصخور - إلى التنقيب عن بيانات البناء وتنظيمها. أنا منفتح دائمًا على الحوار المهني والأفكار الجديدة والمشاريع المشتركة. سأتقبل بامتنان أي ملاحظات وأتطلع إلى تلقي رسائلكم أو رؤيتكم بين متابعي وسائل التواصل الاجتماعي الخاصة بي. شكراً جزيلاً لكم على قراءة هذا الكتاب حتى النهاية! سأكون سعيدًا إذا ساعدك هذا الكتاب في فهم موضوع البيانات في صناعة البناء والتشييد بشكل أفضل.

علاقة أخرى

تلعب آراء القراء دوراً مهماً في مواصلة تطوير المنشورات واختيار المواضيع ذات الأولوية. وتكتسب التعليقات على الأفكار التي أثبتت فائدتها والأفكار التي أثارت شكوكاً وتتطلب مزيداً من التوضيح أو الاستشهاد بالمصادر قيمة خاصة. يتضمن الكتاب مجموعة واسعة من المواد والتحليلات التي قد يبدو بعضها مثيراً للجدل أو غير موضوعي. إذا وجدت، أثناء القراءة، عدم دقة أو مصادر مستشهد بها بشكل غير صحيح، أو تناقضات منطقية أو أخطاء مطبعية، سأكون ممتناً لتعليقاتك أو أفكارك أو انتقاداتك، والتي يمكنك إرسالها إلىboikoartem@gmail.com. أو من خلال الرسائل على موقع لينكد إن linkedin.:

سأكون في غاية الامتنان لأي ذكر لكتاب "البناء القائم على البيانات" على وسائل التواصل الاجتماعي - فمشاركة تجربة القراءة تساعد في نشر الكلمة عن البيانات والأدوات المفتوحة وتدعم عملي.

تعليق على الترجمة

تمت ترجمة هذا الكتاب باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي. وقد أدى ذلك إلى جعل عملية الترجمة أسرع بكثير. ومع ذلك، كما هو الحال مع أي عملية تكنولوجية، قد تحدث أخطاء أو عدم دقة. إذا لاحظت أي شيء يبدو غير صحيح أو ترجمة غير صحيحة، يرجى مراسلتي عبر البريد الإلكتروني. ستساعد تعليقاتكم في تحسين جودة الترجمة.

مجتمعات الإنشاءات المستندة إلى البيانات

إنه مكان يمكنك فيه طرح أسئلتك ومشاركة مشاكلك وحلولك بحرية:

DataDrivenConstruction.io: https://datadrivenconstruction.io

لينكد إن: https://www.linkedin.com/company/datadrivenconstruction/

تويتر: https://twitter.com/datadrivenconst

برقية: https://t.me/datadrivenconstruction

يوتيوب: https://www.youtube.com/@datadrivenconstruction

مهارات ومفاهيم أخرى

بالإضافة إلى المبادئ الأساسية للعمل مع البيانات في قطاع الإنشاءات، يتناول DataDrivenConstruction مجموعة واسعة من المفاهيم والبرامج والمهارات الإضافية الضرورية للمحترف المعتمد على البيانات. يتم عرض بعضها بشكل عام فقط، ولكنها ضرورية للممارسة.

يمكن للقارئ المهتم زيارة الموقع الإلكتروني DataDrivenConstruction.io للحصول على روابط لمواد إضافية حول المهارات الأساسية. وتتضمن هذه المواد العمل مع Python و Pandas ، وبناء عمليات ETL ، وأمثلة على معالجة البيانات في مشاريع التصميم بمساعدة الحاسوب في مجال البناء ، وأنظمة البيانات الضخمة، والنهج الحديثة لتصور بيانات البناء والتحليلات.

تم استخدام العديد من الأدوات والبرمجيات مفتوحة المصدر في إعداد كتاب "DataDrivenConstruction" وجميع دراسات الحالة. يود المؤلف أن يشكر المطورين والمؤلفين المشاركين في الحلول التالية:

- بايثون وبانداس - العمود الفقري لمعالجة البيانات والأتمتة
- Scipy و NumPy و Matplotlib و Scikit-Learn - مكتبات لتحليل البيانات والتعلم الآلي
- SQL وApache Parquet - أدوات لتخزين ومعالجة كميات كبيرة من بيانات البناء
- المصدر المفتوح CAD أدوات البيانات المفتوحة المصدر CAD (دوات البيانات المفتوحة بتنسيقات مفتوحة
- Apache NiFi ، Apache Airflow ،N8n - أنظمة التنسيق وأتمتة سير العمل
- DeepSeek, LlaMa, Mistral - مفتوح المصدر LLM

شكر خاص لجميع المشاركين في المناقشات حول موضوع البيانات والأدوات المفتوحة في المجتمعات المهنية والشبكات الاجتماعية، الذين ساعدت انتقاداتهم وتعليقاتهم وأفكارهم في تحسين محتوى هذا الكتاب وهيكله.

تابع تطوير المشروع على الموقع الإلكتروني DataDrivenConstruction.io، حيث لا يتم نشر تحديثات وتصحيحات الكتاب فحسب، بل يتم نشر فصول جديدة ودروس تعليمية وأمثلة عملية لتطبيق التقنيات الموصوفة.

أقصى قدر من الراحة مع النسخة المطبوعة

أنت تحتفظ بنسخة رقمية مجانية من كتاب **البناء القائم على البيانات**. لمزيد من الراحة في العمل والوصول السريع إلى المواد نوصيك بالاهتمام بالنسخة **المطبوعة**:

- **دائمًا في متناول اليد:** سيصبح الكتاب في شكله المطبوع أداة عمل موثوق بها، مما يتيح لك العثور على التصورات والرسوم البيانية المناسبة واستخدامها بسرعة في أي موقف عمل

- **رسومات توضيحية عالية الجودة:** جميع الصور والرسومات في النسخة المطبوعة مقدمة بأعلى جودة

- **الوصول السريع إلى المعلومات:** سهولة التصفح والقدرة على تدوين الملاحظات والإشارات المرجعية والعمل مع الكتاب في أي مكان.

من خلال شراء النسخة المطبوعة الكاملة من الكتاب، تحصل على أداة ملائمة للعمل المريح والفعال مع المعلومات: القدرة على استخدام المواد المرئية بسرعة في المهام اليومية، والعثور بسرعة على المخططات اللازمة وتدوين الملاحظات. بالإضافة إلى ذلك، فإن شرائك للكتاب يدعم نشر المعرفة المفتوحة.

اطلب نسخة مطبوعة من الكتاب على: datadrivenconstruction.io/books

فرصة فريدة من نوعها لـ

التموضع الاستراتيجي

نعرض عليك وضع مواد إعلانية في النسخة المجانية من DataDrivenConstruction.

لقد جذبت النسخة المدفوعة من المنشور اهتمام المتخصصين من أكثر من 50 دولة في العالم - من أمريكا اللاتينية إلى منطقة آسيا والمحيط الهادئ - في السنة الأولى بعد نشره.

لمناقشة شروط التعاون الفردي والحصول على معلومات مفصلة حول فرص التوظيف، يرجى ملء استمارة الملاحظات على البوابة الرسمية datadrivenconstruction.io أو مراسلة جهات الاتصال المدرجة في نهاية الكتاب.

فصول الكتاب متوفرة على الموقع الإلكتروني

datadrivenconstruction.io

يمكنك قراءة فصول من كتاب البناء القائم على البيانات على الموقع الإلكتروني للبناء القائم على البيانات، حيث يتم نشر أجزاء من الكتاب تدريجياً بحيث يمكنك العثور بسرعة على المعلومات التي تحتاجها واستخدامها في عملك. ستجد أيضاً العديد من المنشورات الأخرى حول مواضيع مشابهة، بالإضافة إلى أمثلة لتطبيقات وحلول تساعدك على تطوير مهاراتك وتطبيق البيانات في البناء.

أحدث إصدارات الكتاب

تحميل من الموقع الرسمي

الإصدارات الحالية والأحدث من كتاب DataDrivenConstruction متاحة للتحميل على datadrivenconstruction.io. إذا كنت ترغب في الحصول على تحديثات بفصول جديدة من الكتاب أو نصائح عملية أو مراجعات لتطبيقات جديدة، اشترك في النشرة الإخبارية:

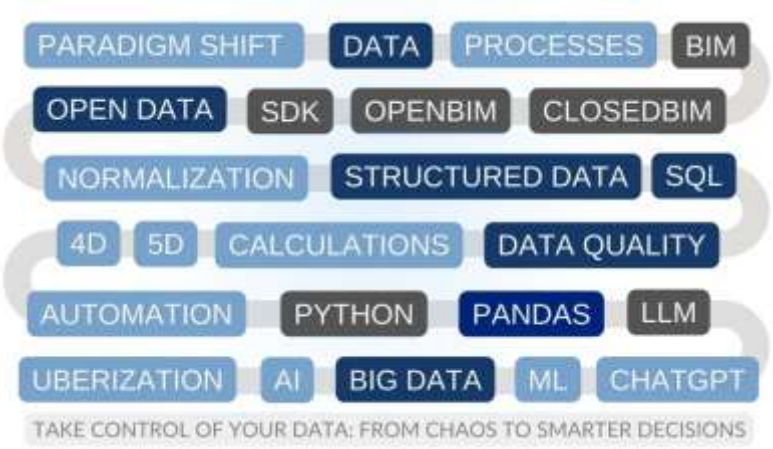
- سوف تكون أول من يتعرف على الأقسام الجديدة من الكتاب
- احصل على دراسات حالة عملية ونصائح حول التحليلات والأتمتة في قطاع الإنشاءات
- مواكبة أحدث الاتجاهات والمنشورات وأمثلة التطبيقات

انتقل إلى datadrivenconstruction.io للاشتراك!

البناء القائم على البيانات:

الاستشارات وورش العمل والتدريب

ساعدت برامج DataDrivenConstruction التدريبية والاستشارات التي تقدمها DataDrivenConstruction العشرات من شركات الإنشاءات الرائدة حول العالم على زيادة الكفاءة وخفض التكاليف وتحسين جودة الحلول. تشمل قائمة عملاء DataDrivenConstruction بعضاً من أكبر اللاعبين في سوق تبلغ قيمته مليار يورو، بما في ذلك شركات الإنشاءات والاستشارات وتكنولوجيا المعلومات.



لماذا تختارنا؟

- **الملاءمة:** التحدث عن الاتجاهات والرؤى الرئيسية للصناعة
- **عملي:** مساعدة المهنيين على حل المهام اليومية بكفاءة من خلال برنامج إثبات المفهوم.
- **نهج مخصص:** مصمم خصيصًا لعملك، مما يزيد من فوائد التدريب والمشورة إلى أقصى حد

مجالات التركيز الرئيسية لفريق DataDrivenConstruction:

- **إدارة جودة البيانات:** المساعدة في تحديد معايير المهام، وجمع المتطلبات ، والتحقق من صحة البيانات وإعدادها للمعالجة الآلية.
- **التنقيب عن البيانات - استخراج البيانات وهيكلتها:** إعداد عمليات ETL واستخراج البيانات من رسائل البريد الإلكتروني، وملفات PDF ، وExcel ، والصور وغيرها من المصادر.
- **BIM و CAD التحليلات**: جمع المعلومات وهيكلتها وتحليلها من ملفات RVT و IFC و DWG وغيرها من تنسيقات CAD (BIM).
- **التحليلات وتحويل البيانات:** تحويل المعلومات المتباينة إلى بيانات منظمة وتحليلات ورؤى وقرارات.
- **تكامل البيانات وأتمتة العمليات:** من إنشاء المستندات آلياً إلى التكامل مع الأنظمة الداخلية وقواعد البيانات الخارجية.

تواصل مع DataDrivenConstruction.io لمعرفة كيف يمكن أن يساعد استخدام الأتمتة شركتك في تحقيق نتائج أعمال ملموسة.

مسرد المصطلحات

الذكاء الاصطناعي (الذكاء الاصطناعي) - الذكاء الاصطناعي؛ قدرة أنظمة الكمبيوتر على أداء المهام التي تتطلب عادةً ذكاءً بشريًا، مثل التعرف على الأنماط والتعلم واتخاذ القرارات.

Apache Airflow هي عبارة عن منصة مفتوحة المصدر لتنسيق سير العمل تتيح لك إنشاء عمليات سير العمل وعمليات ETLs وجدولتها وتتبعها برمجيًا باستخدام DAGs (رسوم بيانية موجهة متسلسلة مترابطة).

Apache NiFi هي أداة لأتمتة تدفق البيانات بين الأنظمة، وهي متخصصة في توجيه البيانات وتحويلها.

Apache Parquet هو تنسيق ملف فعال لتخزين البيانات العمودية، مُحسَّن للاستخدام في أنظمة تحليل البيانات الضخمة. يوفر ضغطًا كبيرًا ومعالجة سريعة.

واجهة برمجة التطبيقات (API) - واجهة **برمجة التطبيقات (API)** - واجهة رسمية تسمح لبرنامج ما بالتفاعل مع برنامج آخر دون الوصول إلى التعليمات البرمجية المصدرية، وتبادل البيانات والوظائف من خلال طلبات واستجابات موحدة.

السمة - خاصية أو خاصية لجسم ما تصف سماته (على سبيل المثال، المساحة، الحجم، التكلفة، المادة).

قواعد البيانات هي هياكل منظمة لتخزين المعلومات وإدارتها والوصول إليها، وتستخدم لاسترجاع البيانات ومعالجتها بكفاءة.

BEP (خطة تنفيذ نمذجة معلومات البناء**)** - خطة تنفيذ نمذجة معلومات البناء التي تحدد أهداف وأساليب وعمليات تنفيذ نمذجة معلومات البناء في المشروع.

البيانات الضخمة - مصفوفات من المعلومات ذات الحجم الكبير والتنوع ومعدل التحديث، والتي تتطلب تقنيات خاصة للمعالجة والتحليل.

ذكاء الأعمال (BI) - **ذكاء** الأعمال؛ العمليات والتقنيات والأدوات اللازمة لتحويل البيانات إلى معلومات ذات مغزى لاتخاذ القرارات.

نمذجة معلومات البناء (BIM) - نمذجة معلومات البناء؛ وهي عملية إنشاء وإدارة التمثيل الرقمي للخصائص المادية والوظيفية لمشاريع البناء، بما في ذلك ليس فقط النماذج ثلاثية الأبعاد، بل أيضاً المعلومات المتعلقة بالأداء والمواد والتوقيت والتكلفة.

BlackBox/WhiteBox - مقاربتان لفهم النظام: في الحالة الأولى، يكون المنطق الداخلي مخفيًا، ولا تظهر سوى المدخلات والمخرجات؛ وفي الحالة الثانية، تكون المعالجة شفافة ومتاحة للتحليل.

المربع المحيط هو بناء هندسي يصف حدود جسم ما في فضاء ثلاثي الأبعاد من خلال الإحداثيات الصغرى والكبرى X وY وZ، مما يؤدي إلى إنشاء "مربع" حول الجسم.

BREP (تمثيل الحدود) هو تمثيل هندسي للأجسام يحددها من خلال حدود الأسطح.

CAD (التصميم بمساعدة الحاسوب) هو نظام تصميم بمساعدة الحاسوب يُستخدم لإنشاء وتحرير وتحليل رسومات دقيقة ونماذج ثلاثية الأبعاد في مجالات الهندسة المعمارية والبناء والهندسة وغيرها من الصناعات.

برنامج **CAFM (إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب)** هو برنامج لإدارة الممتلكات والبنية التحتية يتضمن تخطيط المساحات وإدارة الأصول والصيانة ومراقبة التكاليف.

CDE (بيئة البيانات المشتركة) - مساحة رقمية مركزية لإدارة معلومات المشروع وتخزينها ومشاركتها والتعاون معها في جميع مراحل دورة حياة المنشأة.

مركز التميز (CoE) هو هيكل متخصص داخل المؤسسة مسؤول عن تطوير مجال محدد من مجالات المعرفة، وتطوير المعايير وأفضل الممارسات، وتدريب الموظفين ودعم إدخال الابتكارات.

CoClass هو نظام حديث من الجيل الثالث لتصنيف عناصر البناء.

نموذج البيانات المفاهيمي هو تمثيل عالي المستوى للكيانات الأساسية وعلاقاتها دون تفاصيل السمات، ويستخدم في المراحل الأولية لتصميم قاعدة البيانات.

إدارة علاقات العملاء (CRM) هو نظام لإدارة علاقات العملاء يُستخدم لأتمتة عمليات البيع والخدمة.

DAG (الرسم البياني الحلقي الموجه) هو رسم بياني حلقي موجه يستخدم في أنظمة تنسيق البيانات (Airflow وNiFi) لتحديد تسلسل المهام والتبعيات.

داش هو إطار عمل بايثون لإنشاء تصورات تفاعلية للبيانات على الويب.

لوحة التحكم - **لوحة تحكم** تعرض بصرياً مؤشرات الأداء الرئيسية والمقاييس في الوقت الفعلي.

المنهجية المتمحورة حول البيانات هي منهجية تعطي الأولوية للبيانات على التطبيقات أو التعليمات البرمجية، مما يجعل البيانات هي الأصل المركزي للمؤسسة.

حوكمة البيانات - مجموعة من الممارسات والعمليات والسياسات التي تضمن الاستخدام المناسب والفعال للبيانات داخل المؤسسة، بما في ذلك ضوابط الوصول والجودة والأمان.

بحيرة البيانات عبارة عن منشأة تخزين مصممة لتخزين كميات كبيرة من البيانات الأولية بصيغتها الأصلية حتى يتم استخدامها.

Data Lakehouse هو نهج معماري يجمع بين مرونة بحيرات البيانات (Data **Lake**) وقابليتها للتوسع مع قابلية الإدارة والأداء في مستودعات البيانات (DWH).

البناء المستند إلى البيانات هو نهج استراتيجي يتم فيه دعم كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنشأة - من التصميم إلى العمليات - من خلال أنظمة آلية مترابطة. يوفر هذا النهج تعلُّمًا مستمرًا قائمًا على الحقائق، ويقلل من عدم اليقين ويمكّن الشركات من تحقيق الريادة المستدامة في هذا المجال.

شركة دمج البيانات - شركة متخصصة في دمج البيانات من مصادر متباينة وتحليلها لاتخاذ قرارات إدارية.

المنهجية القائمة على البيانات - منهجية يُنظر فيها إلى البيانات على أنها أصل استراتيجي ويتم اتخاذ القرارات بناءً على تحليل موضوعي للمعلومات بدلاً من الآراء الذاتية.

تبسيط البيانات - وهو نهج لتقليل البيانات إلى أكثرها قيمة وفائدة، مما يسمح بمعالجة المعلومات وتحليلها بشكل مبسط.

مستنقع البيانات - كتلة مبعثرة من البيانات غير المنظمة التي تحدث عندما يتم جمع المعلومات وتخزينها بطريقة غير منضبطة دون تنظيم مناسب.

DataOps هي منهجية تجمع بين مبادئ DevOps والبيانات والتحليلات، وتركز على تحسين التعاون والتكامل وأتمتة تدفقات البيانات.

رقمنة **المعلومات** هي عملية تحويل جميع جوانب نشاط البناء إلى شكل رقمي مناسب للتحليل والتفسير والأتمتة.

DataFrame - بنية بيانات ثنائية الأبعاد في مكتبة Pandas، حيث تمثل الصفوف سجلات أو كائنات فردية وتمثل الأعمدة خصائصها أو سماتها.

التحليلات **الوصفية** - تحليل البيانات التاريخية لفهم ما حدث في الماضي.

التحليلات **التشخيصية** - تحليل البيانات لتحديد سبب حدوث شيء ما.

مخطط جانت عبارة عن أداة لتخطيط المشروع تمثل المهام على شكل أشرطة أفقية على جدول زمني، مما يتيح لك تصور تسلسل العمل ومدته.

DWH (مستودع البيانات) هو نظام مستودع بيانات مركزي يجمع المعلومات من مصادر متعددة، ويقوم بهيكلتها وإتاحتها للتحليلات وإعداد التقارير.

ESG (الحوكمة البيئية والاجتماعية والحوكمة) - مجموعة من المعايير لتقييم الآثار البيئية والاجتماعية والحوكمة لشركة أو مشروع ما.

ELT (الاستخراج والتحميل والتحويل) هي عملية يتم فيها استخراج البيانات أولاً من المصادر وتحميلها إلى مستودع ثم تحويلها لأغراض التحليل.

ETL (الاستخراج والتحويل والتحميل) هي عملية استخراج البيانات من مصادر مختلفة وتحويلها إلى التنسيق المطلوب وتحميلها إلى وحدة التخزين المستهدفة لتحليلها.

مخطط ER-diagram (علاقة الكيان-العلاقة) - مخطط مرئي يوضح الكيانات وسماتها والعلاقات بينها، ويستخدم في نمذجة البيانات.

تخطيط موارد المؤسسة (ERP) هو نظام تخطيط موارد المؤسسة المعياري الشامل المستخدم لإدارة وتحسين الجوانب المختلفة لعملية البناء.

الميزات - في التعلّم الآلي، المتغيرات أو السمات المستقلة المستخدمة كمدخلات للنموذج.

نموذج البيانات المادية - تمثيل تفصيلي لهيكل قاعدة البيانات، بما في ذلك الجداول والأعمدة وأنواع البيانات والمفاتيح والفهارس، المحسّنة لنظام إدارة قواعد بيانات معين.

FPDF هي مكتبة بايثون لإنشاء مستندات PDF.

Geometric Core عبارة عن مكون برمجي يوفر خوارزميات أساسية لإنشاء كائنات هندسية وتحريرها وتحليلها في CAD و BIM والتطبيقات الهندسية الأخرى.

HiPPO (رأي الشخص الأعلى أجرًا) - وهو نهج لاتخاذ القرارات استنادًا إلى رأي الشخص الأعلى أجرًا في المؤسسة بدلاً من البيانات الموضوعية.

IDE (بيئة التطوير المتكاملة) - بيئة التطوير المتكاملة، وهي أداة شاملة لكتابة التعليمات البرمجية واختبارها وتصحيحها (مثل PyCharm و VS Code و Jupyter Notebook).

IDS (مواصفات تسليم المعلومات) هي مواصفات تسليم المعلومات التي تحدد متطلبات البيانات في مراحل مختلفة من المشروع.

IFC (فئات أساس الصناعة) هو تنسيق تبادل بيانات نمذجة معلومات المباني الذي يضمن إمكانية التشغيل البيني بين حلول البرمجيات المختلفة.

الصناعة 5.0 هو مفهوم التنمية الصناعية الذي يجمع بين إمكانات الرقمنة والأتمتة والذكاء الاصطناعي والإمكانات البشرية والاستدامة البيئية.

تكامل البيانات هو عملية دمج البيانات من مصادر مختلفة في نظام واحد متماسك لتوفير رؤية موحدة للمعلومات.

صوامع المعلومات هي أنظمة تخزين البيانات المعزولة التي لا تشارك المعلومات مع الأنظمة الأخرى، مما يخلق عوائق أمام الاستخدام الفعال للبيانات.

إنترنت الأشياء هو مفهوم توصيل الأشياء المادية بالإنترنت لجمع البيانات ومعالجتها ونقلها.

k-NN (k-Nearest Neighbours) هي خوارزمية تعلّم آلي تصنّف الكائنات بناءً على التشابه مع أقرب الجيران في عينة التدريب.

Kaggle هي منصة لتحليل البيانات ومسابقات التعلم الآلي.

الحساب - حساب تكلفة أعمال أو عمليات البناء لوحدة قياس معينة (على سبيل المثال 1 متر مربع من الجدران الجصية، 1 متر مكعب من الخرسانة).

مؤشرات الأداء الرئيسية (مؤشرات الأداء الرئيسية) هي مؤشرات أداء رئيسية، وهي مقاييس قابلة للقياس الكمي تُستخدم لتقييم نجاح شركة أو مشروع معين.

التسميات - في التعلم الآلي، المتغيرات أو السمات المستهدفة التي يجب أن يتنبأ بها النموذج.

خوارزمية التعلّم - عملية إيجاد أفضل فرضية في نموذج يتوافق مع دالة مستهدفة باستخدام مجموعة من بيانات التدريب.

الانحدار الخطي - طريقة إحصائية لنمذجة العلاقة بين متغير تابع ومتغير مستقل واحد أو أكثر.

LLM (نموذج اللغة الكبيرة) - نموذج اللغة الكبيرة، وهو ذكاء اصطناعي مدرّب على فهم وتوليد النصوص من كميات هائلة من البيانات، وقادر على تحليل السياق وكتابة التعليمات البرمجية.

LOD (مستوى التفاصيل/التطوير) - مستوى تفاصيل النموذج الذي يحدد درجة الدقة الهندسية ومحتوى المعلومات.

نموذج البيانات المنطقي هو وصف تفصيلي للكيانات والسمات والمفاتيح والعلاقات التي تعكس معلومات وقواعد العمل، وهي مرحلة وسيطة بين النموذجين المفاهيمي والمادي.

التعلّم الآلي - فئة من تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تسمح لأنظمة الكمبيوتر بالتعلّم وإجراء تنبؤات من البيانات دون برمجة صريحة.

Masterformat هو نظام تصنيف من الجيل الأول يستخدم لهيكلة مواصفات البناء إلى أقسام وتخصصات.

MEP (الميكانيكية والكهربائية والسباكة) - أنظمة هندسة المباني التي تشمل المكونات الميكانيكية والكهربائية والسباكة.

الشبكة هي تمثيل شبكي لأجسام ثلاثية الأبعاد تتكون من رؤوس وحواف وأوجه.

النموذج - في التعلّم الآلي، مجموعة من الفرضيات المختلفة التي تقارب إحداها الدالة المستهدفة المراد التنبؤ بها أو تقريبها.

نمذجة البيانات هي عملية إنشاء تمثيل منظم للبيانات وعلاقاتها لتنفيذها في نظم المعلومات، بما في ذلك المستويات المفاهيمية والمنطقية والمادية.

n8n هي أداة مفتوحة المصدر لأتمتة سير العمل ودمج التطبيقات من خلال نهج منخفض الكود.

التطبيع - في التعلّم الآلي، عملية وضع بيانات رقمية مختلفة على مقياس مشترك لتسهيل المعالجة والتحليل.

الهندسة العكسية - عملية دراسة الجهاز والأداء الوظيفي وتكنولوجيا التصنيع لشيء ما من خلال تحليل هيكله ووظائفه وتشغيله. في سياق البيانات - استخراج المعلومات من التنسيقات الخاصة لاستخدامها في الأنظمة المفتوحة.

OCR (التعرف الضوئي على الأحرف) هي تقنية التعرف **الضوئي** على **الأحرف** التي تقوم بتحويل الصور النصية (المستندات الممسوحة ضوئيًا والصور) إلى تنسيق نص يمكن قراءته آليًا.

OmniClass هو معيار تصنيف دولي من الجيل الثاني لإدارة معلومات الإنشاءات.

علم الوجود - نظام من العلاقات المتبادلة بين المفاهيم التي تضفي الطابع الرسمي على مجال معرفي معين.

المصدر المفتوح - نموذج لتطوير وتوزيع برمجيات مفتوحة المصدر متاحة للاستخدام والدراسة والتعديل مجاناً.

نمذجة معلومات المباني المفتوحة هو مفهوم نمذجة معلومات المباني المفتوحة، والذي يتضمن استخدام معايير وتنسيقات مفتوحة لتبادل البيانات بين حلول البرمجيات المختلفة.

المعايير المفتوحة - المواصفات المتاحة للجمهور لتحقيق مهمة محددة تسمح للأنظمة المختلفة بالتفاعل وتبادل البيانات.

Pandas عبارة عن مكتبة Python مفتوحة المصدر لمعالجة البيانات وتحليلها، حيث توفر هياكل بيانات DataFrame وSeries لمعالجة المعلومات المجدولة بكفاءة.

نموذج البيانات المفتوحة هو نهج لمعالجة البيانات يتم من خلاله إتاحة المعلومات مجانًا لاستخدامها وإعادة استخدامها ونشرها من قبل أي شخص.

الطريقة **البارامترية** هي طريقة لتقدير المشاريع الإنشائية تستخدم نماذج إحصائية لتقدير القيمة بناءً على معلمات المشروع.

PIMS (نموذج معلومات المشروع) هو نظام رقمي مصمم لتنظيم وتخزين ومشاركة جميع معلومات المشروع.

Pipeline - سلسلة من عمليات معالجة البيانات، من الاستخراج والتحويل إلى التحليل والتصور.

نظام إدارة معلومات المشروع (PMIS) هو نظام لإدارة المشاريع مصمم للتحكم التفصيلي في المهام على مستوى مشروع إنشائي فردي.

التحليلات **التنبؤية** هي قسم من أقسام التحليلات التي تستخدم الأساليب الإحصائية والتعلم الآلي للتنبؤ بالنتائج المستقبلية بناءً على البيانات التاريخية.

التحليلات **التوجيهية** - قسم من التحليلات التي لا تتنبأ بالنتائج المستقبلية فحسب، بل تقترح أيضًا الإجراءات المثلى لتحقيق النتائج المرجوة.

التنسيقات **الاحتكارية** هي تنسيقات بيانات مغلقة تتحكم فيها شركة معينة تحد من القدرة على مشاركة المعلومات وتزيد من الاعتماد على برمجيات محددة.

QTO (سحب الكمية) هي عملية استخراج كميات العناصر من مستندات التصميم لحساب كميات المواد المطلوبة لتنفيذ المشروع.

نظام إدارة الجودة - نظام إدارة الجودة الذي يضمن تلبية العمليات والنتائج للمتطلبات المحددة.

RAG (التوليد المعزّز للاسترجاع) هي طريقة تجمع بين القدرات التوليدية للنماذج اللغوية واستخراج المعلومات ذات الصلة من قواعد بيانات الشركات، مما يحسّن دقة الإجابات وأهميتها.

RDBMS (نظام إدارة قواعد البيانات العلائقية) هو نظام إدارة قواعد البيانات العلائقية الذي ينظم المعلومات في شكل جداول مترابطة.

RegEx (التعبيرات العادية) هي لغة رسمية للبحث عن السلاسل ومعالجتها، مما يسمح لك بتحديد قوالب لفحص البيانات النصية للتحقق من توافقها مع معايير معينة.

الانحدار هو طريقة إحصائية لتحليل العلاقة بين المتغيرات.

إن **حسابات ثاني أكسيد الكربون** هي طريقة لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج واستخدام مواد وعمليات البناء.

طريقة الموارد هي طريقة لإجراء تقديرات تستند إلى تحليل مفصل لجميع الموارد (المواد والعمالة والمعدات) اللازمة لأداء أعمال البناء.

RFID (تحديد الهوية بالترددات الراديوية) هي تقنية لتحديد الأشياء تلقائيًا باستخدام إشارات الراديو، وتستخدم لتتبع المواد والآلات والأفراد.

العائد على الاستثمار هو مؤشر يعكس النسبة بين الربح والأموال المستثمرة، ويُستخدم لتقييم فعالية الاستثمارات.

SaaS (البرمجيات كخدمة**)** هو نموذج للبرمجيات كخدمة حيث يتم استضافة التطبيقات من قبل مزود وإتاحتها للمستخدمين عبر الإنترنت.

SCM (إدارة سلسلة التوريد) - إدارة سلسلة التوريد، والتي تشمل تنسيق جميع العمليات وتحسينها بدءًا من شراء المواد إلى تسليم المنتجات النهائية.

صوامع البيانات عبارة عن مخازن معزولة للمعلومات داخل المؤسسة لا تتكامل مع الأنظمة الأخرى، مما يجعل من الصعب مشاركة البيانات وعدم فعاليتها.

SQL (لغة الاستعلام المهيكلة**)** هي لغة استعلام منظمة تستخدم للعمل مع قواعد البيانات العلائقية.

SQLite هو نظام إدارة قاعدة بيانات خفيف الوزن وقابل للتضمين ومتعدد المنصات ولا يتطلب خادمًا منفصلاً ويدعم وظائف SQL الأساسية، ويستخدم على نطاق واسع في تطبيقات الأجهزة المحمولة والأنظمة المدمجة.

البيانات المهيكلة - معلومات منظمة بتنسيق محدد مع بنية واضحة، كما هو الحال في قواعد البيانات العلائقية أو الجداول.

البيانات المنظمة بشكل فضفاض - معلومات ذات تنظيم جزئي وهيكل مرن، مثل JSON أو XML، حيث قد تحتوي العناصر المختلفة على مجموعات مختلفة من السمات.

الكيان هو كائن ملموس أو مجرّد في العالم الحقيقي يمكن تحديده ووصفه وتمثيله بشكل فريد في شكل بيانات.

التعلّم **الخاضع للإشراف** - نوع من التعلّم الآلي يتم فيه تدريب خوارزمية على بيانات مجزأة حيث تكون النتيجة المطلوبة معروفة لكل مثال.

التصنيف هو نظام تصنيف هرمي يُستخدم لتصنيف العناصر بشكل منهجي بناءً على السمات المشتركة.

مجموعة بيانات Titanic Dataset هي مجموعة بيانات شائعة لتدريب واختبار نماذج التعلم الآلي.

التدريب - العملية التي تقوم فيها خوارزمية التعلّم الآلي بتحليل البيانات لتحديد الأنماط وتكوين نموذج.

التعلّم التحوّلي هو تقنية تعلّم آلي يتم فيها استخدام نموذج تم تدريبه لمهمة واحدة كنقطة بداية لمهمة أخرى.

التحويل - عملية تغيير تنسيق أو بنية أو محتوى البيانات لاستخدامها لاحقًا.

متطلبات البيانات - المعايير الرسمية التي تحدد هيكل وشكل واكتمال وجودة المعلومات المطلوبة لدعم العمليات التجارية.

أوبر في صناعة الإنشاءات هي عملية تحول نماذج الأعمال التقليدية في مجال الإنشاءات تحت تأثير المنصات الرقمية التي توفر تفاعلاً مباشراً بين العملاء والمقاولين دون وسطاء.

Uniclass هو نظام تصنيف عناصر البناء من الجيل الثاني والثالث المستخدم على نطاق واسع في المملكة المتحدة.

USD (الوصف العالمي للمشهد) هو تنسيق بيانات تم تطويره لرسومات الكمبيوتر، لكنه اكتسب تطبيقًا في الأنظمة الهندسية نظرًا لبساطة بنيته واستقلاليته عن النوى الهندسية.

عملية **التحقق من صحة البيانات** هي عملية التحقق من **صحة** المعلومات مقابل المعايير والمتطلبات المحددة لضمان دقة البيانات واكتمالها واتساقها.

قاعدة بيانات **المتجهات** - نوع متخصص من قواعد البيانات التي تخزن البيانات كمتجهات متعددة الأبعاد للبحث الدلالي الفعال ومقارنة الكائنات.

التمثيل المتجهي (التضمين) هو طريقة لتحويل البيانات إلى متجهات عددية متعددة الأبعاد تسمح للخوارزميات الآلية بمعالجة المعلومات وتحليلها بكفاءة.

VectorOps هي منهجية تركز على معالجة البيانات المتجهة متعددة الأبعاد وتخزينها وتحليلها، وهي ذات صلة خاصة بمجالات مثل التوائم الرقمية والبحث الدلالي.

التصور - تمثيل بياني للبيانات من أجل إدراك وتحليل أفضل للمعلومات.

تم إجراء التصنيف الأبجدي للمصطلحات حسب أسمائها الإنجليزية.

قائمة المراجع والمواد على الإنترنت

[1] جارتنر، "بيانات المقاييس الرئيسية لتكنولوجيا المعلومات 2017: فهرس الوثائق والمقاييس المنشورة"، 12 ديسمبر 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://www.gartner.com/en/documents/3530919. [تاريخ الوصول: 1 مارس 2025].

[2] KPMG، "تحديات مألوفة - مقاربات جديدة. مسح البناء العالمي لعام 2023،" 1 يناير 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/xx/pdf/2023/06/familiar-challenges-new-solutions-1.pdf. [تاريخ الدخول: 5 مارس 2025].

[3] F. R. بارنارد، "الصورة تساوي ألف كلمة"، 10 مابي 1927. [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/A_picture_is_worth_a_thousand_words. [تاريخ الخطاب: 15 مارس 2025].

[4] M. باستيان، "الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت ساتيا ناديلا يقول إن ادعاء الذكاء الاصطناعي للذكاء الاصطناعي هو "اختراق غير منطقي للمعايير"، 21 فبراير 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://the-decoder.com/microsoft-ceo-satya-nadella-says-self-claiming-agi-is-nonsensical-benchmark-hacking/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[5] W. E. فوروم، "منتدى تشكيل مستقبل البناء - مشهد في طور التحول"، 1 يناير 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction.pdf.

[تاريخ الوصول: 2 مارس 2025].

[6] c. د. غيليسبي، "الطين: تشابك الأرض في عصر الطين"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://ufl.pb.unizin.org/imos/chapter/clay/.

[7] "بردية من القرن الثالث قبل الميلاد، اللغة يونانية"، 2024. [على الإنترنت]. Available: https://www.facebook.com/429710190886668/posts/595698270954525.

[8] "الرصد: الاستفادة من الأدوات المتاحة"، 1980. [على الإنترنت]. متاح: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10246720/. [تاريخ الخطاب: 15 مارس 2025].

[9] PWC، "ما يحتاجه الطلاب للنجاح في عالم الأعمال سريع التغير،" 15 فبراير 2015. [على الإنترنت]. متاح: https://www.pwc.com/us/en/faculty-resource/assets/PwC-Data-driven-paper-Feb2015.pdf. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[10] سكانسكا الولايات المتحدة الأمريكية، "اتجاهات سوق الإنشاءات في الخريف"، 2 نوفمبر 2023. [على الإنترنت]. Available: https://x.com/SkanskaUSA/status/1720167220817588714.

[11] "اقتباسات أكسفورد الأساسية (الطبعة الرابعة)،" مطبعة جامعة أكسفورد، 2016. [على الإنترنت]. Available: https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780191826719.001.0001/q-oro-ed4-00006236. [تاريخ الوصول: 1 مارس 2025].

[12] "اقتباس: سونديرجارد عن تحليلات البيانات" [على الإنترنت]. متاح:

https://www.causeweb.org/cause/resources/library/r2493. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[13] "كيف يعزز الاهتمام العالمي بالذكاء الاصطناعي سوق إدارة البيانات"، 28 مايو 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://iot-analytics.com/how-global-ai-interest-is-boosting-data-management-market/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[14] И. ماكيو، "تاريخ تخطيط موارد المؤسسات"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/erp-history.shtml.

[15] erpscout, "سعر تخطيط موارد المؤسسات: ما هي تكلفة نظام تخطيط موارد المؤسسات؟"," [على الإنترنت]. متاح: https://erpscout.de/en/erp-costs/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[16] softwarepath، "ما الذي يخبرنا به 1,384 مشروعًا لتخطيط موارد المؤسسات حول اختيار تخطيط موارد المؤسسات (تقرير تخطيط موارد المؤسسات لعام 2022)"، 18 يناير 2022. [على الإنترنت]. متاح: https://softwarepath.com/guides/erp-report. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[17] ديلويت، "الإدارة القائمة على البيانات في المشاريع الرأسمالية الرقمية"، 16 ديسمبر 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/Real%20Estate/us-engineering-construction-data-driven-management-digital-capital-projects.pdf. [تاريخ العنوان: 1 مارس 2025].

[18] ماكينزي، "المؤسسة القائمة على البيانات لعام 2025"، 28 يناير 2022. [على الإنترنت]. متاح:

https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-data-driven-enterprise-of-2025. [تاريخ المرجع: 22 مايو 2024].

[19] ويكيبيديا، "قانون مور" [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[20] أكسنتشر، "بناء المزيد من القيمة مع المشاريع الرأسمالية"، 1 يناير 2020. [على الإنترنت]. متاح: https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/r3-pdf/pdf-143/accenture-industryx-building-value-capital-projects-highres.pdf/3. [تاريخ الوصول: 3 مارس 2024].

[21] Б. مار، "ما مقدار البيانات التي ننشئها كل يوم؟ الإحصائيات المذهلة التي يجب على الجميع قراءتها"، 2018. [على الإنترنت]. متاح: 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] "ما مقدار البيانات التي يتم إنتاجها كل يوم؟ [على الإنترنت]. متاح: https://graduate.northeastern.edu/resources/how-much-data-produced-every-day/.

[23] T. سوليفان، "الذكاء الاصطناعي و'داتاسبير' العالمي: ما مقدار المعلومات التي ستمتلكها البشرية بحلول عام 2025؟ [على الإنترنت]. متاح: https://www.datauniverseevent.com/en-us/blog/general/AI-and-the-Global-Datasphere-How-Much-Information-Will-Humanity-Have-By- 2025.html.

[24] Statista، "العدد الإجمالي للكتب المطبوعة التي أُنتجت في مناطق مختلفة من أوروبا الغربية في كل

نصف قرن بين عامي 1454 و1800"، [على الإنترنت]. [على الإنترنت]. متاح: https://www.statista.com/statistics/1396121/europe-book-production-half-century-region-historical/. [تاريخ المرجع: 1 مارس 2025].

[25] "أمثلة التسعير"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://cloud.google.com/storage/pricing-examples.

[26] M. آشار، "الشركات تستعين بمصادر خارجية لتخزين البيانات مع زيادة التعقيد"، 10 مايو 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.ciodive.com/news/enterprises-outsource-data-storage-complexity-rises/715854/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[27] JETSOFTPRO، "هل ماتت البرمجيات كخدمة؟ شرح تنبؤ الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت الصادم"، 13 يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://jetsoftpro.com/blog/saas-is-dead/.

[28] BG2 Pod، "ساتيا ناديلا | BG2 مع بيل جورلي وبراد جيرستنر"، 12 ديسمبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.youtube.com/watch?v=9NtsnzRFJ_o. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[29] جود ريدز، "تيم بيرنرز لي"، [على الإنترنت]. متاح: https://www.goodreads.com/quotes/8644920-data-is-a-precious-thing-and-will-last-longer-than. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[30] KPMG، "Cue Construction 4.0: وقت النجاح أو الفشل"، 1 يناير 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://kpmg.com/ca/en/home/insights/2023/05/cue-construction-make-or-break-time.html. [تاريخ الدخول: 5 مارس 2025].

[31] И. Deininger, B. Koch, R. Bauknecht, and M. Langhans, "استخدام النماذج الرقمية لإزالة الكربون من موقع إنتاج: مثال على ربط نموذج بناء ونموذج إنتاج ونموذج طاقة"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: 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] ماكينزي، "إعادة تجديد البناء: طريق إلى إنتاجية أعلى"، 1 فبراير 2017. [على الإنترنت]. متاح: 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] فريق عمل البناء إلى نائب رئيس الوزراء، "إعادة التفكير في البناء"، 1 أكتوبر 2014. [على الإنترنت]. متاح: https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/rethinking_construction_report.pdf.

[34] فوربس، "بدون رأي، أنت مجرد شخص آخر لديه بيانات"، 15 مارس 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://www.forbes.com/sites/silberzahnjones/2016/03/15/without-an-opinion-youre-just-another-person-with-data/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[35] Wikiquote, "Charles Babbage," [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikiquote.org/wiki/Charles_Babbage. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[36] SAP، "بحث جديد يكشف أن ما يقرب من نصف المديرين التنفيذيين يثقون في الذكاء الاصطناعي أكثر من أنفسهم"، 12 مارس 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://news.sap.com/2025/03/new-research-executive-trust-ai/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[37] جمعية البناء الكندية و KPMG في كندا، 2021، "البناء في عالم رقمي"، 1 مايو 2021. [على الإنترنت]. متاح: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ca/pdf/2021/05/construction-in-the-digital-age-report-en.pdf. [تاريخ الوصول: 5 مارس 2025].

[38] ZCS، "فك شيفرة الثورة الصناعية الخامسة" [على الإنترنت]. متاح: https://www.pwc.in/decoding-the-fifth-industrial-revolution.html. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[39] M. ك.، الحقوق الخاصة والمشاكل العامة: الاقتصاديات العالمية، معهد بيترسون للاقتصاد الدولي. Economics, 2012.

[40] F. ن. أ. أ. ي. ز. كلية هارفارد للأعمال: مانويل هوفمان، "قيمة البرمجيات مفتوحة المصدر"، 24 يناير 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=65230. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[41] المركز البحري لتحليل التكاليف وكالة تحليل تكاليف القوات الجوية، "دليل تقدير تكاليف تطوير البرمجيات"، 1 سبتمبر 2008. [على الإنترنت]. متاح: https://www.dau.edu/sites/default/files/Migrated/CopDocuments/SW%20Cost%20Est.20Manual%20Vol%20I%20rev%2010.pdf%.

[42] ماكينزي، "تحسين إنتاجية البناء،" [على الإنترنت]. متاح:

https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/improving-construction-productivity. [تاريخ العنوان: 15 مارس 2025].

[43] A. ج. أ. أ. سيفرسون، "المسار الغريب والسيئ للإنتاجية في قطاع البناء الأمريكي"، 19 يناير 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://bfi.uchicago.edu/insight/research-summary/the-strange-and-awful-path-of-productivity-in-the-us-construction-sector/. [تاريخ الوصول: 1 مارس 2025].

[44] ماكينزي، "لم يعد تحقيق الإنتاجية في قطاع الإنشاءات أمراً اختيارياً"، 9 أغسطس 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/delivering-on-construction-productivity-is-no-longer-optional. [تاريخ الوصول: 5 مارس 2025].

[45] مجموعة ING، "تأخر الإنتاجية في قطاع الإنشاءات يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الإنشاءات"، 12 ديسمبر 2022. [على الإنترنت]. متاح: https://think.ing.com/articles/lagging-productivity-drives-up-building-costs-in-many-eu-countries/. [تاريخ العنوان: 15 مارس 2025].

[46] M. بيرمان، "تنبؤ الرئيس التنفيذي لشركة مايكروسوفت الصادم: "الوكلاء سيحلون محل جميع البرامج"، 19 ديسمبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.youtube.com/watch?v=uGOLYz2pgr8. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[47] بيزنس إنسايدر، "الرئيس التنفيذي لشركة أنثروبيك يقول إنه في غضون 3 إلى 6 أشهر، سيكتب الذكاء الاصطناعي 90% من التعليمات البرمجية التي كان مطورو البرامج مسؤولين عنها"، 15 مارس 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://www.businessinsider.com/anthropic-ceo-ai-90-percent-code-3-to-6-months-2025-3. [تاريخ الوصول: 30 مارس 2025].

[48] Statista, "مقارنة شعبية أنظمة إدارة قواعد البيانات (DBMSs) في جميع أنحاء العالم اعتبارًا من يونيو 2024، حسب الفئة،" يونيو 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.statista.com/statistics/1131595/worldwide-popularity-database-management-systems-category/. [تاريخ العنوان: 15 مارس 2025].

[49] محركات DB-Engines، "تصنيف محركات DB-Engines،" [على الإنترنت]. متاح: https://db-engines.com/en/ranking. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[50] "استبيان مطوري 2024 "Stack Overflow 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://survey.stackoverflow.co/2023/.

[51] "SQL"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/SQL.

[52] "البيانات المهيكلة وغير المهيكلة: ما الفرق بينهما؟ [على الإنترنت]. متاح: https://www.ibm.com/blog/structured-vs-unstructured-data/.

[53] DataDrivenConstruction, "مقارنة بيانات PDF لمشاريع البناء"، 23 أبريل 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://datadrivenconstruction.io/wp-content/uploads/2024/10/COMPARISON-OF-DATA-FORMATS-FOR-CONSTRUCTION-PROJECTS-1.pdf.

[54] "موقع "موقع نمذجة معلومات البناء، 2003". [على الإنترنت]. متاح: https://web.archive.org/web/20030711125527/http:/usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?id=2255342&siteID=123112.

[55] A. بويكو، "حروب اللوبيات وتطوير نمـوذج معلومات الأعمال. الجزء 5: بلاك روك هي سيدة كل التقنيات. كيف تتحكم الشركات في التعليمات البرمجية مفتوحة المصدر"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://bigdataconstruction.com/autodesk-oracle-blackrock-open-source/.

[56] D. أوشاكوف، "النمذجة المباشرة - من يحتاج إليها ولماذا يحتاج إليها؟ استعراض للتقنيات التنافسية"، 14 11 14 2011. [على الإنترنت]. متاح: https://isicad.net/articles.php?article_num=14805. [تاريخ العنوان: 02 2025].

[57] C. إيستمان و A. Cthers، "إيستمان، تشارلز؛ و Cthers"، سبتمبر 1974. [على الإنترنت]. متاح: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[58] D. أوشاكوف، "النمذجة المباشرة - من يحتاج إليها ولماذا يحتاج إليها؟ مراجعة للتقنيات التنافسية"، 11 نوفمبر 2011. [على الإنترنت]. متاح: https://isicad.net/articles.php?article_num=14805. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[59] D. فايسبرغ، "تاريخ 12 "،CAD ديسمبر 2022. [على الإنترنت]. متاح: https://www.shapr3d.com/blog/history-of-cad?utm_campaign=cadhistorynet. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[60] ADSK، "الكتاب الأبيض لنمذجة معلومات البناء"، 2002. [على الإنترنت]. متاح: https://web.archive.org/web/20060512180953/http:/images.adsk.com/apac_sapac_main/files/4525081_BIM_WP_Rev5.pdf#expand. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[61] ADSK، "ورقة بيضاء لنمذجة معلومات البناء في الممارسة العملية"، [على الإنترنت]. متاح:

https://web.archive.org/web/20060512181000/http:/images.adsk.com/apac_sapac_main/files/4525077_BIM_in_Practice.pdf. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[62] A. بويكو، "حروب اللوبيات وتطوير نمذجة معلومات البناء. الجزء 2: نمذجة معلومات المباني المفتوحة مقابل نمذجة معلومات المباني المغلقة. أوروبا مقابل بقية العالم"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: 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. Boyko, "Lobbykriege um Daten im Bauwesen | Techno-Feudalismus und die Geschichichte von BIMs," 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://youtu.be/S-TNdUgfHxk?si=evM_v28KQbGOG0k&t=1360.

[64] ADSK، "الورقة البيضاء لنمذجة معلومات البناء"، 2002. [على الإنترنت]. متاح: https://web.archive.org/web/20060512180953/http:/images.autodesk.com/apac_sapac_main/files/4525081_BIM_WP_Rev5.pdf#expand. [تاريخ العنوان: 15 مارس 2025].

[65] ADSK، "التصميم المتكامل من خلال التصنيع: الفوائد والأساس المنطقي"، [على الإنترنت]. متاح: https://web.archive.org/web/20010615093351/http:/www3.adsk.com:80/adsk/files/73Benefits_of_MAI.pdf_4489. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[66] M. شاكليت، "البيانات المهيكلة وغير المهيكلة: الاختلافات الرئيسية"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.datamation.com/big-data/structured-vs-unstructured-data/.

[67] K. وولارد، "فهم نمو البيانات غير المهيكلة"، 2024. [على الإنترنت]. متاح:

https://automationhero.ai/blog/making-sense-of-the-rise-of-unstructured-data/.

[68] A. C. O. J. L. D. ج. أ. أ. ل. ت. ج. مايكل ب. غالاهر، "تحليل تكلفة عدم كفاية قابلية التشغيل البيني في"، 2004. [على الإنترنت]. متاح: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2004/nist.gcr.04-867.pdf. [تاريخ الوصول: 02 2025].

[69] CrowdFlower، "تقرير علم البيانات 2016"، 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://visit.figure-eight.com/rs/416-ZBE-142/images/CrowdFlower_DataScienceReport_2016.pdf. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[70] Analyticsindiamag، "أكثر 6 مهام تستغرق وقتًا طويلاً بالنسبة لعلماء البيانات"، 15 مايو 2019. [على الإنترنت]. متاح: https://analyticsindiamag.com/ai-trends/6-tasks-data-scientists-spend-the-most-time-doing/.

[71] BizReport، "تقرير: علماء البيانات يقضون معظم الوقت في التنظيف"، 06 يوليو 2015. [على الإنترنت]. متاح: https://web.archive.org/web/20200824174530/http://www.bizreport.com/2015/07/report-data-scientists-spend-bulk-of-time-cleaning-up.html. [تاريخ الوصول: 5 مارس 2025].

[72] S. هوكينج، "سلسلة العلوم AMA: إجابات ستيفن هوكينج 27 يوليو 2015. [على الإنترنت]. متاح: https://www.reddit.com/r/science/comments/3nyn5i/science_ama_series_stephen_hawking_ama_answers/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[73] Б. Cyphers و K. Doctorow، "الخصوصية بدون احتكار: حماية البيانات وقابلية التشغيل البيني"، 2024.

[على الإنترنت]. متاح: https://www.eff.org/wp/interoperability-and-privacy.

[74] معهد ماكينزي العالمي، "البيانات المفتوحة: إطلاق العنان للابتكار والأداء باستخدام المعلومات السائلة"، 1 أكتوبر 2013. [على الإنترنت]. متاح: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[75] A. بويكو، "النضال من أجل البيانات المفتوحة في صناعة البناء. تاريخ AUTOLISP وIntelliCAD وOpenDWG وODA و2024 05 15 ,"OpenCASCADE. [على الإنترنت]. متاح: https://boikoartem.medium.com/the-struggle-for-open-data-in-the-construction-industry-2b97200e6393. [تاريخ العنوان: 16 02 2025].

[76] ويكيبيديا، "مايكروسوفت والمصدر المفتوح،" [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_and_open_source. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[77] TIME، "قد تتقلص الفجوة بين نماذج الذكاء الاصطناعي المفتوحة والمغلقة. إليك سبب أهمية ذلك"، 5 نوفمبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://time.com/7171962/open-closed-ai-models-epoch/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[78] The Verge، "أكثر من ربع التعليمات البرمجية الجديدة في جوجل يتم إنشاؤها بواسطة الذكاء الاصطناعي"، 29 أكتوبر 2024. [على الإنترنت]. Available: https://www.theverge.com/2024/10/29/24282757/google-new-code-generated-ai-q3-

2024. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[79] ماكينزي ديجيتال، "دراسة جدوى استخدام وحدات معالجة الرسومات لتسريع معالجة التحليلات"، 15 ديسمبر 2020. [على الإنترنت]. متاح: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/tech-forward/the-business-case-for-using-gpus-to-accelerate-analytics- المعالجة. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[80] PWC، "PwC Open Source Monitor 2019"، 2019. [على الإنترنت]. متاح: https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/open-source-monitor-research-report-2019.pdf. [تم الوصول إليه في 15 مارس 2025].

[81] ترافرز سميث، "السر المفتوح: البرمجيات مفتوحة المصدر"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.traverssmith.com/knowledge/knowledge-container/the-open-secret-open-source-software/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[82] ديلويت، "عملية نقل البيانات في تحولات الشركات"، 2021. [على الإنترنت]. متاح: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/finance/us-the-data-transfer-process-in-corporate-transformations.pdf. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[83] gov.uk، "تحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي في تنفيذ المشاريع الحكومية"، 20 مارس 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.gov.uk/government/publications/data-analytics-and-ai-in-government-project-delivery/data-analytics-and-ai-in-government-project-delivery. [تاريخ الوصول: 5 مارس 2025].

[84] "أصل الاقتباس: يجب أن يكون كل شيء بسيطًا قدر الإمكان، ولكن ليس أبسط،" 13 مايو 2011. [على الإنترنت]. متاح: https://quoteinvestigator.com/2011/05/13/einstein-simple/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[85] "المحول (بنية التعلم العميق)،" [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer_(deep_learning_architecture). [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[86] "إحصائيات تنزيل حزم بايثون"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.pepy.tech/projects/pandas.

[87] مقابلة بت، "أفضل 10 مكتبات بايثون"، 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://www.interviewbit.com/blog/python-libraries/#:~:text=With%20more%20than%20137%2C000%20libraries,data%20manipulation%2C%20and%20many%20more. [تاريخ الوصول: 30 مارس 2025].

[88] "NVIDIA وHP تشحنان علم البيانات والذكاء الاصطناعي التوليدي على محطات العمل،" 7 مارس 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-hp-supercharge-data-science-generative-ai-workstations. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[89] P. أوراك، "كيفية معالجة DataFrame بملايين الصفوف في ثوانٍ"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://towardsdatascience.com/how-to-process-a-dataframe-with-millions-of-rows-in-seconds.

[90] Ç. Uslu، "ما هو Kaggle؟"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.datacamp.com/blog/what-is-kaggle.

[91] "الرئيس التنفيذي لشركة NVIDIA، جينسن هوانج، الكلمة الرئيسية في معرض كمبيوتكس 2024، 2 يونيو 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.youtube.com/live/pKXDVsWZmUU?si=Z3Rj1Las8wiPII2w. [تم الوصول إليه في 15 مارس 2025].

[92] "الأعضاء: المؤسسون وأعضاء الشركات"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.opendesign.com/member-showcase.

[93] A. بويكو، "عصر التغيير: مؤسسة التمويل الدولية أصبحت شيئًا من الماضي أو لماذا ترغب شركة ADSK وغيرها من بائعي CAD في التخلي عن مؤسسة التمويل الدولية مقابل الدولار الأمريكي في 14 حقيقة رئيسية، 24 نوفمبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: 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. [تاريخ الوصول: 23 فبراير 2025].

[94] A. بويكو، "عالم ما بعد نمذجة معلومات البناء. الانتقال إلى البيانات والعمليات وما إذا كانت صناعة البناء تحتاج إلى دلالات وتنسيقات وقابلية التشغيل البيني"، 20 ديسمبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://boikoartem.medium.com/the-post-bim-world-7e35b7271119. [تاريخ العنوان: 23 فبراير 2025].

[95] N. I. o. الصحة، "الخطة الاستراتيجية للمعاهد الوطنية للصحة لعلوم البيانات"، 2016. [على الإنترنت].

متاح:
https://datascience.nih.gov/sites/default/files/NIH_Strategic_Plan_for_Data_Science_Final_508.pdf. [تاريخ الوصول: 23 فبراير 2025].

[96] مجلة هارفارد بيزنس ريفيو، "البيانات السيئة تكلف الولايات المتحدة 3 تريليون دولار سنويًا"، 22 سبتمبر 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://hbr.org/2016/09/bad-data-costs-the-u-s-3-trillion-per-year.

[97] ديلفا، "تأثيرات جودة البيانات"، 1 يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://delpha.io/impacts-of-data-quality/.

[98] W. B. D. دليل، "التصميم من أجل الصيانة: أهمية اعتبارات التشغيل والصيانة أثناء مرحلة تصميم مشاريع الإنشاءات"، "التصميم من أجل الصيانة: أهمية اعتبارات التشغيل والصيانة أثناء مرحلة تصميم مشاريع الإنشاءات" [على الإنترنت]. متاح: https://www.wbdg.org/resources/design-for-maintainability. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[99] O. o. D. C. أ. أ. الرقابة، "دليل تخطيط الوقاية من التآكل ومكافحته للأنظمة والمعدات العسكرية"، أبريل 2014. [على الإنترنت]. متاح:
https://www.dau.edu/sites/default/files/Migrated/CopDocuments/CPC%20Planning%20Guidebook%204%20Feb%2014.pdf. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[100] Gartner، "جودة البيانات: أفضل الممارسات للحصول على رؤى دقيقة"، 1 يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://www.gartner.com/en/data-analytics/topics/data-quality.

[101 "من أجل مسمار" [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/For_Want_of_a_Nail. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[102 معهد ماكينزي العالمي، "البيانات المفتوحة: إطلاق العنان للابتكار والأداء باستخدام المعلومات السائلة"، أكتوبر 2013. [على الإنترنت]. متاح: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/open%20data%20unlocking%20innovation%20and%20performance%20with%20liquid%20information/mgi_open_data_data_fullreport_oct2013.pdf. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[103 EY، "الطريق إلى حياد الكربون"، 10 مارس 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://www.ey.com/ru_kz/services/consulting/the-path-to-carbon-neutrality. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[104 PWC، "التوعية بالحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية"، 1 يوليو 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.pwc.com/kz/en/assets/esg-awareness/kz-esg-awareness-rus.pdf. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[105 G. هاموند، "الكربون المجسد - مخزون الكربون والطاقة 2024 ،"(ICE). [على الإنترنت]. متاح: https://greenbuildingencyclopaedia.uk/wp-content/uploads/2014/07/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf.

[106 "CO2_حساب الكربون المتجسد"، 2024. [على الإنترنت]. متاح:

[https://github.com/datadrivenconstruction/CO2_calculating-the-embodied-carbon.

[107 ماكينزي، "تخيل مستقبل البناء الرقمي"، 24 يونيو 2016. [على الإنترنت]. متاح:
[https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future. [تاريخ الوصول: 25 فبراير 2025].

[108 Bund der Steuerzahler Deutschland e.V., "Das Schwarzbuch", 10 أكتوبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://steuerzahler.de/aktuelles/detail/das-schwarzbuch-202425/. [تاريخ العنوان: 15 مارس 2025].

[109 SAS، "بحيرة البيانات ومستودع البيانات - اعرف الفرق"، [على الإنترنت]. متاح:
[https://www.sas.com/en_is/insights/articles/data-management/data-lake-and-data-warehouse-know-the-difference.html. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[110 ADSK، "نمذجة معلومات البناء"، 2002. [على الإنترنت]. متاح:
[https://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf. [تاريخ العنوان: 15 مارس 2025].

[111 A. بويكو، "خريطة تاريخ بيم"، 2024. [على الإنترنت]. متاح:
[https://bigdataconstruction.com/history-of-bim/.

[112 A. S. بوركوفسكي، "تعاريف نمذجة معلومات البناء حسب المنظمات والمعايير"، 27 ديسمبر 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://encyclopedia.pub/entry/53149. [تاريخ العنوان: 5 مارس 2025].

[113 بائع التصميم بمساعدة الحاسوب، "برنامج مفتوح لنمذجة معلومات المباني"، 2012. [على الإنترنت].

] متاح:
https://web.archive.org/web/20140611075601/http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/. [تاريخ المرجع: 30 مارس 2025].

[114 ويكيبيديا، "الفئات التأسيسية للصناعة" [على الإنترنت]. متاح:
] https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[115 ويكيبيديا، "IGES،" [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/IGES. [تاريخ المرجع: 30
] مارس 2025].

[116 A. بويكو، "تاريخ التصميم بمساعدة الحاسوب 15 ،"(CAD) ديسمبر 2021. [على الإنترنت]. متاح:
] https://miro.com/app/board/o9J_laML2cs=/. [تاريخ العنوان: 24 فبراير 2025].

[117 J. W. A. C. L. C. K. D. G. H. H. L. v. J. T. H. S. N. P. L. E. H. H. H. L. E. C. B. F. O. A. K. K. T.
] S. Francesca Noardo، "دراسة مرجعية لدعم برامج IFC: معيار GeoBIM 2019 - الجزء الأول"، 8 يناير 2021. [على الإنترنت]. متاح: https://arxiv.org/pdf/2007.10951. [تاريخ الوصول: 5 مارس 2025].

[118 И. روجاتشيف، "لنتحدث عن نمذجة معلومات المباني: مكسيم نيتشيبورينكو | رينجا | مؤسسة التمويل
] الدولية | نمذجة معلومات المباني المحلية"، 13 أبريل 2021. [على الإنترنت]. متاح:
https://www.youtube.com/watch?t=3000&v=VO3Y9uuzF9M&feature=youtu.be. [تاريخ العنوان: 5 مارس 2025].

[119 D. آريس، "نظام تبادل الطاقة المتجددة في العقارات: لماذا هو حاسم للكفاءة والنمو"، 17 ديسمبر 2024.

[[على الإنترنت]. متاح: https://www.realpha.com/blog/rets-importance-in-real-estate-explained. [تاريخ الوصول: 5 مارس 2025].

[120 "التكلفة الرمزية المرنة"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.adsk.com/buying/flex?term=1-YEAR&tab=flex].

[121 A. Boyko, "انسَ نمذجة معلومات البناء وإضفاء الطابع الديمقراطي على الوصول إلى البيانات (17. Kolloquium Investor - Hochschule - Bauindustrie)," 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.bim.bayern.de/wp-content/uploads/2023/06/Kolloquium-17-TUM-Bauprozessmanagment-und-Bay-Bauindustrie.pdf].

[122 Д. Hill وD. Foldesi وS. Ferrer وM. Friedman وE. Loh وF. Plaschke، "حل لغز إنتاجية صناعة البناء والتشييد"، 2015. [على الإنترنت]. متاح: 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 يناير 2018. [على الإنترنت]. متاح: https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/scope.html. [تاريخ الوصول: 2 مارس 2025].

[124 "Pixar، Apple.com وAdobe وApple وNVIDIA تشكل تحالفًا ل OpenUSD لدفع المعايير المفتوحة للمحتوى ثلاثي الأبعاد"، 1 أغسطس 2023. [على الإنترنت]. متاح:]

https://www.apple.com/newsroom/2023/08/pixar-adobe-apple-adsk-and-nvidia-form-alliance-for-openusd/. [تاريخ الوصول: 2 مارس 2025].

[125] AECmag، "استراتيجية البيانات الحبيبية الخاصة بـ ADSK"، 25 يوليو 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://aecmag.com/technology/autodesks-granular-data-strategy/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[126] A. بويكو، "عصر التغيير: مؤسسة التمويل الدولية أصبحت شيئًا من الماضي أو لماذا ترغب شركة ADSK وغيرها من بائعي CAD في التخلي عن مؤسسة التمويل الدولية مقابل الدولار الأمريكي في 14 حقيقة رئيسية، 24 11 24 2024. [على الإنترنت]. متاح: 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. [تاريخ العنوان: 23 فبراير 2025].

[127] A. بويكو، "مجموعة نمذجة معلومات البناء 2024 | معركة البيانات وتطبيق LLM و ChatGPT في البناء، 7 أغسطس 2024. [على الإنترنت]. متاح: ENG BIM Cluster 2024 | معركة البيانات وتطبيق LLM وChatGPT في البناء. [تم الوصول إليه: 15 مارس 2025].

[128] "جيفري زيلدمان يقدم"، 6 مايو 2008. [على الإنترنت]. متاح: https://zeldman.com/2008/05/06/content-precedes-design/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[129] A. Boyko, "DWG Analyse مع 5 ChatGPT |DataDrivenConstruction," مارس 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.kaggle.com/code/artemboiko/dwg-analyse-with-chatgpt-

datadrivenconstruction. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[130 ماكينزي ، "دليل ماكينزي للتفوق في عصر الرقمنة والذكاء الاصطناعي"، 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-on-books/rewired. [تاريخ العنوان: 30 مارس 2025].

[131 فوربس، "رواية قصص البيانات: المهارة الأساسية في علم البيانات التي يحتاجها الجميع"، 31 مارس 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://www.forbes.com/sites/brentdykes/2016/03/31/data-storytelling-the-essential-data-science-skill-everyone-needs/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[132 ل. بيرتين، "الرسومات ومعالجة المعلومات البيانية"، 8 سبتمبر 2011. [على الإنترنت]. متاح: https://books.google.de/books/about/Graphics_and_Graphic_Information_Process.html?id=csqX_xnm4tcC&redir_esc=y. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[133 CauseWeb، "ويلز/ويلكس في التفكير الإحصائي"، [على الإنترنت]. متاح: https://www.causeweb.org/cause/resources/library/r1266. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[134 مجلة الوزارة، "كيف اكتشف العلم الخلق"، يناير 1986. [على الإنترنت]. متاح: https://www.ministrymagazine.org/archive/1986/01/how-science-discovered-creation. [تاريخ المرجع: 15 مارس 2025].

[135 مجموعة بوسطن كونسلتينج جروب، "التحول القائم على البيانات: تسريع وتيرة العمل على نطاق واسع

[الآن"، 23 مايو 2017. [على الإنترنت]. متاح: https://www.bcg.com/publications/2017/digital-transformation-transformation-data-driven-transformation. [تم الوصول إليه في 15 مايو 2024].

[136 "كيفية بناء بنية بيانات لدفع الابتكار - اليوم وغداً"، 3 يونيو 2020. [على الإنترنت]. متاح: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/how-to-build-a-data-architecture-to-drive-innovation-today-and-tomorrow. [تاريخ الخطاب: 15 مارس 2025].

[137 أكسفورد، "وودرو ويلسون 1856-1924،" [على الإنترنت]. Available: https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780191866692.001.0001/q-oro-ed6-00011630. [تاريخ الخطاب: 15 مارس 2025].

[138 "المحوّلون"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://datadrivenconstruction.io/index.php/convertors/.

[139 PWC، "تحجيم الجائزة ما هي القيمة الحقيقية للذكاء الاصطناعي بالنسبة لأعمالك وكيف يمكنك الاستفادة منها؟"، 1 يناير 2017. [على الإنترنت]. متاح: https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf. [تاريخ الوصول: 18 فبراير 2025].

[140 "خط أنابيب في البناء، 2024". [على الإنترنت]. متاح: https://datadrivenconstruction.io/index.php/pipeline-in-construction/.

[141 ويكيبيديا، "Apache NiFi،" 1 يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح:
] https://de.wikipedia.org/wiki/Apache_NiFi. [تاريخ الوصول: 5 مارس 2025].

[142 n8n، "الرد التلقائي للذكاء الاصطناعي في Gmail: إنشاء مسودة ردود على رسائل البريد الإلكتروني
] الواردة"، 1 مايو 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://n8n.io/workflows/2271-gmail-ai-auto-responder-create-draft-replies-to-incoming-emails/. [تم الوصول إليه في 15 مارس 2025].

[143 n8n، "أتمتة الصفقات اليومية للعقارات باستخدام واجهة برمجة تطبيقات Zillow وجداول بيانات جوجل
] وجيميل"، 1 مارس 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://n8n.io/workflows/3030-real-estate-daily-deals-automation-with-zillow-api-google-sheets-and-gmail/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[144 B. T. أونيل، "معدلات الفشل في مشاريع التحليلات والذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة = 85% - ييكيس!"، 1 يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح:
] 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. ج. ج. س. أ. ج. ج. ج. جيسي بيرلا، "مشكلة أعجزت ميلتون فريدمان"، الاقتصاد الكمي مع جوليا، 1
] يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح:

https://julia.quantecon.org/dynamic_programming/wald_friedman.html. [تاريخ الوصول: 1 مايو 2024].

[147 T. لاندسال-ويلفير، التنبؤ بمزاج الأمة الحالي، سيجنيفيكشن، 2012.
]

[148 A. بويكو، "سان فرانسيسكو. قطاع البناء 1980-2019"، 2024. [على الإنترنت]. متاح على الرابط:
] https://www.kaggle.com/search?q=San+فرانسيسكو.+Building+sector+1980-2019.

[149 A. Boyko, "Kaggle: RVT IFC ملفات 5000 مشروع، 2024. [على الإنترنت]. متاح:
] https://www.kaggle.com/datasets/artemboiko/rvtifc-projects.

[150 CFMA، "الاستعداد للمستقبل مع الإنشاءات المتصلة". [على الإنترنت]. متاح:
] https://cfma.org/articles/preparing-for-the-future-with-connected-construction. [تم الوصول إليه في 15 مارس 2025].

[151 سيسكو، "استطلاع سيسكو يكشف عن فشل ما يقرب من ثلاثة أرباع مشاريع إنترنت الأشياء"، 22 مايو
] 2017. [على الإنترنت]. متاح:
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 "الشروط المطلوبة للحفاظ على الحفريات النباتية"، 2024. [على الإنترنت]. متاح:
] https://ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Pres/PresTitle.html.

[153 "فينك من بلاك روك يتحدث عن السندات، وعمليات الدمج والاستحواذ، والركود الأمريكي، والانتخابات: مقابلة كاملة"، 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://www.bloomberg.com/news/videos/2023-09/29-blackrock-s-fink-on-m-a-recession-election-full-intv-video.]

[154 "12 ،cio كارثة شهيرة للذكاء الاصطناعي"، 02 أكتوبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.cio.com/article/190888/5-famous-analytics-and-ai-disasters.html. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].]

[155 G. كاسباروف، التفكير العميق، 2017 ،PublicAffairs.]

[156 ويكيبيديا، "1 "،Kaggle يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://en.wikipedia.org/wiki/Kaggle. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].]

[157 Kaggle، "تيتانيك - التعلم الآلي من الكوارث"، 1 يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://www.kaggle.com/competitions/titanic/overview. [تم الوصول إليه في 10 مارس 2025].]

[158 Ш. جوهري، "إنشاء ChatGPT: من البيانات إلى الحوار"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2023/the-making-of-chatgpt-from-data-to-dialogue/.]

[159 П. دومينغوس، "بعض الأشياء المفيدة التي يجب معرفتها عن التعلم الآلي"، 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://homes.cs.washington.edu/~pedrod/papers/cacm12.pdf.]

[160 J. ساراماغو، "اقتباس مقتبس"، [على الإنترنت]. متاح:
https://www.goodreads.com/quotes/215253-chaos-is-merely-order-waiting-to-be-deciphered. [تاريخ الوصول: 17 مارس 2025].]

[161 NVIDIA، "عزز بيانات التدريب الخاصة بك باستخدام نماذج مصنف NVIDIA NeMo Curator الجديدة"، 19 ديسمبر 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://developer.nvidia.com/blog/enhance-your-training-data-with-new-nvidia-nemo-curator-classifier-models/. [تم الوصول إليه في 25 مارس 2025].]

[162 "تعلن NVIDIA عن إصدار رئيسي لنماذج مؤسسة Cosmos World Foundation وأدوات بيانات الذكاء الاصطناعي الفيزيائية"، 18 مارس 2025. [على الإنترنت]. متاح:
https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-announces-major-release-of-cosmos-world-foundation-models-and-physical-ai-data-tools. [تاريخ الوصول: 25 مارس 2025].]

[163 NVIDIA, "NVIDIA Isaac Sim," [على الإنترنت]. متاح: https://developer.nvidia.com/isaac/sim. [تم الوصول إليه في 25 مارس 2025].]

[164 M. كوارترلي، "لماذا تفشل الاستراتيجيات الرقمية"، 25 يناير 2018. [على الإنترنت]. متاح:
https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/why-digital-strategies-fail. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].]

[165 J. M. بيري، "اقتباسات ميلتون فريدمان المفضلة لدي"، 17 نوفمبر 2006. [على الإنترنت]. متاح:
https://www.aei.org/carpe-diem/my-favorite-milton-friedman-quotes/. [تاريخ الوصول: 1]

مارس 2025].

[166 J. A. ويلر، "المعلومات والفيزياء والكم: البحث عن الروابط"، 1990.

]

[169 A. بويكو، "حروب اللوبيات وتطوير نمـوذج معلومات الأعمال. الجزء 5: بلاك روك هي سيدة كل التقنيات.

] كيف تتحكم الشركات في التعليمات البرمجية مفتوحة المصدر"، 2024. [على الإنترنت]. متاح:

https://boikoartem.medium.com/lobbyist-wars-and-the-development-of-bim-

.d72ad0111a7d

[170 T. Krijnenen and J. بيتز، "محرك استعلام SPARQL لنماذج بناء IFC ثنائية التنسيق"، المعلوماتية

] الهندسية المتقدمة، 2024.

[171 "عدد الشركات في قطاع الإنشاءات في المملكة المتحدة في عام 2021، حسب حجم الأعمال، 2024. [على

] الإنترنت]. متاح: https://www.statista.com/statistics/677151/uk-construction-businesses-

/by-size.

[172 "5,000 مشروع من مشاريع مؤسسة التمويل الدولية والمشاريع الصغيرة والمتوسطة، 2024. [على

] الإنترنت]. متاح: https://www.kaggle.com/code/artemboiko/5000-projects-ifc-rvt-

.datadrivenconstruction-io

[173 M. بوبوفا، "إنه من بت: الفيزيائي الرائد جون أرشيبالد ويلر عن المعلومات وطبيعة الواقع ولماذا نعيش في

] كون تشاركي"، 2008. [على الإنترنت]. متاح: https://www.themarginalian.org/2016/09/02/it-

/from-bit-wheeler. [تاريخ المرجع: فبراير 2025].

[174 حروب جماعات الضغط على البيانات في مجال الإنشاءات |الإقطاعية التقنية وتاريخ الماضي الخفي
] لنمذجة معلومات البناء. [فيلم]. ألمانيا: أرتيوم بويكو، 2023.

[175 A. Boyko, "CHATGPT WITH REVIT AND IFC | الاسترجاع التلقائي للوثائق والبيانات من المشاريع"،
] 16 نوفمبر 2023. [على الإنترنت]. متاح: https://www.youtube.com/watch?v=ASXolti_YPs&t.
[تاريخ الوصول: 2 مارس 2025].

[176 M. & كومباني، "ثلاثة تفويضات جديدة للاستفادة من القيمة الكاملة للتحول الرقمي"، 22 يناير 2022.
] [على الإنترنت]. متاح: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-
insights/three-new-mandates-for-capturing-a-digital-transformations-full-value. [تاريخ
الوصول: 15 فبراير 2025].

[177 KPMG، "البناء في عالم رقمي"، 1 مايو 2021. [على الإنترنت]. متاح:
] https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ca/pdf/2021/05/construction-in-the-
digital-age- report-en.pdf. [تاريخ الوصول: 5 أبريل 2024].

[178 LLP، KPMG، "Cue Construction 4.0: وقت النجاح أو الفشل"، 17 مارس 2023. [على الإنترنت].
] متاح: https://kpmg.com/ca/en/home/insights/2023/05/cue-construction-make-or-
break-time.html. [تاريخ الوصول: 15 فبراير 2025].

[179 O. بيزنس، "ساتيا ناديلا يكشف عن "كيف سيعطل وكلاء الذكاء الاصطناعي نماذج البرمجيات كخدمة"، 10
] يناير 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://www.outlookbusiness.com/artificial-
intelligence/microsoft-ceo-satya-nadella-reveals-how-ai-agents-will-disrupt-saas-

models. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[180 فوربس، "تنظيف البيانات الضخمة: المهمة الأكثر استهلاكًا للوقت والأقل متعة في علم البيانات، وفقًا لاستطلاع رأي أجري في 23 مارس 2016. [على الإنترنت]. متاح: https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[181 مكتب المملكة المتحدة للشؤون الخارجية والكومنولث والتنمية، "استراتيجية التنمية الرقمية 2024 إلى 2030"، 18 مارس 2024. [على الإنترنت]. متاح: https://www.gov.uk/government/publications/digital-development-strategy-2024-to-digital-development-strategy-2024-to-2030/2030. [تاريخ الوصول: 15 مارس 2025].

[182 "الرؤية والاستراتيجية في صناعة تصميم المباني"، 7 نوفمبر 2003. [على الإنترنت]. متاح: https://web.archive.org/web/20030711125527/http:/usa.adsk.com/adsk/servlet/item?id=2255342&siteID=123112. [تاريخ الخطاب: 5 مارس 2025].

[183 M. بوشاروف، "نمذجة المعلومات"، مارس 2025. [على الإنترنت]. متاح: https://www.litres.ru/book/mihail-evgenevich-bocharov/informacionnoe-modelirovanie-v-rossii-71780080/chitat-onlayn/?page=5. [تاريخ العنوان: 15 مارس 2025].

[184 "التصميم المتكامل من خلال التصنيع المتكامل: الفوائد والأساس المنطقي"، 2000. [على الإنترنت]. متاح:

https://web.archive.org/web/20010615093351/http:/www3.autodesk.com:80/adsk/fil
es/734489_Benefits_of_MAI.pdf. [تاريخ المرجع: 25 مارس 2025].

[185 CAD Vendor, "برنامج Open BIM حملة تسويقية"، 12 مارس 2012. [على الإنترنت]. متاح:
https://web.archive.org/web/20120827193840/http:/www.graphisoft.com/openbim/. [
[تاريخ العنوان: 30 مارس 2025].

فهرس الموضوعات الفرعية

A

أي، 3، 50، 50، 52، 100، 102، 102، 103، 106، 107، 116، 116، 395، 457، 459، 461، 477

AIA، 289

م.ع.م.م، 3، 289

أم سي، 14، 84، 151، 153، 153

أباتشي إيرفلو، 311، 361، 361، 362، 363، 364، 366، 367، 369، 371، 399، 494

أباتشي نيفي، 116، 311، 311، 361، 361، 367، 368، 371، 399، 482، 494

أباتشي ORC، 62، 330، 378

أباتشي باركيه، 62، 67، 380، 381، 494

معهد البترول الأمريكي، 54، 94، 94، 95، 97، 97، 109، 137، 138، 138، 154، 168، 218، 218، 219، 256، 256، 257، 260، 271، 271، 273، 294، 294، 295، 296، 296، 297، 300، 308، 308، 326، 326، 329، 342، 366، 366، 369، 370، 488

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

الصندوق الدائري، 234، 234، 373، 392، 393، 393،
394، 414، 415، 415، 480
بريب، 142، 234، 234، 263، 263، 264، 276،
283، 284

C

جاد، 6، 6، 14، 14، 18، 24، 56، 57، 58، 63، 70،
71، 72، 73، 73، 74، 75، 76، 77، 77، 78، 78،
79، 80، 84، 80، 84، 85، 95، 95، 95، 97، 111،
126، 126، 137، 137، 138، 139، 140، 141،
142، 144، 146، 146، 147، 147، 152، 153،
155، 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,

B

BDS، 258، 259
البيانات الضخمة، 9، 67، 245، 383
بم، 2، 3، 3، 4، 4، 6، 3، 3، 14، 17، 24، 56، 58،
60، 58، 60، 63، 63، 70، 71، 72، 73، 73، 74،
74، 75، 76، 77، 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
الصندوق الأسود، 240، 242، 242، 243.
BMS، 8
بوكيه، 320، 337
بوم، 76، 77، 77، 79، 257، 263

cpixml، 143، 143، 272، 272، 273، 276، 277،
279، 285، 296
م.م.م.م، 14، 17، 62، 166، 175، 233، 326، 473
س ق م س، 14، 84، 177، 178، 462
إدارة علاقات العملاء، 109، 369، 459.
CRUD، 51، 459
CSG، 263
csv، 61، 62، 62، 88، 89، 120، 123، 128، 128،
129، 130، 131، 135، 168، 268، 272، 280،
329، 329، 333، 333، 344، 354، 354، 354،
356، 373، 373، 377، 378، 378، 379، 380،
401، 407، 407، 414، 474، 480

D

ه، 276، 276، 277، 278، 280، 281، 284، 285،
414
داغ، 362، 362، 363، 365، 366
داش، 320، 336، 336، 337.
حوكمة البيانات، 373، 395، 395، 396، 398، 400،
401
بحيرة البيانات، 214، 214، 373، 373، 376، 384،
385، 386، 386، 387، 388، 389، 390، 400
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
قاف م، 14، 24، 62، 62، 84، 151، 151، 153، 172،
233، 273، 278، 326، 356، 356، 387، 458،
473
كام، 16، 78
النفقات الرأسمالية، 14، 82
سي دي إي، 84، 175، 388، 389، 390
ChatGPT، 103، 104، 104، 109، 110، 110، 124،
129، 221، 221، 303، 303، 307، 343، 349،
421
كلود، 103، 103، 104، 104، 109، 109، 129، 139،
133، 166، 216، 219، 221، 300، 329، 343،
349، 349، 381، 429، 443
ثاني أكسيد الكربون 2، 72
شارك2، 229، 234، 234، 235، 236، 237، 238،
239، 243
كوبي، 156، 289، 292.
مجلس أوروبا، 56، 168، 168، 169، 170، 477
كابتن طيار، 114، 116، 459

211, 221, 227, 272, 287, 287, 302, 303,
303, 304, 307, 357, 376, 497
دوح، 67، 373، 373، 376، 382، 383، 384، 386،
387، 388، 389، 390
دإكسف، 8، 73، 277، 277

E

ECM، 58، 175
ECS، 142
EIR، 289
eLOD، 289
ELT، 384، 385
هـ م ب م، 14، 166، 198
ERP, 2, 11, 11, 12, 14, 14, 17, 17, 18, 24, 24,
25, 58, 62, 62, 109, 153, 163, 166, 172,
175, 196, 198, 210, 232, 232, 239, 240,
241, 241, 242, 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، 236، 238
ETL، 6، 11-8, 32, 49, 81, 113, 116, 119, 128,
داتا ليكهاوس، 67، 373، 373، 386، 387، 388
الحد الأدنى من البيانات، 373، 395، 396، 400، 401
مستنقع البيانات، 373، 395، 397، 401
مستودع البيانات، 382، 382، 383، 400
البيانات كخدمة، 487
البيانات المستندة إلى البيانات، 50، 170، 460، 461،
484، 486
إطار البيانات، 67، 117، 117، 121، 121، 122،
122، 123، 125، 125، 129، 130، 131، 131،
133، 133، 134، 135، 137، 219، 220، 224،
237، 308، 328، 328، 329، 330، 332، 332،
333، 344، 344، 345، 345، 347، 348، 348،
354، 365، 377، 381، 409، 409، 414، 415،
475
عمليات البيانات، 170، 373، 373، 398، 398، 399،
400، 401، 475
ديب سيك، 103، 104، 104، 107، 109، 109، 110،
124، 129، 139، 133، 166، 219، 221، 300،
329، 329، 343، 349، 381، 421، 429، 443،
494
دجن، 8، 140، 186، 227، 357، 357
dwg, 8, 70, 70, 71, 73, 97, 140, 186, 186,

G

اللائحة العامة لحماية البيانات، 109

نظم المعلومات الجغرافية، 58

GLTF، 143، 278

جداول بيانات جوجل، 368، 370

جروك، 103، 104، 104، 129، 139، 133، 163، 166، 219، 221، 300، 329، 343، 349، 381، 429، 443

H

ح د ف ف 5، 62، 67، 123، 329، 330، 378، 379، 380

HiPPO، 29، 37، 95، 424، 477، 484، 490

html، 123، 340، 365، 370، 340، 365، 370

I

هـ، 289، 290، 291.

IFC، 8، 73، 138، 138، 142، 142، 186، 226، 227، 261، 262، 263، 263، 264، 265، 266، 266، 267، 267، 268، 272، 273، 273، 273، 276، 276، 277، 277، 278، 279، 279، 280، 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

إكسيل، 57، 57، 61، 61، 62، 62، 65، 65، 66، 66، 85، 88، 111، 111، 120، 123، 123، 123، 125، 132، 132، 154، 164، 167، 187، 187، 210، 223، 223، 224، 226، 227، 228، 278، 278، 291، 329، 329، 333، 342، 342، 351، 365، 376، 376، 378، 459، 475، 497

مستخرج، 81، 128، 128، 134، 134، 193، 193، 311، 323، 323، 324، 326، 328، 330، 345، 361، 361، 362، 363، 365، 383، 384، 450، 475

F

ريشة، 62، 123، 123، 330، 378

FPF، 339، 340، 341، 342، 343

448

KPCI، 245، 311، 311، 317، 318، 318، 319،

320، 321، 321، 324، 353، 372، 389، 478،

479

L

ليد، 235، 236، 238.

لالاما، 103، 104، 104، 120، 124، 124، 129،

133، 166، 219، 219، 300، 329، 343، 343،

349، 381، 421، 429، 443، 494

ل م، 3، 4، 24، 24، 29، 50، 51، 52، 52، 55، 56،

92، 95، 99، 99، 102، 102، 103، 104، 104،

105، 106، 106، 107، 108، 109، 110، 111،

112، 112، 113، 114، 114، 115، 116، 118،

120، 124، 124، 125، 126، 129، 131، 133،

134، 135، 166، 166، 166، 187، 219، 220،

220، 220، 221، 221، 222، 222، 222، 224،

225، 225، 226، 231، 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,

284، 286، 286، 292، 296، 296، 302، 329،

357، 414، 415، 417، 417، 497

iges، 262، 263، 276.

آي لود، 289

IoT, 10, 18, 18, 67, 271, 367, 369, 405, 413,

413, 417, 417, 417, 418, 419, 455, 460,

465, 482, 484

ISO 19650، 388

J

جافا سكريبت، 320، 369، 378

جسن، 88، 89، 90، 90، 92، 123، 128، 142، 269،

272، 280، 329، 329، 330، 333، 378، 474،

480

مفكرة جوبيتر، 114، 115، 116، 116، 130، 187،

224، 224، 330، 346، 417، 425

K

كاغل، 115، 121، 130، 130، 187، 187، 224،

303، 307، 307، 330، 346، 406، 408، 415،

417، 425، 426، 430، 431، 433

ك - ن، 392، 393، 393، 442، 445، 446، 447،

343، 343، 349، 381، 421، 429، 443، 494
MRP، 11، 12
مشروع MS، 70
MySQL، 63، 64، 65، 291، 329، 330

N

ن 8 ن، 116، 116، 311، 361، 361، 368، 369،
370، 371، 372
البرمجة اللغويات العصبية، 69، 394
بدون رمز، 368، 369
الضواحي، 142، 282، 282، 283، 284، 285
المجلس القومي للمرأة، 8، 276

O

أوبج، 143، 143، 273، 273، 276، 276، 277، 278،
280، 281، 284، 285
OCCT، 273
OCR، 69، 128، 132، 134، 134
أومني كلاس، 154، 155، 156.
فتح 261، 256، 219، 216، 216، 142، 142، BIM،
278، 291
المصدر المفتوح، 45، 55، 55، 97، 98، 107، 108،
382, 392, 394, 399, 413, 425, 429, 430,
432, 433, 435, 443, 444, 457, 460, 461,
476, 488, 494
حمولة، 81، 128، 128، 134، 134، 193، 193، 311،
323، 323، 325، 326، 326، 333، 333، 334،
338، 339، 339، 342، 343، 343، 361، 362،
363، 365، 367، 367، 383، 383، 384، 450،
475
LOD، 287، 289
خطاب النوايا، 287
لومد، 287
رمز منخفض، 368، 369

M

ماتبلوتليب، 123، 306، 306، 320، 320، 333،
333، 335، 342، 372، 409، 411، 494
مكاد، 77، 78، 78، 257، 284
ميب، 14، 175، 492
شبكة، 234، 234، 283، 283، 284، 285، 296، 462
مايكروسوفت SQL، 65
ميسترال، 103، 104، 104، 107، 110، 110، 129،
133، 133، 166، 219، 221، 221، 300، 329،

PHP، 63، 339

خط أنابيب، 44، 53، 53، 115، 128، 183، 183، 303، 303، 307، 308، 311، 311، 312، 349، 350، 351، 351، 352، 354، 354، 355، 356، 367، 367، 370، 417، 417، 430، 476

PLM، 16، 246

ر.ب.ن، 8، 272، 296

بلوتلي، 320، 336، 336، 337، 372

م ع م، 3، 24، 32، 62، 62، 152، 152، 196، 198، 211، 211، 239، 240، 245، 245، 246، 247، 247، 248، 249، 250، 272، 326، 351، 387، 387، 388، 389، 390، 458، 462، 487

م ب م س، 84، 151، 233

PostgreSQL، 63، 64، 65، 329، 395

باور بي آي، 320، 372، 482

الأسهم الخاصة، 464، 487

بايثون، 56، 63، 63، 103، 103، 105، 112، 112، 114، 115، 117، 118، 118، 119، 129، 130، 131، 131، 133، 133، 134، 135، 166، 166، 167، 177، 179، 187، 187، 219، 229، 224، 225، 227، 303، 303، 304، 308، 320، 329، 329، 330، 332، 332، 333، 339، 340، 346، 273، 275، 494

البومة، 267، 268، 269.

P

الباندا، 56، 67، 67، 103، 117، 117، 118، 119، 119، 120، 121، 122، 122، 123، 125، 125، 130، 134، 134، 138، 186، 187، 220، 221، 225، 227، 269، 300، 303، 303، 328، 329، 330، 377، 377، 378، 380، 380، 381، 403، 408، 409، 410، 411، 412، 414، 475، 479، 494

الباركيه، 67، 123، 329، 329، 330، 373، 373، 378، 379، 379، 380، 381، 382، 386، 401، 403، 414، 474، 480

pdf، 69، 69، 70، 71، 71، 85، 111، 111، 126، 126، 127، 128، 129، 130، 131، 131، 132، 134، 146، 147، 147، 177، 186، 190، 190، 191، 211، 211، 215، 278، 338، 338، 339، 340، 341، 341، 342، 342، 344، 345، 346، 347، 354، 355، 356، 356، 357، 365، 376، 475، 480، 497

PDM، 16

389، 479

دورة في الدقيقة 14، 84، 84، 151، 331، 333، 334

ر ف ت، 8، 73، 77، 140، 140، 186، 226، 227،
272، 296، 300، 302، 322، 322، 329، 357،
376، 414، 415، 417، 497

S

SaaS، 24، 50، 50، 51، 52، 458

النطاق، 273، 277

ق، 139، 141، 141، 257، 267، 264، 273، 281،
281، 286، 296، 329، 414

سيبورن، 123، 320، 320، 336، 336، 337، 408،
412

SPARQL، 269

ق ل، 63، 65، 66، 66، 88، 89، 89، 103، 105،
119، 123، 123، 166، 166، 168، 268، 268،
269، 279، 279، 276، 276، 277، 300، 329،
376، 392، 494

SQLite، 63، 64، 64، 65، 166، 167، 296، 329،
363

خطوة، 261، 261، 262، 263، 263، 266، 272،
276، 276، 277، 292

346، 348، 356، 367، 369، 379، 372، 378،
409، 417، 426، 459، 475، 475، 476، 479،
494

Q

كيو تو، 72، 72، 196، 196، 214، 214، 215، 215،
216، 216، 217، 218، 219، 221، 223، 225،
225، 226، 228، 237، 237، 238، 242، 243،
251، 301، 302، 302، 475، 479

كيوين، 103، 104، 104، 124، 124، 129، 139،
133، 166، 219، 221، 221، 300، 329، 349،
349، 343، 349، 381، 429، 443

R

RAG، 111، 116

ر ب م س، 63، 64، 65، 82، 89

رد الفعل السريع، 267، 268، 269

RegEx، 126، 136، 136، 177، 179، 331، 332،
333، 357، 474

rfid، 8، 18، 58، 58، 84، 418، 419، 455، 460،
465، 482

روي، 311، 311، 317، 319، 319، 321، 351، 370،

V

VectorOps، 373، 398، 400، 401

ف ر، 84، 271، 285، 271، 285

W

الصندوق الأبيض، 240، 242، 242، 243.

X

xlsx, 8, 61, 61, 62, 123, 128, 129, 231, 231,
268, 276, 276, 277, 280, 296, 299, 299,
308, 351, 373, 373, 377, 378, 378, 379,
380, 401, 474, 480

xml, 61, 88, 88, 89, 89, 92, 92, 128, 143, 143,
269, 272, 272, 277, 280, 280, 280, 291,
299, 299, 329, 329, 378, 414, 474

ء

ستريمليت، 336، 336، 337

س ف ف، 142، 276، 285

T

تحوّل، 128، 193، 193، 311، 311، 323، 323،
325، 326، 330، 331، 331، 333، 333، 334،
340، 341، 341، 342، 342، 344، 347، 347،
361، 362، 363، 365، 367، 367، 383، 384،
450، 475

U

يونيكلاس، 154، 155، 156.

دولار أمريكي، 142، 143، 255، 276، 276، 277،
278، 278، 279، 280، 281، 281، 284، 285،
285، 286، 292، 296، 296

تعليقات على الطبعة الأولى:

بويكو هو جيمس كارفيل تكنولوجيا المعلومات - في مقولة الأخير الشهيرة "إنه الاقتصاد يا غبي"، يكفي استبدال كلمة واحدة بهذا الكتاب الشهير: "إنها البيانات يا غبي". (وليس البرمجيات). ولإيجاد طريقك في عالم البيانات، لا يزال قول مأثور للرومان القدماء يعود إلى اليونان القديمة ساريًا حتى اليوم: "التنقل ضروري". يبحر المؤلف بقرائه عبر أعماق محيط البيانات وضحله بيدٍ أمينة وبوصلةٍ ثابتة، فضلًا عن نهجٍ تاريخي شامل، وأخيرًا وليس آخرًا، رسوماتٍ أصليةٍ للغاية.

• — الدكتور بوركارد تالبيتاري

يُعتبر كتاب أرتيم بويكو إنجازًا متميزًا في مجال التحول الرقمي في قطاع البناء، ويُحدث تحولًا نوعيًا في هذا المجال. يُمثل هذا الكتاب دعوةً للعمل! إنه دليل ثمين لكل من يسعى ليس فقط لفهم التحول الرقمي في قطاع البناء، بل أيضًا لتطبيقه بفعالية - بطريقة عملية وفعالة واستشرافية. لقد حان الوقت للتعاون في تبادل هذه المعرفة وزيادة إنتاجية قطاع البناء بشكل مستدام...

• — د. مايكل ماكس بوهلر

يتيح هذا الدليل العملي للمحترفين والمبتدئين على حد سواء الانغماس في عالم البناء المتطور بسرعة والمعتمد على البيانات. بدءًا من أساسيات إدارة البيانات، وصولًا إلى سير العمل الرقمي المتقدم، وأدوات الذكاء الاصطناعي، والتطبيقات العملية، يُعد هذا الكتاب خارطة طريقك نحو عمليات بناء أكثر ذكاءً وسرعة وكفاءة.

اكتشف كيف تسهم البيانات في إعادة تشكيل البناء

ماذا يوجد في الداخل

- أكثر من 100 موضوع رئيسي يتعلق بالبيانات في AEC
- أكثر من 300 تصور ومخطط متميز
- أكثر من 50 حالة دراسية واقعية
- تطبيقات عملية في مجال الماجستير في القانون والذكاء الاصطناعي
- أمثلة التعليمات البرمجية وسير العمل المعدة للاستخدام

الموضوعات

- البناء المعتمد على البيانات
- التحول الرقمي في قطاع الهندسة والبناء المعماري
- تحليل البيانات والأتمتة
- جودة البيانات وإدارة الحوكمة
- CAD وBIM وقابلية التشغيل البيني للبيانات
- ماجستير في القانون، والذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي في مجال البناء
- تقدير تكلفة المشروع ومدة تنفيذه

جمهور

- مديرو مشاريع البناء
- المهندسون المعماريون والمهندسون المدنيون
- منسقو نمذجة معلومات البناء ومديرو البيانات
- قادة التحول الرقمي
- متخصصو تكنولوجيا المعلومات والذكاء الاصطناعي في AEC
- مخططو المدن ومستشارو التنمية المستدامة
- طلاب الهندسة المعمارية والهندسة
- المعلمون والباحثون

• موقع ويب
• www.datadrivenconstruction.io

ISBN: 978-3-98262-554-6
9 783982 625546