



CIOB

The Chartered
Institute of Building

CIOB 《2024 年人 工智能（AI）手 册》

由特许建筑学会（CIOB）出版

X: [@theCIOB](#)

脸书：[www.facebook.com/theCIOB](#)

LinkedIn：搜索CIOB

YouTube: CIOBTV

英国，布拉克内尔，唐希尔路，阿灵顿广场3号，RG12 1WA

注册慈善机构No.（英格兰和威尔士）280795

和（苏格兰）SC041725

[www.ciob.org](#)

电话：+44 (0)1344 630 700

电子邮件：[policy@ciob.org.uk](#)

本手册中由外部作者撰写的章节内容仅代表作者观点，不一定代表CIOB或与CIOB有关的任何人的观点。作者和CIOB均不承担因使用本手册而产生的任何责任。

版权所有CIOB 2024

目录

4	前言	Caroline Gumble（博士），CIOB首席执行官
10	介绍	David Philp，Cohesive首席价值官
14	Murillo Piazzi，Okana高级数字顾问，人工智能在建筑中的实际应用	Paul Thorpe，Okana主任
21	人工智能基础	Alex Luketa，合伙人，Xerini Jon Williams，合伙人，Xerini
26	建筑中的机器学习：	
	机会和用途	Noha Saleeb博士，创意副教授 数字技术与建筑，米德尔塞克斯大学
33	机器学习与深度学习的重要性	Bimal Kumar教授，创新数字建筑技术教授，斯特拉斯克莱德大学
36	优质数据的基础	Vicki Reynolds，Catalyst & Obi首席技术官
40	人工智能、法律与合同	May Winfield，全球商业总监 法律和数字风险，Buro Happold
45	AI与数字孪生的关系	David Philp，Cohesive首席价值官 Stefan Mordue，Bentley Systems教育与合作高级经理
54	术语表	
58	资源	- 了解i-ReC - 制定使用人工智能的标准 - AI用例模板 - AI技能和数据素养
62	参考文献	

前言

在CIOB迎来第190个周年之际，我们出版了一本新的手册，探讨一项可能改变行业的技术进步。在这本手册中，继今年早些时候我们首次举办的全球人工智能大会之后，我们将探讨人工智能对未来建筑业的意义。



在CIOB，我们为公共利益而工作的努力使我们关注当前的问题，其中包括：

- ？ 推广最佳实践，推动环境可持续性，
- ？ 强调需要提供质量和安全
- ？ 鼓励采取一系列措施来解决技能差距。

可以说，人工智能可以在所有这些领域产生显著的积极影响。

我们目前的公司计划也谈到了新技术被广泛采用，因为它们为行业和在其中工作的人提供了好处。这是很有可能的
人工智能可以被部署，以在短期内对技能差距和推动可持续性改进的需求产生积极影响，利用数字工具以急需的方式推动我们的行业发展。

在许多领域，人工智能可以成为这一过程不可或缺的一部分。人工智能可以在我们的建筑、城镇和开放空间的设计和规划方面发挥变革性的作用。

在这本新手册中，我们的专家阐述了人工智能是什么，为什么它对建筑行业很重要，以及它如何为承包商和更广泛的行业带来机遇。它涵盖了潜在领域的广度
人工智能可以被部署，包括如何在你的工作流程中利用它，它如何影响合同和降低风险，以及重要的是，你应该在你的有意识的人工智能旅程中考虑什么。

我希望“ CIOB人工智能手册 ”将有助于建筑专业人士在我们行业的背景下理解人工智能。

我要感谢CIOB数字与创新咨询小组及其专家人工智能工作组创建了这个手册。我始终感激我们社区内的专家们，他们贡献自己的知识和经验，共同为行业进步带来最佳的思考。

Caroline Gumble- (博士) BSc (开放) ,
CMS , MCIPD , FRSA , MIEx , HonMCCM
特许建筑学会首席执行官

致谢

本手册基于一系列关于关键人工智能主题的见解编写而成，包含了一系列独立或综合阅读的精彩片段。各章节按逻辑顺序排列，但每个章节也有其独立的价值。这项工作借鉴了CIOB人工智能大会上的讨论，我们的首席执行官卡罗琳·甘布尔和政策、公共事务及研究总监埃迪·塔特尔均发表了演讲并为推进这一议程做出了贡献。

CIOB拥有专门的政策、公共事务和媒体关系团队，帮助我们制定了这一手册。我们感谢数字与创新咨询小组的承诺，他们的专业知识使我们能够在这一重要议程上发出响亮的声音。

CIOB还希望向以下贡献者表示感谢：



David Philp-凝聚力

David在行业工作超过30年，是特许建造经理。作为Cohesive的首席价值官，他负责推动以客户为中心的理念，并为资产所有者和运营商在其资产生命周期和投资组合中创造可持续的价值和影响。

David参与了全球范围内的许多创新项目、数字化变革战略和数字资产管理战略，包括英国、香港、新加坡、澳大利亚和波罗的海国家。

2011年，他被借调到英国内阁办公室担任BIM实施主管，并且是英国公共部门BIM授权（GCS 2011-2016）的关键贡献者。他还担任了苏格兰BIM交付小组主席，通过苏格兰未来信托基金提供苏格兰政府的BIM要求。

Stefan Mordue-Bentley

斯特凡是一位注册建筑师、建设项目经理、顾问及已出版的作者。他是本特利系统公司的教育与合作高级项目经理。他曾是CIC BIM 2050小组的创始成员，并担任多个行业和技术标准委员会的委员，包括欧洲建筑师协会（ACE）BIM工作组。目前，他担任CIOB数字与创新咨询小组的副主席。

Stefan是几本书的合著者，并有幸获得CIOB、利兹贝克特大学、Generation for Change G4C和Constructing Excellence的奖项，以表彰他对建筑业的贡献。



致谢



亚历克斯·卢凯塔-泽里尼

亚历克斯是Xerini有限公司的首席技术官兼联合创始人，他凭借在摩根士丹利、高盛和摩根大通等顶级金融机构的杰出职业生涯，应对各行业独特的技术挑战。专注于通过定制解决方案提升业务生产力，亚历克斯在Xerini的领导下，促成了与HS2和国家高速公路等主要客户的关键合作，推动了数据利用和系统集成的进步。亚历克斯的战略视野和敏捷方法倡导长期合作伙伴关系和持续适应客户需求，确保Xerini在技术创新和业务优化中扮演关键角色。



Noha Saleeb博士-Middlesex大学

Saleeb博士是Middlesex大学创意数字技术和建筑专业的副教授，同时也是MSc建筑信息建模管理课程的项目负责人。通过她在大学的职位和几个专业机构指导委员会，她为可持续设计、建筑、数字转型、BIM、数字孪生、人工智能和现场项目管理的行业项目和组织提供咨询。

诺哈领导了多个工业和理事会资助的赠款项目，发表了100多篇期刊、会议、行业和书籍章节出版物，并因其在可持续性、数字孪生、遗产、BIM和建筑创新领域的专家工作而获得多个国家/国际奖项。



Jon Williams-Xerini

Xerini Limited的首席执行官兼联合创始人Jonathan Williams在投资银行领域从事技术工作，曾在摩根士丹利、摩根大通和美国银行等顶级机构担任高级职位。他的经验涵盖了多个业务部门，包括交易（利率衍生品和混合产品）、风险管理和企业融资。



梅·温菲尔德-Buro Happold

他是国际工程公司Buro Happold的全球商业、法律和数字风险总监。梅是一位拥有超过19年经验的资深建筑律师，被公认为数字技术和建筑技术领域的领先法律专家。梅领导了该领域多种文件的起草团队，包括ISO19650协议模板和指南。她是英国数字建筑中心《数字孪生路线图》和《数字孪生工具包报告》的共同作者之一，同时也是英国政府《建筑手册》第二版工作组的成员。



Murillo Piazzai-Okana

穆里略是一位资深数字顾问，曾编写了诸如健康与安全的BIM培训计划、COBie的理解以及IFC的理解等课程。他还是ISO 19650-1和2的主要评估员，支持组织建立并满足信息管理需求。穆里略的目标是连接学术界和工业界，与他人分享他的知识。



保罗·索普-奥卡纳

保罗在全球范围内参与了多个大型项目，包括机场、数据中心、医院和商业摩天大楼。他拥有多年建筑项目数字管理经验，并制定了数字化转型战略。Paul致力于最大化建筑行业数字化应用的价值。他曾在多个行业部门工作，专长于信息管理、BIM执行和数字化转型。



Bimal Kumar教授-斯特拉斯克莱德大学

库马尔教授在基于计算机的设计与建造研究领域拥有杰出且广泛的职业生涯。他在20世纪80年代从爱丁堡大学获得了结构设计中人工智能应用的博士学位，从此开始了他的研究之旅，并在其整个职业生涯中一直专注于这一主题领域。多年来，他与世界各地的领先研究中心建立了重要的合作关系，包括美国的斯坦福大学和卡内基梅隆大学、新加坡国立大学以及香港科技大学。

致谢



Vicki Reynolds-催化剂和Obi

Vicki负责Catalyst的信息安全和技术战略及实施。在建筑行业工作期间，她曾在多个知名项目中担任信息管理、BIM管理和数字施工等职位，提供数字解决方案，实施新技术，并提升个人和组织的技能。

Vicki是当地和全球建筑界的活跃成员，她为英国、爱尔兰、德国、荷兰、加拿大、印度和中国等国家的听众撰写并发表了关于数字建筑和信息管理的工作坊和讲座。



Charlene Burkmar-将愿景变为现实

查琳是Vision into Reality的管理合伙人，这是一家提供端到端能力的咨询公司
这将促进成功变革。她和她的团队在创建业务和数字战略与计划方面提供客观支持，将变革融入整个组织，以实现长期可持续的成功。

她的职业生涯一直在全球各地的政府机构和商业公司工作，以创建和巩固它们的数字化转型、业务和增长战略。



介绍

数据在建筑行业中正逐渐被视为一种战略资产，通过支持洞察、决策以及推动工作方式的数字化和自动化。数字工作流程和数据对于我们职业的未来至关重要，它们弥合了技能差距，促进了现代施工方法的发展，并鼓励新进入者加入一个日益技术先进的行业。此外，它还有助于应对建成环境面临的挑战，尤其是在社会和地球层面上。

我们的建筑环境正处于全球气候危机和负责任资源消费需求的临界点，这一切都发生在基础设施老化且经常失效的背景下。这还伴随着对建筑安全、资产可靠性、整体生命周期成本改善以及施工生产率提高等当前挑战的变革需求。

为了说明这些挑战有多么巨大和邪恶，气候危机被描述为一个“超对象”：一个多方面的概念，太大而无法有效地把握。希望这能突出我们职业中变革性变化的需要，而现实是我们有一个短暂的窗口来实现这种规模的变化，并使其长期坚持下去。

那么，我们该怎么办呢？在《矩阵》中，主角尼奥可以选择吃一颗红色药丸，这将使他能够理解由矩阵创造的幻象之外发生的事情，或者选择一颗蓝色药丸，这将让他回到只体验那个幻象的状态。希望你选择红色！我们需要选择一条未来的道路，这条道路不仅让我们摆脱略显舒适的高效状态，迈向一个更加激进的技术驱动的未来，一个重新构想并繁荣发展的建筑环境。

我们已经看到了在我们的行业中使用建筑信息模型（BIM）和协作数据共享的信息管理的价值。在未来的

这些年来，这些过程和技术将越来越多地与通信网络、物联网（提供传感器和其他信息）相结合，以实现数字孪生。

所有这些结构都为建筑提供了真正的价值，然而当我们引入人工智能（AI）时，潜在的影响会显著增加，帮助我们解锁通常被锁定或非结构化的建筑数据的真正价值，以提供洞察、优化、预测，并可能自动决策过程。

人工智能及其大型语言模型并非新概念（自20世纪50年代起就已出现在我们的词汇中），但与其他技术不同的是，人工智能的发展速度是其最大的特点，而且这一趋势不太可能放缓。事实上，人工智能已经在许多特定任务上超越了人类，而且每天都在以更快的速度在新任务上取得突破。

人工智能的形式如今已广泛应用于各行各业和商业领域，建筑业也不例外，无论我们是否意识到这一点。事实上，你可能已经在使用像ChatGPT、DALL·E这样的AI支持的应用程序，或者更复杂的基于算法的生成设计软件。这类技术及其应用场景只会越来越多，而且速度会越来越快。人工智能有可能彻底改变我们的行业，特别是中小企业（SMEs），



通过普及新兴技术和应用，使它们能够在更大规模上竞争。借助人工智能，中小企业可以缩小差距，使它们能够利用曾经只有大型建筑组织才能获得的能力。

这些概念为我们的行业提供了许多应用场景，事实上，人工智能可以通过分析项目价值链中的大量数据、通过计算机视觉识别潜在的安全风险以及提供更明智决策的见解，极大地支持项目和施工管理。人工智能还可以支持重复性任务的自动化，例如日常的数据录入、表单填写和报告生成，这些活动常常占据建筑经理的一天。通过自动化这些反复且耗时的任务，团队可以将精力集中在更有价值的任务上，从而对项目成果产生更大的影响。

人工智能还可以用于分析从各种来源收集的数据，如传感器网络、天气情报预测，以及过去的历史数据，如生产力产出和项目数据库，以预测潜在风险和确定改进领域。其结果可以帮助项目和施工经理更快地做出数据驱动的决定，并采取积极措施，安全地最大限度地提高现场活动。本质上，人工智能正在推进我们的工作方式，使其更智能、更快、更好地与我们的实物资产互动。

这些技术还可以协助调查和监测，以识别潜在的安全隐患、进度、质量问题以及与方法说明或规范的偏差。因此，项目和施工经理有权实时采取纠正措施，从而提高项目的安全性、质量和效率。

相反，一些最大的用例是在资产管理领域下游，其中资产可用性和弹性是关键。一个很好的例子就是桥梁或大坝监测解决方案。

人工智能和机器学习（ML）用于处理传感器数据并自动识别诸如裂纹或剥落等缺陷，并允许主动维护制度。我们将在运营和维护中看到更多此类应用，从医院到铁路，以及其他关键基础设施。这些解决方案的伟大之处在于，它们正在帮助缩小目前存在的能力和技能差距。

然而，人们将越来越需要技能和能力的发展，以有意识地利用人工智能及其好处，同时确保其道德性和安全性。例如，研究发现，在生成式AI工具中存在针对传统行业从业者的种族和性别偏见，这些工具经常未能描绘出女性或少数族裔在该行业的劳动场景。

因此，我们需要考虑人工智能黑箱问题。人工智能可以做人类做不到的惊人的事情，但在很多情况下，我们不知道人工智能系统是如何做出决定的，这是我们需要注意的。从本质上讲，我们需要一个白盒方法，提供透明度——理解AI模型决策、推理和每个决策背后的概率作为关键考虑因素。与AI相关的各种同意、数据权利和道德数据收集问题需要考虑和解决。

我们还需要考虑人工智能幻觉的挑战，即人工智能模型会产生错误或误导性的结果。这些错误可能由多种因素引起，包括训练数据不足、模型做出的假设不正确以及用于训练模型的数据中的偏差。

在我们这个行业的背景下理解人工智能对每个参与建筑的人来说都是至关重要的，这有助于确定和塑造它如何为你的组织和更广泛的行业带来新的机会。本手册概述了人工智能及其子主题是什么，为什么它对建筑很重要，如何在您的工作流程中利用它，以及您在AI旅程中应该考虑的问题。



本手册由CIOB的数字与创新顾问编写
该小组旨在为读者提供一套关于在工作场所使用人工智能的见解和实际应用。

剧本的目的在于帮助行业启动一个比例恰当且深思熟虑的人工智能和数据科学之旅。首先，明确你的目标和关键挑战，了解人工智能能提供哪些帮助。将人工智能视为你的新同事，你的建设助手，可能减轻经常重复的数据任务的负担。研究它可以在哪些方面提供互补的分析技能、模式识别、一致性和提高处理速度。

人工智能为我们提供了改善日常工作和克服许多建筑环境全球挑战的机会。开始工作不应该困难，但应该特别注意道德和治理方面的问题。

每一章都是由咨询小组的专家成员之一撰写的独立文章。我们希望您觉得这份文件很有用，并欢迎进入一个新的数字篇章。

David Philp FCIOB FICE FRICS FCInstCES FGBC
首席价值官，Cohesive
CIOB数字与创新咨询小组主席

第1章：

人工智能在建筑领域的实际应用

作者：
Murillo Piazzì，高级数字顾问，Okana Paul
Thorpe，总监，Okana

介绍

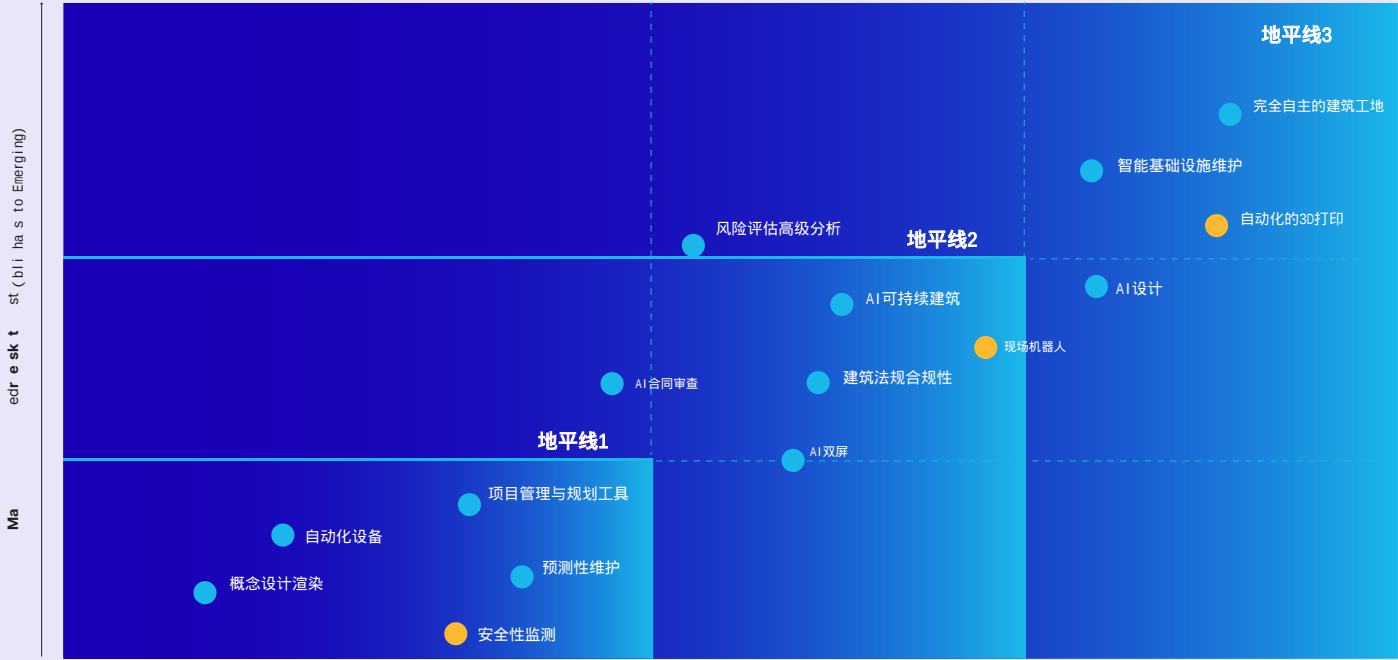
建筑业面临着日益严峻的挑战，因为不断变化的需求十分复杂。大多数公司已经认识到，只有采用数字化流程和工具，才能有效管理当今项目的复杂性。例如，在英国，公共资助项目必须采用建筑信息模型（BIM）。

人工智能（AI）通过发布新工具的普及引发了兴奋和不确定性。也许正因为如此，目前在建筑行业实施的人工智能仅限于建筑生命周期内及时的干预、生成设计、测试适配应用和项目方案分析。

尽管在采用新技术的早期阶段，所测量的方法似乎是有意义的，但如何才能进一步推动人工智能的使用呢？要将这些工具从盒子里拿出来，并开始在多个任务中使用，需要什么？本章将讨论这些问题，并探讨已经存在的应用类别以及未来可用于支持生产率、质量和安全性的应用类别。

图1中，地平线图提供了一个框架，帮助理解人工智能在建筑行业的发展演变。x轴表示技术的成熟度，而y轴则表示市场应用，每种潜在的人工智能技术都按此绘制。该地图展示了当前人工智能技术的应用情况、正在出现的技术以及未来可能的发展方向。然而，需要注意的是，由于人工智能领域的快速变化和突破，某些技术可能会加速发展并创造新的应用，因此这张地图只是我们目前对人工智能应用及其对建筑行业预期影响的一个快照。

图1：地平线图

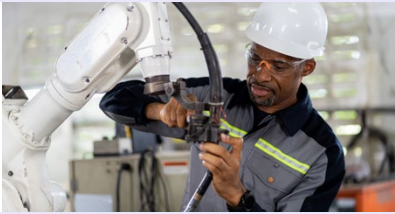


技术（从目前到先锋）

● 安全性监测
人工智能监控系统，用于监控安全合规性



● 现场机器人
用于砌砖或焊接等任务的高级机器人



● 自动化的3D打印
AI优化和控制建筑物或大型组件的3D打印



人工智能和我们与信息的关系

我们处在一个人们与信息互动方式发生巨大变革的时代。查阅《大英百科全书》的日子一去不复返了；现在一个简单的搜索引擎查询就能立即获得数百万条结果。对任何主题的大量信息的快速访问是前所未有的，而人工智能将进一步改变这一现状。

大型语言模型可以扫描一个主题上的大量内容，提供最常见的结果和模式的摘要。这种能力可以使冗长的搜索过时，提供快速访问相关信息。

在搜索专业主题时，这尤其有用，因为在建筑行业经常出现这种情况。

您需要知道逃生路线的宽度吗？没问题，AI可以帮您找到这些信息。

您是否需要知道标准建议在特定空间内安装多少个电源插座？您可以在几秒钟内获得此信息。无需浏览数百页PDF文件。



这种力量可以成为你公司的现实。存档中的信息可以与语言模型连接并解锁。收集的所有数据

从以前的项目中，无论是成功的还是不成功的，都可以被访问和使用来指导我们现在的和未来的决策。

当我们探讨这些机会时，应记住人工智能只是一个工具。因此，它无法理解其输出的意义。AI模型本质上是在训练数据中建立术语之间的关联，依赖统计学来形成人类可以理解的表达。由此我们可以推断，输出的质量将取决于我们提供的输入质量。通过良好的提示和结构化数据，可以释放AI的潜力。

数字技能

数字建筑领域的专业人士深知，单靠工具不足以在建筑业带来深刻变革。真正的转型需要理解和掌握这些工具。要有效将人工智能融入日常运营，人们需要一套新的委派技能。与人工智能合作类似于迎接一位新团队成员，需要向其介绍特定任务。虽然初期耗时，但投入时间培训新同事最终会带来益处，因为它有助于分担工作量。

在我们实现通用人工智能之前，明确分配给当前AI工具的任务的背景和细节至关重要。如果任务与建筑业或特定学科如建筑或工程有关，那么这些细节就更为重要了。设定明确的目标是至关重要的。

制定一个清晰而精确的目标及其背景是一项艰巨的任务。定义AI将要运行的参数具有重要的价值。因此，“提示工程”和“AI角色”等术语正在变得越来越重要。

在AI实施的早期阶段，当任务与我们已经熟练掌握的活动相关时，技术表现最佳。因此，开始AI实施时

熟悉的任务。这种方法有助于在用户中建立对AI系统的增量信任。

此外，为了获得可靠的结果，评估和验证人工智能的输出是至关重要的。你可以通过熟悉的任务来有效地完成这一过程，因为你有能力辨别满意和不满意的结果。这种验证过程对于训练和优化人工智能也至关重要。

人工智能模型在速度、准确性和一致性方面表现出色，因为它们不会受到疲劳或分心的影响。然而，它们缺乏进行道德和道德判断所需的常识。最初，人工智能在简单的任务中表现更好。

人工智能特别擅长自动化重复的、基于规则的任务，这些任务有明确的边界，比如数据处理、基本的数据输入和常规计算。然而，人工智能模型经常在以下方面失败：完全理解人类语言和场景的上下文和细微之处，缺乏人类拥有的常识推理。

尽管理解和解释复杂任务的细微差别对人工智能来说仍然具有挑战性，但其在简单任务上的熟练度提高了数据验证或质量控制等功能的准确性和一致性。通过将这些任务分配给人工智能，组织可以优化资源分配，使人类员工能够专注于需要批判性思维、创造力、同理心和细致决策的角色，而这些领域通常是人工智能表现不佳的。

像ChatGPT这样的AI工具最初表现出的兴奋和前景可能会导致人们对这些技术所能实现的目标产生过高的期望。然而，现实是，在其当前状态和现有能力下，AI仍然是一个需要特定用户技能才能有效利用的工具。

人工智能及其类别

随着人工智能应用的日益增多，很难跟上步伐并了解技术发展的大方向。然而，理解这些界限

这些应用程序在此范围内运行——他们的潜力和局限性——是实施能够为公司创造更高价值的工具的基础。这将使得合适的工具能够用于合适的任务。此外，为特定流程开发的系统有可能被用于性质相似的任务。

目前为建筑行业开发的大多数应用都属于几个使用类别。让我们来探讨一下主要的类别。

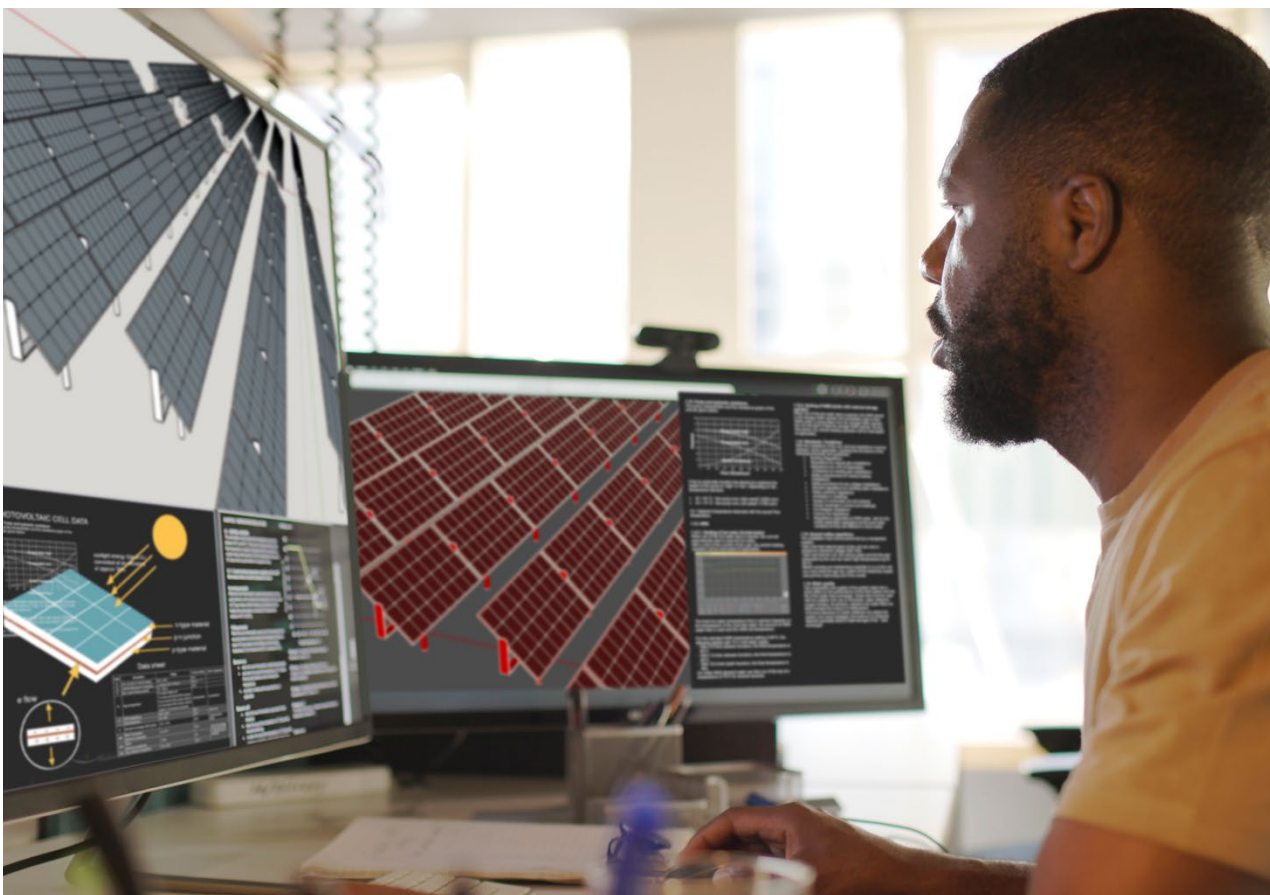
分析

人工智能中的数据分析包括人工智能对大型和复杂数据集的处理和解释。它涉及使用人工智能来发现数据中的模式、见解和相关性，这些可能不是人类分析师立即就能发现的。

人工智能在建筑行业数据分析中的作用正在迅速扩大，从根本上改变了数据的处理和利用方式。随着能力的增强，人工智能能够分析多种数据形式，包括文本文件和视频片段。一个显著的应用是在审查闭路电视录像以查找安全违规行为，这对于维护健康和标准至关重要。

尽管建筑行业产生了大量数据，但公司往往缺乏存储和审查这些数据的系统和资源。人工智能通过组织和分析来自不同来源的数据来解决这一问题，从而揭示项目各方面的因果关系，如设计信息请求（RFI）、进度计划和事故记录。这些洞察对于创建更安全的施工方法和向现场人员提供主动预警至关重要。

人工智能将继续发展，超越人类认知和传统硬件的限制。向通用人工智能的转变，其能力跨越不同知识领域，将重新定义理解和分析的边界。在这个未来，人工智能将超越人类清醒状态的限制



时间和我们大脑有限的处理能力，开启了一个持续增长的指数级智能的新时代。

这一演变不仅将改变我们在建筑等行业中处理和解读数据的方式，还将从根本上改变我们对知识和信息的态度。互联网的使用完成了“信息民主化”，而人工智能的进步可能会带来“理解民主化”的概念——一个未来，洞察力和复杂分析不再是专家的专属领域。相反，由人工智能驱动的分析将使复杂的模式和精细的解读变得人人可及，从而在知识和决策方面有效拉平了竞争的天平。

代际

AI 生成指的是由AI 模型创建信息、设计或数据。它涉及使用AI 根据给定的输入产生新的内容或想法，利用其快速处理和以创新方式组合信息的能力。

在不断发展的建筑领域，人工智能正在革新内容生成，提供远超人类速度和效率的解决方案。这场革命不仅仅是速度问题，而是成果的质量和 innovation。

例如，机器生成的内容代表着一个机遇，参数化设计处于前沿。参数化设计是一种变革性的方法，机器接收特定的输入来测试和生成设计选项。这种方法利用了人工智能的数字原型制作能力，处理多种可能性以确定最合适的方案。

建筑领域另一项人工智能突破是图像生成。世界各地的建筑师都在尝试使用人工智能工具来开发概念渲染图。通过输入简单的文字描述，人工智能可以在几秒钟内产生概念可视化，极大地简化了设计过程。

随着人工智能模型变得越来越复杂，它们可以解释的提示的复杂性也将增加。

建筑法规目前对人工智能应用来说是一个挑战。人工智能理解并把法规要求整合到设计流程中的潜力是巨大的。设计师可以通过简单的提示，制作出符合建筑法规的一般布局和立面图。

人工智能模型有望更深入地理解建筑领域的众多变量，包括客户偏好、法规、预算限制和施工方法，这具有开创性意义。随着AI 的不断进步，它可能会促成能够协调这些常常相互冲突的标准的建筑设计，为以前无法想象的设计解决方案铺平道路。

自动化

人工智能的自动化是指利用人工智能在无需人工干预的情况下执行任务。这包括编程人工智能系统以自我管理任务，通常是在复杂或动态的环境中，提高效率并减少对人工输入的需求。

尽管零售和酒店业正在借助自飞无人机和机器人服务员等技术取得进展，建筑业在采用此类自动化方面却面临独特的挑战。建筑环境动态且不可预测，与制造业的受控环境截然不同。这要求机器人每天适应不同的任务和条件。这种复杂性减缓了诸如砌砖机器人等技术在建筑领域的广泛应用。

然而，随着人工智能模型的进化，它们在复杂环境中的导航能力也在提高。与自动驾驶汽车的进步相提并论，建筑领域的人工智能驱动机器人正变得越来越熟练，有可能让它们在高风险任务中得到应用，比如密闭空间检查。

无人驾驶技术已经在行业中取得进展，尤其是在大规模作业中。在土方工程中使用无人驾驶设备展示了人工智能在提高建筑任务精度和效率方面的潜力。这些机器利用GPS 和设计数据，能够以惊人的准确性执行特定任务，如打桩。

人工智能模型有望更深入地理解建筑领域的众多变量，包括客户偏好、法规、预算限制和施工方法，这具有开创性意义。随着人工智能的不断进步，它可能会促成能够协调这些常常相互冲突的标准的建筑设计，为以前无法想象的设计解决方案铺平道路。

随着人工智能和机器人技术更深入地融入建筑业，它们不仅承诺提高效率和安全性，还承诺改变我们建造世界的方式，使其更加可持续、精确，并对邻近地区的影响最小。

这场由人工智能引领的建筑领域无声革命，有可能引领一个创新和环保意识的新时代，重塑这个行业，使其成为一个真正的“隐形行业”。

案例研究：使用XeFr和ChatGPT的自动投标管理解决方案

一家知名咨询公司负责处理众多公共部门的招标项目，他们联系了Xerini以优化和提升其招标流程。他们需要一个解决方案来消除重复工作并自动化评估过程。借助Xerini的旗舰产品XeFr与ChatGPT的集成，该咨询公司实现了显著的生产力提升，并缩短了招标处理时间。

该咨询公司有几个挑战需要解决：

- ❓ 耗时的投标处理：评估公共部门的投标需要花费过多的时间，涉及重复和劳动密集型的任务。
- ❓ 碎片化的投标资料：相关资料分散在多个文件和系统中，难以快速评估每个投标的适用性。
- ❓ 人工评分和筛选：现有的投标/不投标标准是通过人工应用的，导致不一致和低效率。
- ❓ 复杂问题提取：大型招标文件包含各种问题，每个问题都需要单独回答。

使用XeFr和ChatGPT集成的自动化解决方案，帮助简化整个投标处理工作流程。这提高了投标处理的效率，通过自动重复任务提高了生产率，并通过自动投标/不投标过滤提高了准确性。

结论

总之，人工智能融入建筑业标志着—个变革时代的到来，它增强了人类的能力而非取代它们。有效运用人工智能需要一定的用户技能和理解。随着我们在这个技术领域中前行，角色将发生变化——从操作者转变为监督者，专业人士将越来越多地发现自己在检查和验证人工智能的工作。

在建筑行业，人工智能的影响将非常深远，尤其是在劳动密集型流程方面。人工智能可以提供快速、数据驱动的洞察，否则这些洞察需要花费数周或数月的时间才能收集。这一转变不仅有望提高效率，还可能提高分析的准确性和深度，从而推动该行业的更好决策。

然而，人工智能的全部潜力取决于数据的可用性和结构。人工智能系统在结构化、组织良好的数据上茁壮成长。数据越精确、管理越到位，人工智能就越能有效地分析、学习并基于这些数据做出预测。这凸显了行业内严格的数据管理和治理的重要性，因为人工智能输出的质量直接受到其输入质量的影响。

总之，人工智能在建筑行业既带来了双重挑战也提供了机遇。它不仅需要新的技能和角色，还具有大幅提升效率、准确性和创新性的潜力。实现人工智能全面潜力的旅程将是合作的过程，需要在技能发展、角色适应和数据管理方面共同努力。

第2章：

人工智能基础

作者：

Alex Luketa，合伙人，Xerini

Jon Williams，合伙人，Xerini

介绍

在本章中，我们将开始了解人工智能（AI）和机器学习（ML）的基础知识。这些概念曾经是科幻小说的范畴，现在已成为塑造各个领域未来的关键因素，建筑也不例外。

我们将探讨机器学习和人工智能的各个方面，包括不同类型的机器学习、经典模型、神经网络以及前沿的Transformer模型，后者包含如GPT（生成预训练变换器）等技术。这一探索旨在揭开这些复杂技术的神秘面纱，使其对于计算机科学和工程领域之外的人士也易于理解和掌握。

什么是人工智能和机器学习？

人工智能，从本质上讲，是机器能够以我们所认为的“智能”方式执行任务的更广泛概念。它是计算机科学的一个分支，致力于在机器中模拟人类智能。

机器学习，作为人工智能的一个分支，是真正实现奇迹的地方。它是机器根据数据学习做出决策或预测的过程。机器学习涉及向算法输入数据，让机器通过实践任务来更好地了解任务，从而提高性能或随着时间推移做出更准确的预测。这就像通过例子教孩子一样；你提供的例子越多，孩子就越能理解和应用这些概念。

机器学习的一个实际应用例子是垃圾邮件过滤器。这个程序通过分析用户标记的垃圾邮件和普通邮件的例子，学会识别并标记垃圾邮件。这一学习过程由一组示例或“训练集”驱动。集合中的每个例子被称为“实例”。在这个过程中，核心部分是“模型”，即机器学习系统中主动学习并做出预测的部分。

为什么要使用机器学习

21世纪见证了数据生成量的指数级增长，这一趋势丝毫没有减弱的迹象。不断增长的数据量既带来了挑战，也带来了机遇：处理和解读这些数据的挑战，以及从中提取有意义见解的机会。机器学习在这方面提供了一个强大的工具，能够从大型数据集中提取有价值的信息。

利用机器学习的主要原因之一是它能够处理和理解这些数据，这对于人工智能能力的成功结果至关重要。它使用从数据中学习的算法，在获得更多数据时，能够适应性地提高性能。这种自我完善是至关重要的；随着数据量的增长，ML算法得出见解的能力也在增长。

此外，机器学习在解决那些使用传统软件开发技术过于复杂或根本无法解决的问题时表现出色。以垃圾邮件过滤器为例——这一应用如今在电子邮件服务中无处不在。使用传统方法创建和维护一个垃圾邮件过滤器

编码方法需要制定一套复杂而严格的规则，然而，ML大大简化了这项任务。通过从数据中学习，ML算法可以有效地识别和过滤垃圾邮件，并随着时间的推移适应新的垃圾邮件类型，而无需不断的人工干预来制定规则。

随着这些算法接触到更多的数据，它们会改进模型，提高准确性和效率。这一方面在数据环境不断变化或扩展的应用中尤其有益。

机器学习和人工智能的类型

在机器学习和人工智能领域，这些系统的主要目标包含在两个核心目标中：分类和预测。这两个目标构成了机器学习和人工智能众多应用的基础，塑造了数据分析、解释和利用的方式，遍及各个行业。

机器学习中的分类指的是将数据分类到预定义的类别或组的任务。例如，考虑分析客户评论的场景。

人工智能系统可以根据表达的情感将这些评论分类为正面、负面或中性。这种分类不限于单一类别；单个数据点，例如作为一张照片，可以同时被归类为一只猫的照片和家庭肖像。分类的本质在于它能够以一种有意义的、可操作的方式组织和解释数据。

相比之下，预测侧重于基于已知参数来估计或预测未知值。一个典型的例子是房产价格的预测。人工智能系统可以通过分析位置、该地区的平均收入、靠近设施的程度以及历史价格趋势等多种因素来预测房屋的价值。预测的范围扩展到了生成式人工智能领域，这是一个新兴领域，在这里，人工智能系统能够预测文本序列中的下一个词或查询的答案。这种预测能力是现代人工智能应用的基石，为各种情境提供了洞察和预见。

经典机器学习算法简介

在机器学习的世界里，存在一系列“经典”模型，它们以简洁和高效著称，通常可以在不依赖高端图形处理单元（GPU）的情况下运行于较为简陋的硬件上。这些模型构成了许多机器学习应用的基石，尤其是在资源有限或快速处理至关重要的领域。

线性回归是机器学习中最基本且广泛使用的统计技术之一。它用于建模因变量与一个或多个自变量之间的关系。其目的是找到一条最能拟合数据的线性关系（根据变量的数量，可以是一条直线或一个平面）。由于该模型的简洁性和可解释性，它成为许多预测建模任务的首选，例如基于房产大小、位置和房龄等特征来估算房价。

支持向量机（SVM）提供了一种更复杂的方法。SVM既可用于分类也可用于回归，但更常用于分类问题。在这些模型中，数据点被绘制在多维空间中，SVM算法旨在找到一个超平面，以最佳方式划分数据类别。支持向量机的一个关键特性是它们能够使用所谓的核技巧处理非线性数据，这使得它们在复杂数据集中的表现极为出色。

决策树和随机森林特别直观。决策树是一种类似流程图的结构，每个内部节点代表对属性的测试，每个分支代表测试的结果，每个叶节点代表一个类别标签。它们易于理解和解释，但容易过拟合。随机森林是多个决策树的集成，通过构建多棵树并合并它们，以获得更准确和稳定的预测。

无监督方法，如K均值聚类，代表了ML中的另一种范式，专注于在没有预先存在的标签的情况下识别数据中的模式。K均值旨在根据特征相似性将数据集划分为K个不同的组。这种方法在数据缺乏明确类别但仍需要组织或分段的情况下特别有用，例如根据耐久性、成本和适合不同环境条件等属性对建筑材料进行分组。

这些经典ML模型各自具有独特的优点和局限性，因此适用于不同的任务。与更高级的神经网络模型相比，它们的相对简单性和较低的计算需求通常使它们在许多实际应用中更加易用和实用。

神经网络与深度学习简介

在人工智能领域，神经网络以自然为灵感。就像鸟类启发了飞机的创造，植物的刺导致了维可牢的发明一样。同样地，人脑的工作原理推动了人工神经网络（ANN）的发展，这是现代计算智能的基石。

人工神经网络，顾名思义，是一种计算模型，旨在模仿人脑的神经结构。然而，就像飞机不能复制鸟类翅膀的拍打一样，ANN也不能完全复制其生物同类的工作方式。相反，它们是一种简化和抽象的版本，专门用于解决复杂的计算问题。

神经网络架构中的一个基本构建块是感知器，由弗兰克·罗森布拉特于1957年提出。感知器是一个简单而强大的模型，其中输入（以数字形式表示）通过一系列权重（类似于生物神经元中的突触强度）进行处理并相加。然后，这个总和通过一个阶跃函数传递。

产生输出。尽管简单，感知器是神经网络发展中的重要一步，为更复杂的架构铺平了道路。

神经网络如何学习？

神经网络的训练涉及一个微调的过程，确保网络不仅吸收信息，而且准确地应用它来做出决策或预测。

这个训练过程的核心是损失函数。这个函数是一个关键的组成部分，它作为神经网络预测准确性的指南。简单来说，损失函数衡量的是网络预测与实际结果或真相的偏差程度。训练过程的目标是将这种误差最小化，从而提高网络的准确性。

一旦通过损失函数识别出错误，网络就会经历一个称为反向传播的过程。在反向传播中，关于错误的信息会通过网络反馈回来。这种反馈至关重要，因为它让网络的每个部分了解它们对错误的贡献程度以及如何调整以提高预测准确性。

所提到的调整是针对权重进行的，权重是网络中的参数，决定了一个节点（神经网络中的基本单元）对另一个节点的影响强度。最初，这些权重是随机设置的。通过反向传播，网络算法调整权重以减少误差，迭代地提高网络性能。

该前向预测和后向误差校正过程持续进行，直到网络达到令人满意的精度水平为止，或者直到完成预定次数的迭代为止。最终的结果是一个神经网络，它已经从错误中“学习”，微调其权重，以便根据它接收到的输入更好地预测或分类数据。



深度神经网络

深度神经网络（DNN）代表了基本人工神经网络的一种更复杂、更强大的进化。这些网络被称为“深度”网络，因为它们由输入和输出之间的多层组成，使它们能够建模复杂的模式和关系数据。深度神经网络中的每一层将输入数据转换为更抽象和综合的形式，使网络能够学习并以高度复杂的方式做出预测或决策。

在深度学习中，有专门为特定任务设计的特定类型的深度神经网络：

循环神经网络（RNN）：这些网络的特点是能够通过保持对先前输入的某种“记忆”来处理输入序列。这使得RNN特别适合于涉及顺序数据的任务，如语言处理，在这种情况下，上下文和

单词的顺序是至关重要的。RNN被用于语言翻译、语音识别和文本生成等应用中。

卷积神经网络（CNN）：CNN特别擅长处理网格状数据，如图像。他们使用一种叫做卷积的数学运算，让网络能够专注于输入数据的小区域，提取诸如边缘、纹理和形状等特征。这使得CNN在图像和视频识别、图像分类以及面部识别等任务上非常有效。

每个网络都有其架构和操作方法，专门用于高效处理它们设计的数据和任务的特定性质例如，RNN使用其内部状态（内存）来处理可变长度的输入序列，而CNN使用其卷积层从固定大小的输入中分层提取特征，如图像。

自然语言处理、嵌入、转换器和大型语言模型简介

自然语言处理（NLP）是关于如何编程计算机来处理和分析大量的自然语言数据，使它们能够以有价值的方式理解、解释和回应人类语言。

NLP的一个关键组成部分是“嵌入”概念。本质上，嵌入是一种复杂的方法，用于以计算机能够处理的方式表示单词和短语。它们捕捉了关于单词的大量信息，包括其意义、上下文以及与其他单词的关系。通过将单词转换为这些数值向量，嵌入架起了人类语言使用与计算机语言之间的桥梁。这对于开发高级自然语言处理应用至关重要，如情感分析、语言翻译和内容推荐系统。

嵌入是构建处理文本的ANN的核心。在NLP的背景下，这些神经网络使用嵌入进行训练，使它们能够“理解”语言的细微差别，并执行诸如文本分类、摘要和问答等任务。

自然语言处理的一个重要进展是Transformer模型的发展。该模型使用了一种机制它被称为“注意力”，用于衡量句子中不同单词的重要性。它在生成类似人类的文字、理解上下文，甚至创造与人类书写内容无法区分的内容方面具有非凡的能力。Transformer架构已经成为各种大型语言模型（LLM）的支柱，这些模型在庞大的数据集上进行训练，并能以高精度执行一系列语言任务。

该模型基于两个关键学习：首先，单词之间的上下文关系（一个单词的意义如何随着周围其他单词的变化而变化），其次，关于世界的大量一般知识。

这种广泛的预训练的结果是一个对语言有深刻理解并能执行多种语言任务的模型。然而，对于特定的应用，该模型通常会经历一个称为微调的第二阶段。在这个阶段，预训练的模型再次被训练，但这次是在一个较小且针对特定任务的数据集上。这使得模型能够将其广泛的一般知识调整到当前任务的具体需求上，无论是回答问题、总结文本还是其他任何自然语言处理任务。

结论

在本介绍性章节中，我们概述了人工智能和机器学习的基本景观。通过了解人工智能和机器学习的内涵、历史演变以及基本类型和模型，读者可以欣赏到这些技术所蕴含的变革潜力。从经典的机器学习算法到先进的神经网络和尖端的像“变形金刚”这样的模型，人工智能在包括建筑在内的各个行业进行革命的能力是显而易见的。

机器学习处理能力庞大的数据集和精准的预测为以往难以克服的挑战提供了解决方案。神经网络和深度学习使我们更接近于创建能够模仿人类智能并解决复杂问题的系统。此外，自然语言处理的进步以及像GPT这样的模型的发展，突显了人工智能在理解和生成人类语言方面日益增强的能力，扩展了其应用范围。

随着我们向前发展，我们会得到更多的见解本章所获得的知识将为探索如何将人工智能和机器学习实际应用于提高建筑行业的效率、安全性和生产力奠定基础。从理论概念到现实应用的旅程仍在继续展开，预示着人工智能驱动的创新将成为行业进步不可或缺的一部分。

第3章：

建筑中的机器学习：机会和用途

作者：

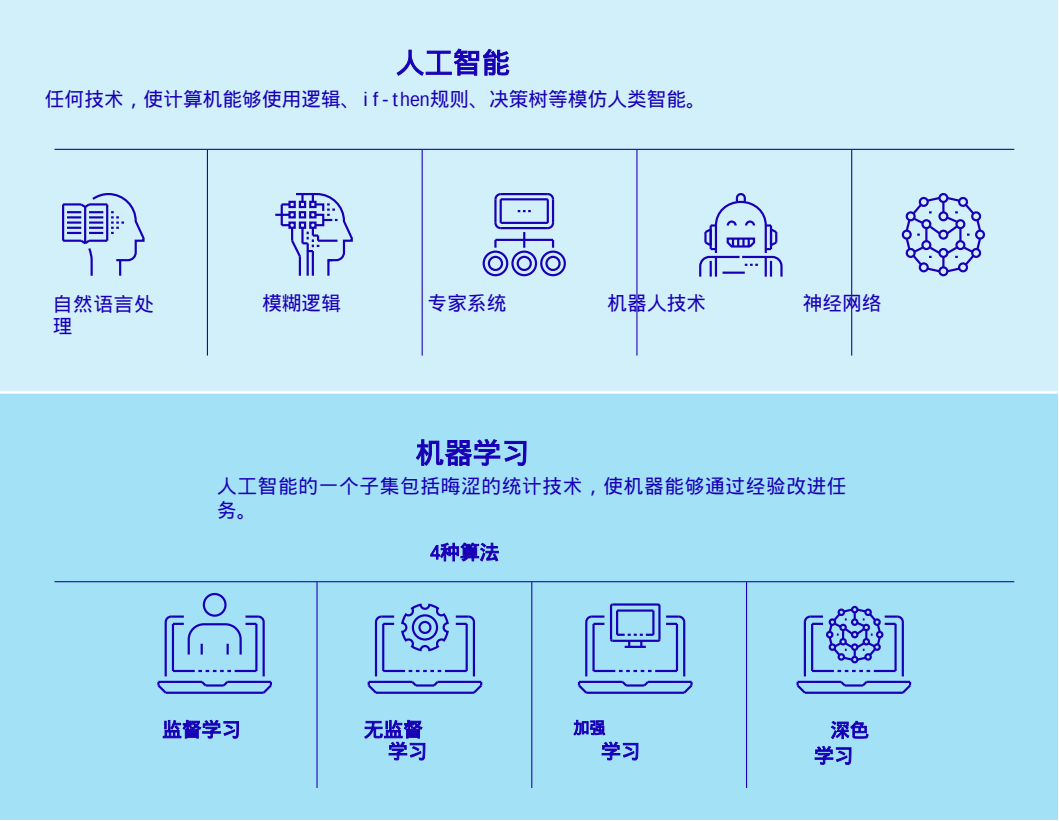
Noha Saleeb博士，创意数字副教授

技术与建筑，米德尔塞克斯大学

介绍

人工智能（AI）在建筑环境中提供了大量的机会，革新建筑设计、施工、运营和再利用建筑和基础设施。如图1所示，AI包含许多方面，包括自然语言处理、模糊逻辑、专家系统、机器人技术、神经网络和机器学习（ML）。这反过来又允许各种机会将AI使用并嵌入到我们的工作生活中。

图1：人工智能和机器学习的分支

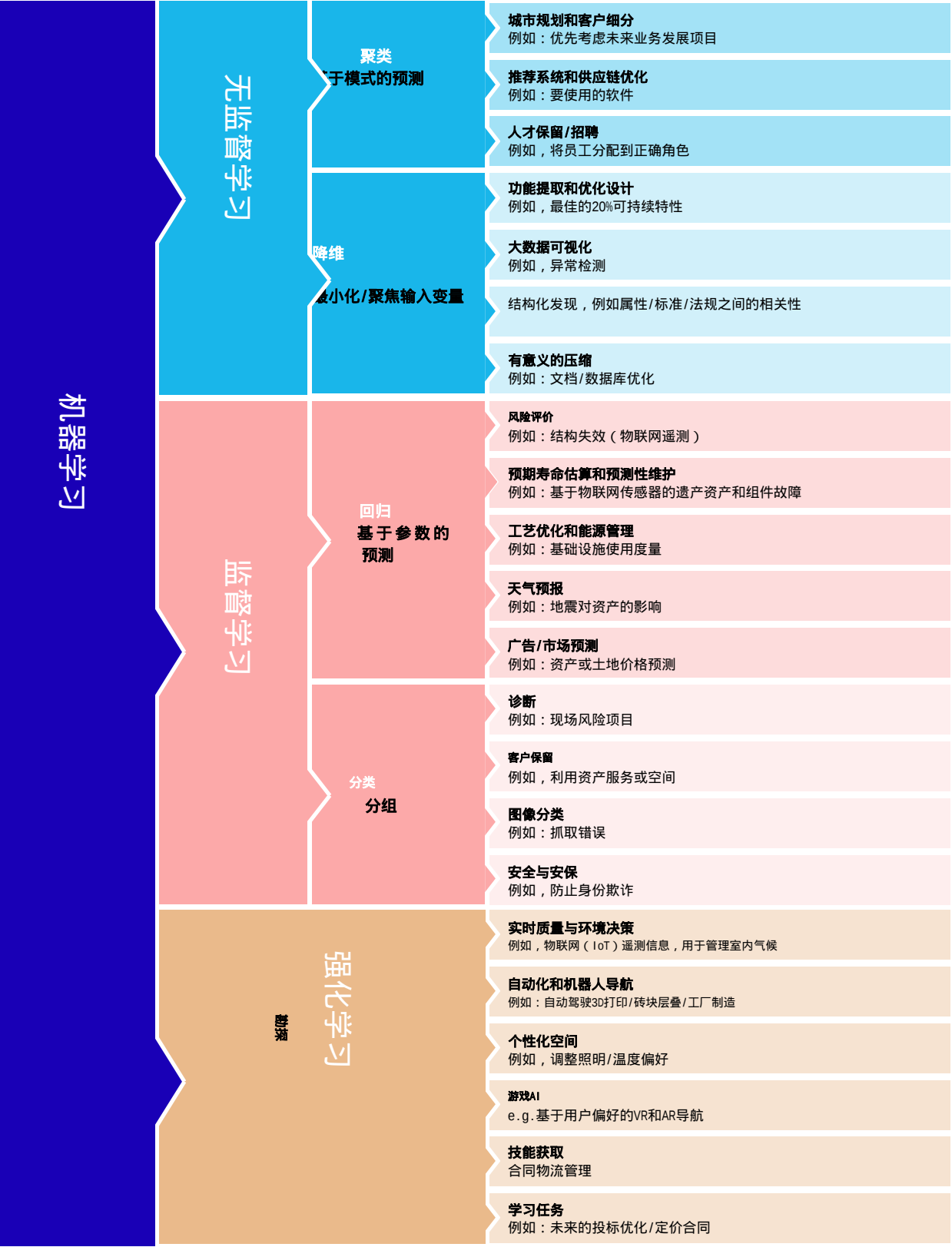


本章将重点介绍建筑中不同类型的机器学习算法可能的自定义密钥使用，特别是监督、无监督和强化学习，以及现成的人工智能工具的使用和在组织内实施人工智能的战略。

机器学习类型的用例

图2突出了机器学习的三个分支：监督学习、无监督学习和强化学习，以帮助为建筑行业的不同用途提供一系列输出。机器学习的一个关键优势在于，无论是通过现成的工具还是根据企业不同阶段的需求定制的应用程序，都能访问其功能。

图2：机器学习的应用



监督式机器学习

监督学习（SL）是机器学习的一个分支，它依赖于通过大量标记的训练数据让机器/计算机处理器显式学习——这些数据的输入有明确且定义好的输出，例如某些图像都代表特定的对象，这使得机器能够识别出该对象的各种形式和格式。监督学习允许基于输入数据直接反馈并预测结果，而输入数据通常是有结构的数据（Xu等，2021）。监督学习有助于解决分类和回归问题，具体解释如下。

分类

分类算法使用训练数据来检测、识别和识别对象或想法的组，从而预测未来呈现给它的数据落入这些预定类别中的可能性（Sarker，2021）。示例用例包括：

- ？ 图像分类：可以使用具有特定认知输出和意义的图像数据来训练AI，以检测建筑项目中的不同类型的问题，例如完工错误、部件安装不正确、照明/管道/管道装置错误、现场抓取错误。
- ？ 诊断：数据馈送可以帮助训练AI在资产生命周期中诊断问题。例如，供应短缺及其对不同建筑用途的影响、成本和时间的异常规划，以及对质量的影响，分析仪表板可以自动实现，以帮助做出适当的决策。
- ？ 安全与保障：人工智能可以被训练识别欺诈行为、人员或物体。例如，检测并过滤垃圾邮件、未经授权的访问代码、虚假文本ID、错误的人脸或指纹识别、自动机器人的通信、流程中的异常检测、复杂的网络钓鱼或网络攻击、现场可疑/有风险的物理行为。
- ？ 客户保留：数据馈送为不同的用户行为提供解释，可以帮助AI检测用户对使用不同空间、设施和服务的偏好，并有助于资产运营和空间管理。

回归

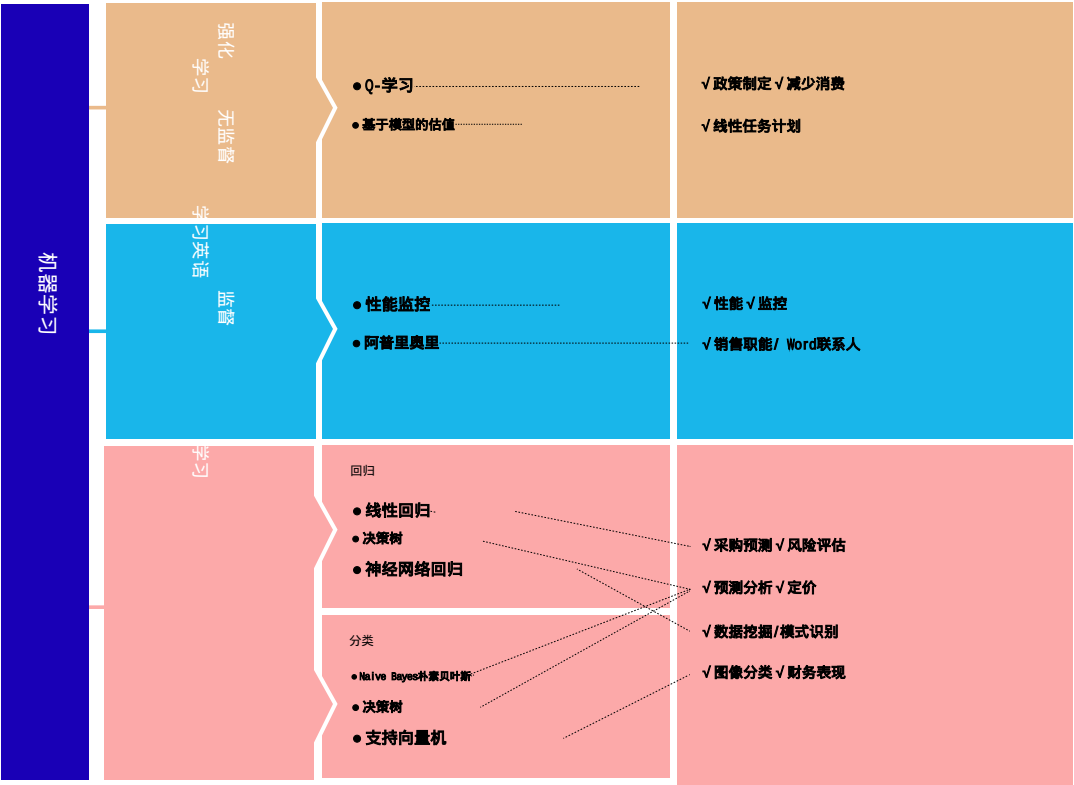
回归算法使用训练数据来研究独立输入变量和依赖结果之间的关系。它能够从未来数据中预测连续的结果（Sarker，2021）。示例用法包括：

- ？ 风险评估：数据馈送可以训练AI在现场、图形模型和非图形文档和数据库中检测风险，例如，图像显示现场潜在风险、文件中缺失的条款、信息中的冲突或冗余、数据库中不一致的数字或信息。
- ？ 预期寿命和预测性维护：培训数据可以帮助分析未来的资产传感器遥测物联网（IoT）数据，以基于其输入性能数据预测系统/组件故障，例如阀门、锅炉、加热设备。这允许主动维护并减少停机时间和成本。
- ？ 过程优化和能源管理：人工智能可以通过分析空间的遗留使用数据、占用模式和能源价格来优化资产能源性能，以实时调整供暖、冷却和照明系统，以实现最大效率和用户的偏好。
- ？ 天气预报：利用天气、地震、洪水数据，人工智能可以预测调整建筑材料的需要，以应对自然灾害和灾害，提高资产的弹性。
- ？ 广告/市场预测：使用变量，例如。通过市场、土地、建筑、通胀、保险价格和市场需求数据，人工智能可以预测房价、预期利润，并提出未来的投资规划。

无监督机器学习

无监督学习（UL）依赖于使用大量数据来检测未标记训练数据中可能出现的模式、结构和趋势。这些数据没有明确的输出，可能是非结构化的。因此，评估或反馈可能是定性的或间接的，没有具体的结论（Naeem等，2023）。无监督学习有助于解决“聚类和降维”问题，具体解释如下。

图3：不同机器学习算法的用例



聚类

聚类依赖于将未标记的数据（没有特定的输入数据输出）划分为具有相似特征、主题或数据点的组。示例用例包括：

- ？ 城市规划和客户细分：人工智能可以分析人口统计数据、交通模式和环境因素，为城市规划决策提供信息，如新基础设施项目的地点或交通网络的设计。
- ？ 推荐系统和供应链优化：人工智能可以分析供应链数据，以优化建筑材料的使用，预测需求波动，并确定最有效的方法和供应商，以最大限度地降低成本或延迟。
- ？ 人才保留和招聘：人工智能可以从申请者的简历、作品集、面试或测试中检测出技能，并将它们归类为适合的工作岗位。

减少

减少指的是减少数据集中的特征数量，以建模数据，识别其模式，删除冗余，找到有意义的数据属性，并集中其输出。示例用例包括：

- ？ 大数据可视化：人工智能可以帮助减少大量非结构化数据中的不确定性和异常，以帮助推断出重要的模式，例如从资产（能源、污染、噪音等）的连续物联网传感器遥测数据中，以帮助更有效地管理空间。
- ？ 功能提取和优化设计：人工智能可以优化资产设计，以提高能源效率、结构完整性和用户舒适度，从而实现更可持续的建筑、高效资源利用以及提供更好的生活和工作环境。
- ？ 结构化发现：人工智能减少有助于识别未标记数据集中最重要的属性之间的关系，显示哪些可以控制，或改变以对其他产生积极影响，例如，变化之间的关系温度和工人的生产水平。
- ？ 有意义的压缩：AI也可以用于压缩文档和数据库结构/信息，以消除冗余或冲突。

强化机器学习

强化学习（RML）依赖于机器/计算机人工智能处理器利用大量数据测试，根据“奖励”和“惩罚”自我解释正负结果。这意味着机器通过试错（正向和负向强化），生成最大奖励，并根据不同数据流的结果提升性能（Sivamayil等，2023）。示例应用包括：

- 实时质量和环境决策：人工智能测试可以帮助优化室内气候质量，例如通过改变加热和照明参数，人工智能可以改善健康和安
全、湿度、空气质量，同时具有可持续性和成本效益。
- 自动化和机器人导航：人工智能可以推导出最佳方法来自动化各种建筑任务，提高机器人性能，例如砌砖、3D打印、安装、模块化生产、混凝土浇筑。

- 通过游戏AI的用户行为：使用虚拟和增强现实应用程序，AI可以通过改变用户选择、路线或这些应用程序中的使用情况，检测出在资产中用于管理和维护的最佳决策。
- 个性化空间：人工智能系统可以监控用户行为，根据个人喜好个性化建筑环境，例如调整照明、温度或工作空间布局以提高生产力、舒适度和幸福感。

- 技能获取：通过试错，AI可以帮助获得管理、设计、物流、采购等技能。
- 优化任务：与上述类似，AI可以创建最佳报价、定价、合同、计划安排，风险评估、资源获取等。

图4：ML算法用途和AI工具在每个生命周期阶段的不同用途

每个生命周期阶段的ML算法和AI工具的用例

图4随后提供了
以下为比较观点：

- 分析市场上不同的现成AI工具及其在资产每个生命周期阶段的可能用途。
- 分析哪些ML算法可用于为每个生命周期阶段内的不同用例创建定制解决方案。

生命周 期阶段	AI工具示例	使用情况	类型 机器学习	案例：机器学习在每个生命周期阶段的应用	协助其工作的机器学习算法示例	类型 机器学习
规划	ChatGPT	→	所有AI工具均使用 强化学习，基于文本提示的反馈增强输出	预期寿命估计	→	监督
	试装	→		环境影响评估	→	
	聊天思维	→		供应链分析	→	
	日历AI	→		预算/财务分析	→	
设计	Finch 3D	→	所有AI工具均使用 强化学习，基于文本提示的反馈增强输出	能源预测	→	监督
	Rytr	→		设计优化	→	
	Varys人工智能	→		模型优化	→	
	维拉斯	→		设计分类	→	
	中途	→		材料优化	→	
	达勒	→		情感分析	→	
	黑胎田鸡	→		风险分析	→	
建造	PowerBI	→	所有AI工具均使用 强化学习，基于文本提示的反馈增强输出	预测体现/操作碳++		无监督
	副驾驶	→		可持续性优化	→	
	克里奥	→		废物管理	→	
	费用计算器	→		流程/物流改进	→	
	阿扬扎	→		定价/投标优化	→	
	概念	→		利益相关者细分	→	
	viAct	→		时间序列预测	→	
操作	OpenSpace.ai	→	所有AI工具均使用 强化学习，基于文本提示的反馈增强输出	消费模式二氧化碳	→	无监督
	主核心	→		维护诊断	→	
	现场电线	→		操作模式	→	
	IBM WatsonX	→		维护细分	→	
	无人机部署	→		大数据分析	→	
	埃纳瓦	→		结局关联性	→	
	BrainBox AI	→		碳/能源效率	→	
	南图姆	→		室内环境优化	→	加强
	辛古调频	→		实时遥测数据	→	
	快速	→		可持续的健康与安全	→	
	点击“上”	→		资源采购	→	
	斯帕塞蒂	→		机器人模拟	→	

在组织内实施人工智能的12步策略

当着手对组织的工作流程和程序进行改革，以在其战略过程或个人项目中包含或使用人工智能时，重要的是要对业务需求进行全面分析，并根据以下12个步骤制定实施计划：

1. 确定人工智能可以做什么——潜在用途（基于人工智能类型）？
2. 进行差距分析，我们需要什么AI可以帮助我们？
3. 公司内部和外部需要哪些技能（ 计算机科学家/脚本编写者/可持续设计师等 ）？
4. 可以使用哪些现成的解决方案和工具？
5. 哪些使用需要定制解决方案？
6. 我们想要使用哪种类型的人工智能？
7. 将创建哪些定制任务和仪表板
对于那些定制用途呢？
8. 他们需要什么数据，我们有什么，缺少什么，这将如何影响结果，以及使用什么算法？
9. 我们如何评估可交付成果的质量/性能？是否有任何KPI？
10. 他们的风险/法律影响是什么，谁对他们负责？
11. AI需要多久更新一次？
12. 如何将它们与现有的内部和供应链系统集成？

结论

总之，本章首先介绍了机器学习在建筑不同生命周期阶段的各种应用场景。接着，通过实际案例展示了如何使用现有的市场人工智能工具或创建定制解决方案，涉及哪些类型的机器学习算法，以及如何在组织内部实施人工智能的一般策略。

第4章： 机器和深度学习的重要性

作者：
Bimal Kumar教授，创新数字建筑技术教授，斯特拉斯克莱德大学

介绍

人工智能（AI）带来了在各个领域取得重大进展，自然语言处理（NLP）、大型语言模型（LLM）和生成式人工智能是建筑行业工作者的前沿。这些技术改变了我们与现有技术和工具互动的方式，也改变了我们对行业如何运作的看法。在本章中，我们将探讨机器学习和深度学习的重要性，并研究这些技术的交叉点及其在建筑行业的应用。

自然语言处理（NLP）、大型语言模型（LLM）和生成式人工智能

大型语言模型（LLM）是一种利用深度学习技术和海量数据集来理解、总结、生成和预测新内容的人工智能算法。生成式人工智能这一术语也与LLM密切相关，实际上，LLM是一种专门设计用于生成基于文本内容的生成式人工智能。最近的生成式人工智能应用，如ChatGPT、Google BARD等，都是基于LLM的生成式人工智能的例子。

建筑行业应用人工智能

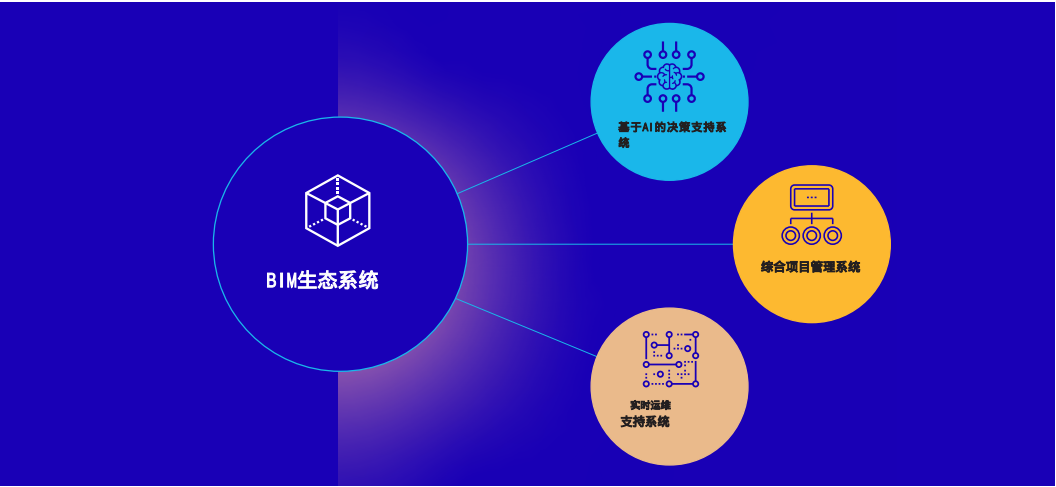
人工智能的应用层出不穷。从历史上看，直到最近，由于存在一些限制和障碍，阻碍了行业采用全面、健壮的应用程序的开发。

主要的限制是缺乏对结构化（甚至非结构化）数据的访问，以及缺乏提供数据存储和交换基础设施生态系统的连接。这些限制在过去的几年里随着互联网、大数据和云计算的出现而得到了很大程度的解决。

在建筑行业背景下，一个重要的发展是建筑设计和施工中几乎普遍采用的建筑信息模型（BIM）。BIM可以被视为设施各方面的大数据存储。像所有依赖大量数据的领域一样，成熟的BIM生态系统有望为基于大数据集的智能决策系统开发开辟多种可能性。BIM生态系统的影响力如图1所示。

这一愿景现在在很大程度上已经付诸实践，并将重新激发人们对这些系统以及事实上由基于BIM的存储库（如Common data Environment）中捕获的数据根本驱动的高级AI系统的兴趣。

图1：BIM生态系统潜在影响



智能监管合规（i-ReC） - 一个在建筑环境中由人工智能驱动的监管合规示例

格伦费尔塔火灾之后，由朱迪斯·哈基特女爵士领导的广受关注的《建筑法规和消防安全独立审查》于2018年公布。该审查检查了高层住宅建筑的安全、消防法规以及相关的合规和执法情况。

为避免未来发生类似灾难，报告明确建议建筑法规和相关指导，包括批准文件，需要以根本不同的方式编写、应用和执行：

“ [.....] 目前的高层和复杂建筑消防安全监管体系并不适合。 ”

目前识别相关标准的方法是人工的，耗时，没有一个全行业的方案来处理 and 自动化合规或标准的变化。

图2：i-ReC架构的示意图概述，设想的平台策略。

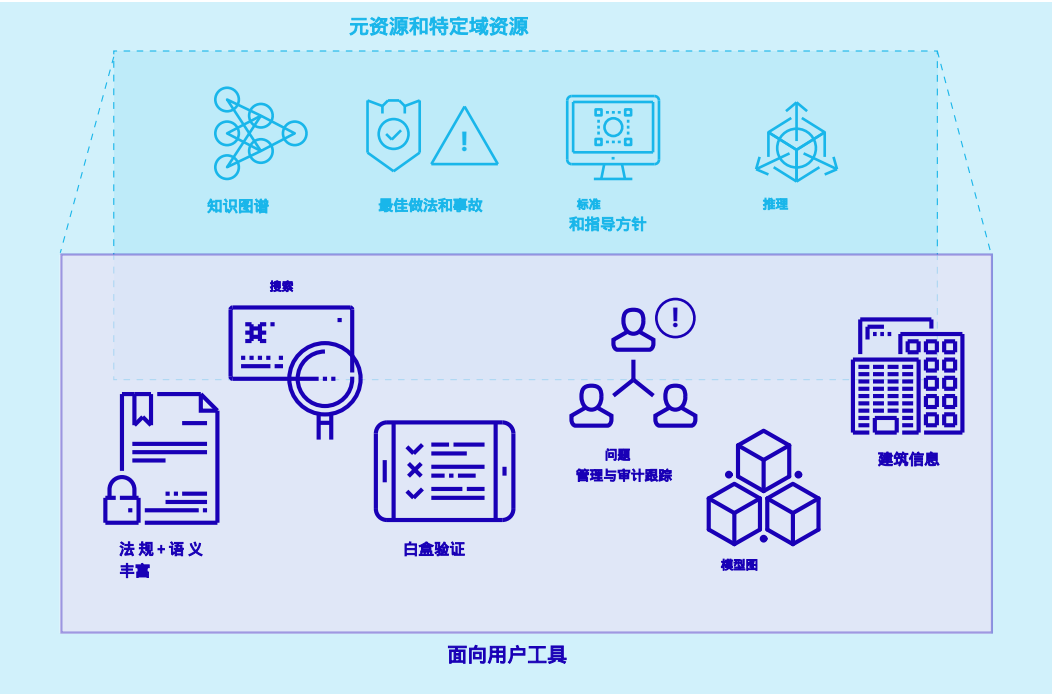
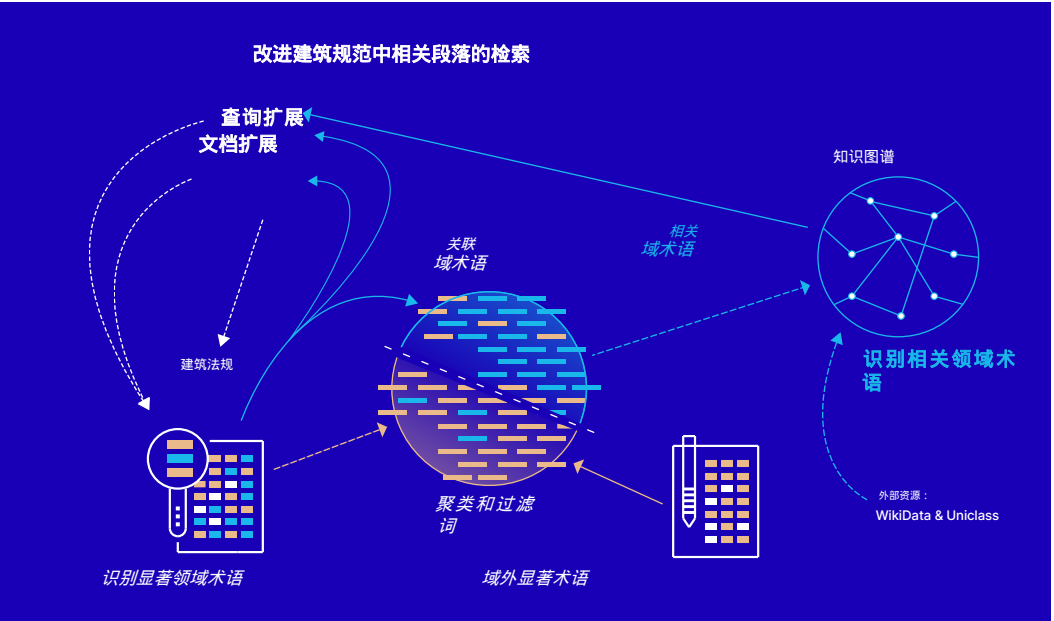


图3：i-ReC的信息检索（IR）系统概要



i-ReC项目的目标是开发一个自动收集和检查标准的过程，这些标准可以使用语义搜索引擎轻松搜索。

术语的计算依赖于在监管文本中识别出的重要术语之间的关联，以及使用在连接到外部领域知识的知识图中找到的关系。

通过开发一个搜索引擎并为这个过程添加自动化，i-ReC将提高项目效率并减少人为错误的风险。

i-ReC与其他BIM平台的集成可以检索整个模型的所有要求，并为所有利益相关者提供完整的审计跟踪。i-ReC平台的其他组成部分正在开发中。

i-ReC项目是诺森布里亚、斯特拉斯克莱德和赫瑞瓦特大学之间的合作。该研究由建筑研究机构代表建筑创新中心提供资金。该团队的方法对行业来说是创新的，将自然语言处理（NLP）与机器学习相结合，以减少数据库维护的人工工作量。

i-ReC搜索大约420个由于许可限制，英国的此类文件将近有800份，其中监管和标准文件。i-ReC的详细描述超出了本报告的范围，但感兴趣的读者可以参考我们的资源部分。

摘要

人工智能技术将对建筑业产生积极影响，开启创新新时代，改变传统方法。

像i-ReC这样的工具展示了行业如何利用人工智能确保建筑环境中的法规合规。人工智能在建筑业的应用不仅是一个充满想象的未来，而是已经带来显著变化的现实。随着这些技术的不断进步，它们无疑将在塑造建筑业未来格局中发挥关键作用。

信息检索（IR）系统如下：如图3所示，允许通过搜索建筑规范的内容。改进我们分别实现了查询和段落的匹配潜力，以及文档和查询扩展。候选

第5章：
优质数据的基础

作者：
Vicki Reynolds , Catalyst & Obi首席技术官

介绍

无论使用何种流程或技术，质量数据始终是做出良好和准确决策的基础。随着我们进一步推进人工智能的实施，我们必须认识到数据在成功和失败中所发挥的强大作用。

作为通往人工智能的道路，机器学习利用算法识别模式并从数据中学习洞察。数据越相关、易访问且完整，机器学习就越有可能产生良好的见解，AI的输出也会更加准确。简而言之，可供AI访问的数据质量决定了其性能、准确性和可靠性。

人工智能，就像人类一样，只会像它所接触的数据一样好。

数据质量和LLM

最近，由生成式大型语言模型（LLM）驱动的应用程序的使用激增，如 ChatGPT、Bard 和 Llama，无论是个人还是专业用途。本手册其他部分已经涵盖了使用此类人工智能的风险和机遇，但本章中重要的是要讨论大语言模型的数据质量和可靠性。大语言模型是基于大量通用文本数据训练而成的，如网站、在线博客和论坛。大多数生成式大语言模型还会持续学习用户反馈和对话。

LLM是一个数据差导致输出差的案例研究，在网上有很多LLM对相对简单的问题提供不正确或冲突的回答的例子，例如：



这种生成式人工智能通常会利用大量未结构化、未经验证且有时相互矛盾的信息（互联网）来形成一个用户认为满意的查询响应。如果用户对收到的响应感到满意，他们可能会点赞或积极回应，而人工智能会利用这些反馈来更新其数据集，并决定下次遇到类似问题时如何回答。所使用的数据及其更新过程本身并不客观，因此这种智能最初是基于人类偏见的，并可能不断受到这种偏见的影响。第36页上的例子强调了这一点，因为我用英国拼写法询问铝的问题，但由于人类在数据输入中的偏见，它返回了美国拼写法的查询。

大型语言模型聊天机器人，如ChatGPT，应该像对待一位提出替你完成某项工作的全新同事一样，给予同等的信任。它们可能看似无所不知，但你不会在没有先检查的情况下就提交他们的工作，因为你不知道他们的经验、专长和可信度。

到目前为止，我们从由生成式LLM驱动的应用程序的经验中得到的一个非常明确的教训是，它们在某些任务上非常好，但在为特定问题提供可信的响应方面并不那么出色。为人工智能设计良好的指令（提示）肯定会帮助生成更相关的响应，但最终这些LLM可用的数据的性质使得完全信任输出是不可能的。

对于希望开发或采购人工智能工具的组织来说，这是一个关键的教训：如果在人工智能使用之前，数据不准确、相关和可信，那么期望人工智能输出是准确、相关和可信的现实性有多大？

查询

铝的导热性能是否优于铜？

不，铜的导热性能优于铝。热导率是衡量材料导热能力的指标。铜的热导率约为385瓦/米·开尔文（瓦特每米每开尔文），而铝的热导率约为205瓦/米·开尔文。这意味着铜的导热效率几乎是铝的两倍。这一特性使得铜成为需要高效散热的应用中的首选材料，例如在散热器和电气线路中。

AI 回应

查询

铜的导热性能比铝好吗？

不，实际上，铝的导热性能比铜好。材料的导热性是衡量其导热能力的指标。一般来说，铝的导热性比铜高。

铝的热导率约为 205-235 瓦 / 米 / 开尔文（W / (m-K)），而铜的热导率略低，根据合金的不同，范围在190到401 W / (m-K) 之间。这意味着，在相同条件下，铝比铜更有效地传递热量。

AI 回应

数据被广泛认为是世界上最宝贵的资源之一，因此，对待数据就像对待其他有价值的资产一样重要。

虽然它并不总是被认为是技术难题中最令人兴奋的部分，

良好的数据治理策略是任何人工智能商业案例的关键部分。强大而有效的数据治理也会对整个组织产生深远的影响。如果数据组织良好且可信，那么企业将能够以更高的精度和更清晰的洞察力分析这些数据。

高质量数据的重要性

下表总结了数据质量重要的部分原因：

BIM应用	结果
准确度和可靠性	人工智能模型根据数据学习模式并做出预测 如果数据准确可靠，模型更有可能产生准确可靠的结论。低质量的数据可能导致错误的结论和不可靠的预测。
成本效益	低质量的数据可能导致不准确的预测，从而导致昂贵的错误和效率低下。从一开始就投资高质量的数据，从长远来看可以节省资源，减少对模型重新训练和错误校正的需求。
概括	人工智能模型通常被设计为从训练数据中概括模式，以做出新的预测，并将其包含在未来的输出中。高质量的数据确保了模型学习相关和代表性模式，使其能够很好地推广到新情况。
偏倚缓解	训练数据中存在的偏见可以被人工智能学习和延续。从互联网等来源（网络抓取）获取的数据特别容易受到偏见的影响。数据不应该偏向特定的群体或观点。
道德操守	数据必须能够使人工智能系统合乎道德和负责任，将意外后果和有害结果的风险降至最低。
法规遵从性	AI使用的数据必须存储、共享、维护和使用，以符合GDPR等法律和监管要求。

高质量数据是什么样的？

最终，人工智能的最佳数据将完全取决于所使用的模型类型以及它将被要求执行的任务。为了让你的数据被人工智能使用，有一些关键的考虑因素必须做出。

所需数据量

在数据方面，人们普遍认为越多越好，但数据集越大，处理它所需的计算机能力就越大。这不仅影响了可负担性，还影响了环境，因为更大的人工智能模型消耗更多的能源，因此产生更多的碳排放。

那么你能做到多小呢？成功的人工智能应用所需的数据集最小规模将取决于多种因素，比如你试图构建的模型复杂度、希望它执行的任务，甚至你可用的时间框架。目标应该是达到最佳效果。使用最少的资源。管理这一过程的一种合理方法通常是先尝试简单的模型，其中包含少量数据点，然后再尝试需要更多数据的更高级方法。

类型

人工智能系统可以处理来自不同来源、不同格式、关于不同业务流程的数据。

准备和维护数据

要准备和维护人工智能系统使用的数据，必须采取几个步骤：

- 识别和获取相关数据
 - 必须明确了解AI模型的范围，以及为此高效准确地执行所需任务所需的数据。必须决定数据的来源，包括考虑数据的安全性、使用个人或开源信息对知识产权或GDPR的影响，以及数据何时何地地进行更新。

- 注释与分类 – 文本、图像或模型对象等数据应使用元数据进行标注，以便计算机能够识别。机器学习随后可以理解这些信息并执行相应操作。虽然有许多方法可以自动化这些过程，但对于使用模型或BIM的项目来说，在项目生命周期中不断生成和更新模型时，这种方式可以更准确地管理和维护。
- 验证 - 应制定计划，以测试所用数据的有效性、可信度以及在使用前和使用期间如何保持其准确性。最初应使用代表性样品进行试验，以获得最小可行产品，从而避免浪费资源。
- 质量控制 - 应制定测试计划，定期测试人工智能输出的准确性，并审查所用数据的完整性。这可能包括每日或年度检查，具体取决于人工智能执行的任务性质和项目风险概况。

人工智能策略必须从项目或建筑的最早阶段就成为整体信息管理计划的一部分；您可以在资源部分找到创建人工智能策略的模板。信息管理者、BIM经理和建筑环境中的数据工程师可以显著帮助实现数据的可用性和可访问性，收集数据并将其整理成最终对人工智能有用的格式。没有良好的数据集作为基础，人工智能无法找到或完成任何任务。通过尽早将人工智能应用纳入您的信息管理计划，您可以避免重复工作和增加成本。

摘要

高质量的数据是构建有效、可靠和合乎道德的人工智能系统的基础。它影响着人工智能应用的性能、能力和社会的影响。因此，在人工智能项目中优先考虑数据质量，以最大化收益并最小化潜在风险是很重要的。

第6章：

人工智能、法律与合同

作者：

May Winfield, Buro Happold全球商业、法律
和数字风险总监

介绍

生成式人工智能的使用，如同所有新技术和流程一样，带来了新的风险、潜在误解和不同的期望，因此也带来了潜在纠纷。虽然不会扼杀创新，但我们因此需要在平衡创新与降低风险和意外责任之间找到平衡。

风险和争议的关键领域可分为几类：

- 1. 版权所有
- 2. 保密
- 3. AI结果的可信度和可靠性
- 4. 个人数据
- 5. 伦理和偏见

版权所有

在这一点上，区分公共AI模型和私有或封闭的AI模型非常重要。私有或封闭的模型仅限于组织内部人员使用，且仅基于组织记录中的数据进行训练。而像通过浏览器访问的ChatGPT这样的公共模型，则会从广泛来源收集的数据中学习。

我们不可能知道你的AI结果所基于的数据是否有正确的版权许可。首先看看私人或封闭系统，不能假设没有版权问题，因为一些数据可能对客户重用或依赖有限制；当人工智能模型被训练时，需要考虑这一点，以避免意外侵犯版权。

接下来谈谈公共AI模型，目前有许多案例中，作家、艺术家和其他方声称其作品使用缺乏适当的许可。例如，最近有两位艺术家提出版权主张，称他们的作品被用于训练AI（路透社，2023年）。然而，这一立场并非黑白分明。读者可能会疑惑，为什么这个立场不是非黑即白的，即是否仅仅是因为某人有权使用某些数据或作品，或者没有权限。AI模型公司为其使用辩护的法律论据比这更为复杂。这一点在吉尔·阿佩尔、朱莉安娜·尼尔鲍尔和大卫·A·施韦德尔发表于《哈佛商业评论》的一篇文章中有所总结：[生成式AI已](https://hbr.org/2023/04/generative-ai-has-an-intellectual-property-problem)

[知识产权问题](https://hbr.org/2023/04/generative-ai-has-an-intellectual-property-problem) ([https:// hbr.org/2023/04/generative-ai-has-an- intellectual- property-problem](https://hbr.org/2023/04/generative-ai-has-an-intellectual-property-problem))。

需要注意的是，美国最近的判例法也指出，当人工智能生成的结果缺乏足够的人工输入时，不会产生版权，即版权不能附着于完全由AI模型生成的内容（The Verge，2023）。这可能是一个程度问题，如果使用生成式AI创作的作品需要具有特定项目或客户的独特性，这一点值得考虑。

一些公司，如微软、Adobe和Getty，正通过宣布在发生任何版权诉讼时提供赔偿来安抚潜在客户和现有客户（《IT简报澳大利亚》，2023；Getty Images，2023）。这种全面的赔偿措施相对罕见，而软件领域的此类措施则更为少见。



这些公司的使用条款通常包含广泛的免责条款。这些赔偿的解释和应用仍有待检验，但确实提供了保证，即控制人工智能模型的公司意识到这个问题，并寻求减轻或解决它。

保密

许多合同，如果不是全部的话，都有涉及保密的条款。有些人可能限制项目数据的共享仅限于项目团队之外的个人；另一些人则较为宽松，可能禁止在合同方组织之外共享任何项目数据。保密条款通常允许在特定情况下披露，例如数据已经公开或法院要求披露时。

将数据输入公共AI模型，本质上就是无限制地向公众披露这些数据。实际上无法删除或移除这些数据，而AI模型使用这些数据进行训练时，其他方的AI结果可能会基于这些数据，或者向其他方泄露这些数据。这不仅可能违反合同，还可能向外部披露机密商业信息。近年来，已有多个报道指出，组织员工确实这样做了（《福布斯》，2023年）。然而，员工这样做不太可能是出于恶意，而是在没有意识到后果的情况下无意为之。值得考虑的是，就员工在创新和实验生成式人工智能时要避免的关键事项，发布一份基本的“应该做和不应该做”的最佳实践指导说明。

这是一个“敬请关注”的领域，随着版权法在此领域的不断发展。在此期间，请与您的专业顾问一起考虑如何在您的版权条款中反映生成式AI的使用，例如通过承认其使用但限制对未知版权侵权的责任，或寻求保证任何生成式AI的结果仅基于该方拥有或有权使用的数据。

信赖与可靠性

生成式AI可能会产生“幻觉”，即它似乎完全凭空捏造东西。一位律师曾提交了ChatGPT提供的6个案例来支持他的案件，结果法官告知这些案例完全是虚构的，并因此对他进行了处罚（BBC，2023）。如果盲目依赖生成式AI提供的结果，无论是研究结果还是重新格式化现有文档，都不能将错误或失误归咎于生成式AI模型。生成式AI就像计算器一样，是用户手中的工具，用于促进和加速结果。它并不是提供完全自动化分析任务的万能药。目前，客户支付并依赖于专业人士的服务，无论选择何种工具来提高这一过程的效率。

个人数据

欧盟和英国的GDPR以及一些其他司法管辖区的个人数据法，对处理个人数据有严格的规定，并对不遵守规定的行为进行处罚。

在将任何个人数据输入生成式AI模型或使用生成式AI的应用程序之前，请确保与组织内的GDPR/个人数据专家沟通，确认这不会违反相关法规。例如，将个人数据输入公共ChatGPT模型可能会违反GDPR，因为这是将如此敏感的数据输入到一个无法控制或删除的公共论坛中，且不符合任何允许此类披露的例外情况。

伦理和偏见

生成式人工智能基于现有数据进行训练，但这些数据中可能嵌入偏见。许多文章和研究分析指出，这类数据可能存在某些偏见或不公平（IBM，2023）。因此，在使用生成式人工智能时，必须意识到这些潜在问题，并采取措施减轻任何不公平或偏见的风险。一个例子是生成式人工智能被用于筛选求职者，2015年亚马逊发现其简历审核程序在技术岗位上存在性别歧视。确保你在不同环境中和不同用途下测试AI模型非常重要，以确保你能够缓解这些问题。

最后，可以实际地将生成式AI与其他技术结合使用，例如BIM、区块链、智能合约或数字孪生。如果有意这样做，在合同中明确说明这些技术的用途、潜在问题的风险分配以及必要流程的责任分配，如数据检查、数据存储和数据安全。

结论

围绕生成式人工智能及其应用的技术正在以闪电般的速度发展和变化。法律和法律原则通常会稍微落后于任何新技术，这一点也不例外。然而，本章提供了关于当前法律原则如何可能与人工智能使用相互作用的实际指导。此类应用的细微之处正在法庭上得到发展，例如人工智能开发者在不侵犯版权的情况下合理使用现有数据的程度，以及欧盟《人工智能法》和美国各州法律等法规。一个关键的风险缓解措施是，在彼此之间的协议中明确各方的理解、期望和风险分配。虽然了解自己的法律权利和义务至关重要，但与其仅依赖不断变化的法律环境，不如事先达成一致，减少纠纷和误解。

考虑事项的非详尽总结清单：

- 1. 生成AI结果或向生成AI模型输入数据之前：
 - a. 机密数据或客户数据是否被输入到公共生成AI中？
 - b. 生成式AI模型的使用是否违反合同、内部政策或其他安排中是否有任何保密义务？
 - c. 是否对AI结果有明确的版权，或者是否通过合同或其他方式分配了侵犯版权的风险？
- 2. 在依赖和/或使用人工智能生成的结果之前，是否进行了质量检查和/或准确性检查？
- 3. 是否有内部治理流程或最佳实践指南供员工遵循生成式人工智能？



第7章：

人工智能和数字孪生的关系

作者：

David Philp , Cohesive首席价值官

Stefan Mordue , Bentley Systems教育与合作高级经理

介绍

我们规划、建设、维护和使用现有基础设施的方式正被数字技术、数据和新技能所改变。这些主题越来越多地从各个领域汇聚成一个互联的工业4.0模型。这通过先进的建筑过程的数字化转型得以实现，该过程由网络物理系统支持，能够实现实时决策。网络物理系统嵌入

将智能和认知能力引入物理系统的设计和仿真过程。

尽管许多行业评论员对工业4.0所包含的技术和概念有不同的看法，但我们认为，在建筑环境的背景下，基本组成部分是下图中确定的那些：



上述颠覆性趋势是由大数据和连接性的崛起、高级分析、人机交互以及整个价值链中建筑机器人（先进制造）和物流的改进所驱动的。这些以数据为中心的趋势是相互依赖的，并且正在变得协同，当它们结合在一起时，可以放大彼此的优势。

许多组织已经在数字化的道路上，从模拟决策走向数字决策，现在正朝着由人工智能驱动的可预测性、适应性和敏捷数据迈出下一步。

此外，组织正在建立初始的数字成熟度，并增加其数据能力，其中建筑信息模型（BIM）和信息管理等概念支持资本项目和计划的有效交付。这为许多组织提供了开始数据科学之旅的基石。

然而，随着组织，特别是资产所有者，转向整个生命周期的资产和系统性能，这种情况越来越多

需要采用数字孪生和人工智能来支持绩效测量、洞察和前瞻性投资决策。

BIM、数字孪生和人工智能之间的协同作用

ISO 19650将BIM定义为“使用建筑资产的共享数字表示，以促进设计、施工和操作过程，形成决策的可靠基础”。

这一初始能力和主数据管理（MDM）方法为数字孪生奠定了基础。“数字孪生”一词对不同的人有不同的含义。数字孪生的复杂程度各不相同，但与建筑信息模型的区别在于，数字孪生中数字表示（可能是三维模型或点云）与物理表示之间的联系。

BS ISO/IEC 30173将数字孪生定义为“目标实体的数字表示，具有数据连接，能够在适当的同步速率下实现物理和数字状态之间的融合”。

数字孪生系统以结果为导向，针对特定应用场景定制，通过集成实现，基于数据构建（通常来自BIM），并从不同来源获取，经常是通过传感技术（物联网/运营技术）实时获取。实际上，数字孪生利用实时和历史数据来表示过去和现在，并可用于模拟预测的未来“假设”情景。

这些数字孪生创建了难以使用传统数据处理应用程序处理的异常大的数据集。然而，没有这些数据，数字孪生基本上是空的，而数据摄取有助于使它们充满活力。

此外，数字孪生需要一种感知能力来提供洞察力和支持决策，这正变得越来越自主。正是在这一时刻，人工智能可以真正有效地分析大量数据。这三类结构为建筑行业和组织带来了巨大的好处，特别是在优化资产性能、提高可靠性和总支出效率方面。

理解数据-洞察和知识

BIM、数字孪生和人工智能的结合产生了强大的协同效应，放大了它们各自的优点。数据可以在数字孪生查看器中可视化，将模型可视化与实时数据连接起来。然而，真正的益处发生在同样的数据被输入到ML和AI引擎中时。

人工智能对数字孪生发展的重大贡献之一是其能够分析从物理资产收集的大量数据。通过应用高级算法，人工智能可以识别数据中的模式、异常和潜在问题。这种分析使得主动维护和预测分析成为可能，降低了成本并提高了整体效率。

在这一点上，数据可以被解释为背景信息，并用于确定任何模式或预测未来趋势，例如，泵等资产处于故障前模型。ML和AI为数字孪生环境提供了洞察力和知识，使曾经平坦的篮球膨胀起来。

案例研究：在遗产保护中使用人工智能

最近，英国文化协会和埃及科技基金资助的一个项目为开罗的一座遗产宫殿建立了一个数字双胞胎/人工智能系统，以支持该建筑的翻修，并提高运营的可持续性。该项目的主要研究者是Noha Saleeb博士和英国Middlesex大学。

总体目标是通过为埃及其他旅游景点以及全球列入名录的建筑创建模型，来提升国家旅游业和GDP。项目期间，研究人员旨在将项目的五个主要产出与联合国可持续发展目标（UNSDG）的所有17个目标相一致。为此，在分析数字孪生实时传感器遥测物联网数据的过程中，使用了多种现成的人工智能工具。这些工具包括PowerBI（用于统计分析仪表盘）、Midjourney（用于改造设计解决方案）、SORA（用于虚拟现实模拟）、ChatMind（用于选项选择）、Kreo（用于成本估算和预测）、Notion（用于时间规划预测和风险管理）、Nantum（用于能源和碳管理）以及SinguFM（用于设施数据管理）。虽然单独使用每个工具在项目中都带来了价值，但项目团队发现无法将不同工具的结果整合在一起，因为它们之间没有互操作平台。因此，建议在未来项目中，使用不同的算法（如前所述）创建定制解决方案，以在一个解决方案中涵盖各种功能。此外，该项目还制定了一个12步策略，用于在项目/组织中实施人工智能，具体内容详见第三章。

图1：AI如何为数字孪生环境提供洞察力和知识的示例



随时间学习

人工智能可以模拟各种场景并根据历史数据预测结果。AI算法能够持续从数字孪生收集的数据中学习，随着时间的推移提高其准确性和预测能力。通过利用AI，数字孪生可以提供更准确的洞察和预测能力，从而增强其对企业价值。这一能力使企业能够就绩效优化、资源配置和风险缓解做出明智决策。借助AI的预测能力，公司可以优化运营并最大化生产力。

这种迭代学习过程使数字孪生能够适应不断变化的条件，并提供更精确的见解。

此外，人工智能可以自动分析和解读数字孪生收集的数据。这种自动化为公司节省了时间和资源，因为它们不再需要花费数小时手动分析数据。相反，人工智能算法可以快速处理和解读数据，为公司提供实时的可操作见解。

此外，人工智能和数字孪生技术之间的协同作用使企业能够专注于战略决策。

通过人工智能自动进行数据分析，企业可以将资源分配到基于数字孪生提供的洞察做出明智的决策。这种转变使企业能够优化运营，提高竞争力，并推动创新。

支持决策

AI支持决策和问题陈述，这是数字孪生应用中的关键要素。数字孪生与AI之间存在两种关联。首先，AI可用于创建增强型数字孪生，反之亦然；数字孪生可以用来促进和改进AI应用，尤其是在其数据获取层面上。

示例1：AI可以使用数据挖掘、计算机视觉和深度学习等技术收集、处理和分析来自物理对象、系统或流程的数据，从而创建和增强数字孪生。它还可以生成逼真且准确的模型，模拟其行为和交互。

示例2：数字孪生可以用于通过提供安全高效的环境来测试、训练和验证AI算法和模型，从而实现并改进AI应用。例如，汽车的数字孪生可以用来模拟不同的驾驶场景和条件，并训练自动驾驶系统。

实际应用示例：
数字孪生可以用于监控和优化施工过程和运营系统。人工智能可用于检测和预防故障（故障前），提高质量，降低运营成本。

基础设施健康：数字孪生可以用来表示基础设施的健康状况和历史，人工智能可以用来提供个性化的诊断、资产优化和故障预防。

数字地产和智能城市：数字双胞胎可以用于建模和管理城市基础设施、交通、能源和环境，人工智能可以用于提高校园或城市的安全性、效率和可持续性。

生成式AI

生成式人工智能是一种能够创造新内容和创意的人工智能，如设计和产品，它将通过将数字环境和数字孪生体转变为“智能环境”和“智能孪生体”，从而彻底改变数字环境。这种整合将通过生成式人工智能增强人类劳动力来实现，甚至可以实现“自动驾驶”的数字孪生体和环境。数字环境指的是特定能力、人员、流程、数据和系统的双向闭环信息流的集成。它们跨越整个价值链，可以包括供应商、制造商、客户和其他第三方。另一方面，数字孪生是现实世界实体和过程的虚拟表示，以特定的频率和保真度同步。它们专注于在产品、服务或过程发生之前进行数字化预测。

生成式人工智能有望极大地惠及数字环境和孪生技术。例如，它可以通过从精心设计的数字环境中收集实际信息来提高数字孪生的准确性。此外，生成式人工智能可以通过协调和整合各种技术，如仿真工具集、物联网和边缘设备、云计算和5G通信，简化数字孪生的设计与构建复杂性。它可以弥合设计、构建和实施过程中的差距，提高数据质量并加快价值实现速度。

生成式人工智能在数字孪生中的力量有几个现实应用案例。这些包括数据增强和合成，带有自然语言交互的人工优化，以及异常检测和故障预测。同样，生成式人工智能可以集成到数字环境中，以实现持续改进和真实

时间数据收集、数据集成和互操作性、供应链优化以及定制和个人化。

人工智能算法和技术在数字孪生技术的开发和增强中发挥着关键作用。通过利用人工智能，数字孪生可以提供更准确的洞察力和预测能力，从而提高其对企业的价值。

图2：AI、IOT和数字孪生技术如何结合在一起



生成式人工智能和数字孪生的好处

数字孪生和人工智能的集成提供了强大的工具来增强项目规划、质量控制、维护、可持续性和整体效率。这些包括：

项目规划与管理		
优化调度		
用例：通过创建数字孪生在建设项目中，施工经理可以模拟不同的调度方案，以找到最有效的时序。		人工智能集成：人工智能算法分析历史数据并利用当前项目变量预测潜在风险延迟并建议最佳资源分配。
资源管理		
用例：数字孪生提供实时洞察进入材料的可用性和使用，设备和劳动力。		AI集成： AI可以优化资源配置，确保材料和劳动力的使用有效地减少浪费和成本。
质量控制与安全管理		
实时监测		
用例：数字孪生可以监控实时识别施工现场偏差从计划设计和质量标准出发。		AI集成：AI算法检测异常和潜在的安全隐患，允许立即纠正措施，以防止事故并确保遵守安全规定。
自动检查		
用例：数字孪生可以实现自动化通过连续捕获数据进行检验过程来自网站。		人工智能集成：人工智能分析这些数据以识别缺陷或需要关注的区域，优先考虑质量保证团队的任务。
预测性维护和资产管理		
维护计划		
用例：建筑系统的数字孪生（例如，HVAC、电气）可以监控性能和实时状态。		AI集成：AI预测何时进行维护根据使用模式和性能需要主动安排维护工作，以避免设备故障并延长设备寿命。
生命周期管理		
用例：数字孪生跟踪整个生命周期建筑构件，从安装到代替		人工智能集成：人工智能提供对最佳解决方案的洞察升级或更换的时间，平衡成本与性能和可靠性。

可持续性和能源效率		
能源管理		
用例：数字孪生可以实时监控能源消耗模式，识别低效和改进领域。		人工智能集成：人工智能通过根据实时数据动态调整系统来优化能源使用，从而降低能源成本和碳足迹。
可持续建筑设计		
用例：数字孪生模拟不同的设计选项，以评估其环境影响和可持续性。		人工智能集成：人工智能提出设计修改，以最大限度地提高能源效率和最小化环境影响，支持可持续发展目标。
施工过程优化		
过程模拟		
用例：数字孪生可以模拟各种施工过程，从基础铺设到最终检查，以识别潜在的瓶颈和低效。		人工智能集成：人工智能分析这些模拟，以推荐流程改进，优化工作流和减少项目时间表。
供应链管理		
用例：数字孪生提供了供应链的全面视图，跟踪从供应商到现场的材料。		人工智能集成：人工智能预测供应链中断，并建议替代采购策略，以确保材料及时交付
基础设施健康监测		
结构健康监测		
用例：数字孪生实时监控建筑物和基础设施的结构完整性，从嵌入式传感器捕获数据。		人工智能集成：人工智能分析这些数据，以检测结构应力或损坏的迹象，从而实现早期干预和维护。
环境影响评估		
用例：数字孪生评估环境因素如天气、污染和地震活动对基础设施的影响。		人工智能集成：人工智能模型预测这些因素将如何随着时间的推移影响基础设施，为维护 and 弹性策略提供信息。

摘要

建筑业正处于一个转折点
由数字技术推动的重大改革，
数据利用和技能进步。

BIM、云计算等关键组件，
物联网、数字孪生和人工智能正在推动这一进程
转变，引人注目的是共生
BIM、数字孪生和AI之间的关系，
每个都加强了其他，放大了
它们在集成时的有效性。

他们的成功关键在于可用性
高质量、结构化的数据，这对于至关重要
数字孪生和人工智能中的最佳性能
算法。人工智能的作用尤其值得注意，因为它
为数字孪生体提供洞察力和预测
通过分析庞大的数据集，处于领先地位
实现主动维护和节约成本。
此外，人工智能算法会不断学习
数字孪生数据，随着时间的推移不断提高其准确性
并提高它们对企业价值的支撑
增强的决策支持功能赋予了我们力量
企业要根据情况做出明智的选择
实时洞察和预测。

数字孪生和人工智能的实际应用
涵盖建筑等各个行业，
基础设施、健康监测和智能
城市，促进效率和可持续性。
展望未来，生成的潜力
人工智能将彻底改变数字孪生，这是有希望的，
具有提高保真度、简化流程的能力
设计流程，提高数据质量
以及互操作性。最终，人工智能的关键作用
在数字的发展和增强中
双技术承诺提供准确的洞察力
并提供可预测的能力，提供切实可行的解决方案
对各行各业的企业都有好处
建成环境



术语表

以下词汇表摘自英国议会人工智能（AI）词汇表。需要注意的是，定义并非普遍一致，且变化迅速。然而，该词汇表符合近期POST人工智能研究中使用的关键词汇。

算法

用于执行任务（如计算和数据分析）的一组指令，通常使用计算机或其他智能设备。

算法偏见

人工智能系统中可以嵌入偏见，这些偏见可以通过各种途径表现出来，包括有偏见的训练数据集或人类在算法设计中做出的有偏见的决定。

人工智能（AI）

英国政府2023年的政策文件《促进创新的人工智能监管方法》将人工智能、AI系统或AI技术定义为“可适应且自主的产品和服务。”人工智能的适应性指的是，在经过训练后，AI系统通常会发展出新的能力，以发现数据中的模式和联系，这些模式和联系并非其人类程序员直接预见到的。人工智能的自主性指的是某些人工智能系统可以在没有人类意图或持续控制的情况下做出决策。

通用人工智能

通常被称为通用人工智能、强人工智能或广义人工智能，它通常指一种理论形式的人工智能，能够在大多数认知任务上达到人类水平或更高水平。另见超级智能。

人工神经网络

受生物大脑启发的计算机结构，由大量相互连接的计算单元（“神经元”）组成，这些单元按层次连接。数据在这类单元之间传递，就像大脑中的神经元一样。前一层的输出作为下一层的输入，整个系统可以有数百层单元。超过三层的人工神经网络被视为深度学习算法。

人工神经网络的例子包括变压器或生成对抗网络。

自动决策

人工智能办公室在科学、创新和技术部的《自动化决策伦理、透明度和问责框架》中，将“完全自动化的决策（不涉及人类判断）和辅助人类判断的自动化决策”统称为“自动化决策”。人工智能系统正越来越多地被公共和私营部门用于自动化决策。

计算

计算被独立的计算未来审查定义为“大规模组装的系统，用于解决日常计算机无法处理的计算任务。这包括物理超级计算机和使用云服务来处理高计算负载。”计算是人工智能发展的驱动力。

计算机视觉

它专注于编程计算机系统，以解释和理解图像、视频和其他视觉输入，并根据这些信息采取行动或提出建议。应用包括物体识别、面部识别、医学成像分析、导航和视频监控。

深度学习

机器学习的一个子集，使用人工神经网络来识别数据中的模式，并提供合适的输出，例如预测。深度学习适用于复杂的学习任务，在语音和图像识别、物体检测和自动驾驶等任务中提高了人工智能的能力。

深度伪造

故意篡改图片和视频以制造虚假信息和虚假信息。生成式人工智能的进步降低了制作深度伪造的门槛。

虚假信息

英国政府将虚假信息定义为“故意制造和传播虚假或被操纵的信息，旨在欺骗和误导人们，无论是为了造成伤害，还是出于政治、个人或经济利益”。生成式人工智能的进步降低了制造虚假信息、误导信息和深度伪造的门槛。

教育技术

专门开发以促进教学和学习的技术，可能包括或不包括人工智能。

微调

微调模型涉及开发人员在特定数据集上进一步训练它，以提高其在特定应用程序中的性能。

基础模型

一种机器学习模型，经过大量数据训练，可以很容易地适应广泛的通用任务，包括能够生成输出（生成式人工智能）。另见大型语言模型。

前沿人工智能

政府科学办公室将其定义为“高度通用的人工智能模型，可以执行各种各样的任务，并与当今最先进的模型相匹配或超过其能力”。目前，这主要包括一些大型语言模型，包括：

- ChatGPT (OpenAI)
- 克劳德（人类）
- Bard（谷歌）

生成式AI

一种人工智能模型，它根据用户提示生成文本、图像、音频、视频或其他媒体。它使用机器学习技术来创建具有与所用数据相似特征的新数据

训练有素。生成式人工智能应用程序包括聊天机器人、照片和视频滤镜以及虚拟助手。

通用人工智能

通常指可以适应广泛应用（如基础模型）的人工智能模型。另见窄人工智能。

生成对抗网络

生成对抗网络是近期人工智能发展的推动力。它由两个子人工神经网络组成：生成网络和判别网络。生成网络接收训练数据，并根据训练数据中的模式生成人工数据。判别网络则将生成的人工数据与真正的训练数据反馈给生成网络，在检测到差异后，生成网络会调整其参数。随着时间推移，生成网络逐渐学会生成更逼真的数据，直到判别网络无法区分什么是人工生成的，什么是“真实”的训练数据，AI模型就能生成所需的结果。参见人工神经网络和变压器。

图形处理单元

这些与典型的家用电脑中的中央处理单元类似。图形处理单元自20世纪70年代起就被用于游戏应用中，其设计目的是加速计算机图形和图像处理。在过去十年中，图形处理单元在训练大型机器学习模型方面得到了越来越多的应用，因为它们被发现可以有效地并行处理大量数据。

幻觉

大型语言模型，如ChatGPT，无法判断其生成的短语是否合理或准确。这有时会导致不准确的结果，即所谓的“幻觉”效应，大型语言模型会生成听起来合理但不准确的文本。幻觉也可能源于训练数据集中的偏差或模型缺乏获取最新信息的能力。

可解释性

一些机器学习模型，特别是那些使用深度学习训练的模型，复杂度极高，以至于很难或根本无法知道模型是如何生成输出的（专利公告号57，专利申请号633）。可解释性通常指能够以人类可以理解的方式呈现或解释机器学习系统的决策过程。可解释性有时也被称为透明度或可解释性。

大型语言模型

一种基础模型，通过大量文本训练来执行自然语言处理任务。在训练阶段，大型语言模型从模型大小和训练数据集等因素中学习参数。这些参数随后被大型语言模型用于推断新内容。尽管对于需要多大规模的训练数据集没有统一的标准，但最大的大型语言模型（前沿人工智能）已经使用了数十亿甚至数万亿的数据点进行训练。

例如，支持ChatGPT 3.5（于2022年11月向公众发布）的大型语言模型是使用从互联网文本中获得的300亿个单词进行训练的。

另见自然语言处理和基础模型。

机器学习

一种人工智能，允许系统从示例中学习和改进，而无需将所有指令明确编程。机器学习系统通过在训练数据集中寻找模式来学习，然后创建一个模型（带有算法）。包含他们的发现。然后，通常将该模型应用于新数据以进行预测或提供其他有用输出，例如翻译文本。为特定应用训练机器学习系统可能涉及不同形式的学习，例如监督、无监督、半监督和强化学习。

错误信息

英国政府将虚假信息定义为错误信息的无意传播。生成式人工智能的进步降低了虚假信息、虚假信息和深度造假的生产门槛。

窄型人工智能

这些人工智能模型有时被称为弱人工智能，设计用于执行特定任务（如语音识别），不能适应其他任务。另见通用人工智能。

自然语言处理

这专注于编程计算机系统以理解和生成人类的语言和文本。算法寻找句子和段落构建方式中的语言模式，以及词语、上下文和结构如何共同作用以创造意义。应用包括语音转文字转换器、在线工具总结文本、聊天机器人、语音识别和翻译。另见大型语言模型。

开源

开源通常意味着用于运行人工智能模型的底层代码可以免费用于测试、审查和改进。

强化学习

一种为特定应用训练机器学习系统的方法。人工智能系统通过遵循某些正确策略获得奖励，而错误策略则会受到惩罚来接受训练。完成任务后，人工智能系统会收到反馈，这些反馈有时由人类提供（称为基于人类反馈的强化学习）。在反馈中，正确的策略会被赋予正面值以鼓励系统使用，错误的策略则会被赋予负面值以抑制其使用，正确与错误的分类取决于预先设定的结果。这种学习方式有助于调整人工智能模型，使其遵循某些正确的行为，例如微调聊天机器人以输出首选的语言风格、语气或格式。另见监督学习、无监督学习和半监督学习。

负责任的人工智能

通常指设计、开发和部署具有某些价值的人工智能的做法，如值得信赖、道德、透明、可解释、公平、健壮和维护隐私权。

机器人技术

能够在物理世界中自动执行一系列动作并移动的机器。现代机器人包含算法，通常但不总是具有某种形式的人工智能。应用包括用于制造的工业机器人、用于手术的医疗机器人和自我导航的无人机。

半监督学习

一种针对特定应用训练机器学习系统的方法。人工智能系统使用监督学习和非监督学习以及标记数据和未标记数据的混合。当从数据中提取相关特征比较困难，或者存在大量复杂数据时，例如识别医学图像中的异常情况，如潜在肿瘤或其他疾病标志物，这种学习方式非常有用。另见监督学习、无监督学习、强化学习和训练数据集。

超级智能

一种理论上的人工智能，其智能高于人类，并且在大多数领域超越了人类的认知能力。另见人工通用智能。

监督学习

一种为特定应用训练机器学习系统的方法。在训练阶段，人工智能系统会接收带有标签的数据。系统根据输入数据进行训练，然后测试生成的模型是否能够正确地将标签应用于新的未标记数据（例如，能否正确地给猫和狗的未标记图片贴上相应的标签）。这种类型的学习在明确要寻找的内容时非常有用，比如识别垃圾邮件。另见半监督学习、无监督学习、强化学习和训练数据集。

训练数据集

用于训练人工智能系统的数据集。训练数据集可以被标记（例如，猫和狗的图片被相应地标记为猫或狗）或者未被标记。

变压器

变压器极大地提升了自然语言处理、计算机视觉和机器人能力，以及人工智能模型生成文本的能力。变压器能够阅读大量文本，识别词语和短语之间的关系模式，然后预测下一个可能出现的词语。这种识别词语和短语之间关系模式的能力是一项关键创新，使得使用变压器架构的人工智能模型能够达到比以往更高的理解水平。另见人工中性网络和生成对抗网络。

无监督学习

一种为特定应用训练机器学习系统的方法。人工智能系统会接收大量未标注的数据，在这些数据中，它开始自主识别模式。这种学习方式在数据中隐藏的模式不明确时非常有用，例如在线购物篮推荐（购买了此商品的客户还购买了以下商品）。另请参见半监督学习、监督学习和强化学习以及训练数据集。

资源

对于那些想要开始采用和使用人工智能的人来说，我们提供了一系列资源。

了解 i-ReC

智能法规遵从项目（i-ReC）已在第4章中讨论。该项目旨在使用语义搜索引擎自动收集和检查标准。有关该项目的更多信息，请访问：
<https://xbim.net/the-i-rec-project-automated-标准检查/>

制定使用人工智能的标准

为了使用人工智能，标准必须成为这些工具开发和使用的组成部分。以下链接是作为英国创新桥接AI计划的一部分而开发的。两者都帮助行业在使用人工智能时制定标准。

在所有领域使用人工智能的基础标准：
<https://community.bridgeai.net/blogs/entry/6-介绍基础标准/>

建成环境的关键数据和数字标准：
<https://community.bridgeai.net/blogs/entry/10-explore-our-key-standards-in-the-construction-sector/>

AI用例模板

在开始实施或概念验证之前，重要的是要仔细考虑任何潜在的人工智能用例。本质上，人工智能用例是可以通过使用人工智能技术来解决或改进的特定场景或问题。

我们的CIOB AI用例模板将有助于以结构化和一致的方式定义和描述用例，涵盖业务目标、用户需求、数据源、AI解决方案、预期收益、风险和挑战以及评估指标等方面。

以下是您组织的AI用例模板示例，可以根据每个用例的具体上下文和要求进行修改和调整。

搜索：<https://www.ciob.org/sites/default/files/2024-06/AI%20Use%20Case%20Template.pdf> 下载模板和解释如何制定组织AI战略。



人工智能技能和数据素养

要充分利用工业4.0互联带来的好处，以及本手册中提出的主题，需要掌握新的技能和数据素养。专业人士需要具备BIM、数字孪生技术、物联网、人工智能和网络安全方面的技术专长，同时还需要强大的数据管理、分析和可视化技能。此外，项目管理、协作和适应能力对于成功实施和利用这些技术至关重要。下表将帮助您了解所需技能及数据素养的要求。

技术技能	
建筑信息模型	人工智能集成：熟练掌握BIM软件。 理解BIM和信息标准及协议（例如ISO 19650）。 能够创建、管理和解释已建成资产的数字模型。
数字孪生技术	掌握数字孪生概念和框架（例如BS ISO/IEC 30173。具有来自物联网系统的实时数据集成经验。 掌握使用软件平台创建和管理数字孪生（例如：Bentley iTwin)的技能。
物联网（IoT）	了解物联网架构和设备。 部署和管理物联网传感器和网络的技能。 有从物联网设备收集和处理实时数据的经验。
数据素养	
数据 经营	熟练掌握数据收集、清理和预处理。 掌握数据治理和主数据管理（MDM）原则。 管理大型数据集并确保数据质量和完整性的技能。
数据 分析	能够使用统计和分析工具（例如，Excel、SQL、PowerBI)分析大型数据集。 了解高级分析技术，包括预测分析和机器学习。
数据 可视化	创建和解释数据可视化以传达见解的技能（例如，Tableau、PowerBI）。 能够将视觉数据表示与数字孪生模型连接起来，以获得实时洞察。

人工智能与机器学习	
AI/ML算法	了解机器学习算法及其在建筑中的应用（例如，预测性维护、异常检测）。 有AI/ML平台和工具的经验。
模型训练和部署	使用历史和实时数据训练AI模型的技能。 在生产环境中部署AI模型以支持决策的经验。
网络安全	
数据安全	了解保护敏感施工数据的网络安全原则。 实施物联网设备和数字系统安全措施的技能。
项目管理和协作	
敏捷方法	有敏捷项目管理技术经验，用于管理数字化转型项目。 能够与多学科团队合作，包括IT专家、数据科学家和建筑专业人士。
变更管理	掌握管理组织变革的技能，以促进新技术和新流程的采用。 了解数字化转型中涉及的人为因素，以及如何应对变革阻力。
持续学习和适应能力	
终身学习	致力于持续学习并跟上最新动态 数字技术和数据科学的进步。 适应不断发展的技术和行业标准。

参考文献

1

徐毅、周勇、Sekula、P.和Ding、L.，2021年。建筑中的机器学习：从浅层学习到深度学习：构建环境中的发展

2

Sarker，I.H.，2021.机器学习：人工智能算法、现实世界应用和研究方向。SN计算机科学

3

Naeem，S.，Ali，A.，Anam，S.和Ahmed，M.M.，2023年。无监督机器学习AI算法：综合评论。国际计算机数字系统杂志。

4

Sivamayil，K.，Rajasekar，E.，Aljafari，B.，Nikolovski，S.，Vairavasundaram，S.和Vairavasundaram，I.，2023.基于强化学习的应用的系统研究。

5

住房和社区部，地方政府部，2018年。《建筑法规和消防安全独立审查：哈基特审查》。

6

路透社，2023年。法官削减了艺术家对Midjourney和Stability AI的人工智能版权诉讼。
www.reuters.com/legal/litigation/judge-pares-down-artists-ai-copyright-lawsuit-against-midjourney-stability-ai-2023-10-30/

7

《哈佛商业评论》：生成式人工智能存在智力问题。
<https://hbr.org/2023/04/generative-ai-has-an-intellectual-property-problem>

8

The Verge，2023年。AI生成艺术无版权地区法院。
www.theverge.com/2023/8/19/23838458/ai-generated-art-no-copyright-district-court

9

IT Brief Australia，2023年。谷歌加入Adobe和微软的GenAi赔偿计划。
<https://itbrief.com.au/story/google-joins-adobe-microsoft-in-legal-indemnity-for-genai>

10

Getty Images，2023。Getty Images推出商业安全的生成式人工智能产品。
<https://investors.gettyimages.com/news-releases/news-release-details/getty-images-launches-commercially-safe-generative-ai-offering>

11

《福布斯》2023年，三星在敏感代码泄露后禁止员工使用ChatGPT和其他聊天机器人

12

BBC，2023年。ChatGPT：美国lawyer承认使用人工智能进行案例研究。
www.bbc.co.uk/news/world-us-canada-65735769

13

IBM，2023年。用真实世界例子揭示人工智能偏见。
www.ibm.com/blog/shedding-light-on-ai-bias-with-real-world-examples/

特许公司
建筑学院

3 阿灵顿广场，唐郡
路，布拉克内尔
RG12 1WA，英国

电话：+44 (0)1344 630 700

ciob.org

注册慈善机构编号（英
格兰和威尔士）280795
和（苏格兰）SC041725

私募股权投资者  我
们投资于人才

©版权所有2024



CIOB

The Chartered
Institute of Building