Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (39), (March, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 39 مارس 2026
ردمد: 3014-6266

أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم وتنفيذ المباني الانشاءات دراسة استطلاعية

امين علي أحفيظ
كلية الموارد الطبيعية العجيلات جامعة الزاوية
a ahfeeth@zu edu lyl
سالم محمد أجي
كلية العلوم والتقنية /أم الارنب
نجاة علي المريمي
كلية الموارد الطبيعة العجيلات /جامعة الزاوية
n mareemee@zue du ly
محمد فضل كولو
كلية العلوم والتقنية ــــــ أم الأرانب

The Impact of Using Artificial Intelligence in the Design and Implementation of Buildings and Construction: An Exploratory Study

Amin Ali Ahfeeth, Faculty of Natural Resources, Ajilat, University of Zawiya
Salem Mohamed Aji, Faculty of Science and Technology, Umm al-Aranib
Najat Ali Al-Marimi, Faculty of Natural Resources, Ajilat, University of Zawiya
Mohamed Fadl Kolo, Faculty of Science and Technology, Umm al-Aranib

تاريخ الاستلام:2026/01/03 –تاريخ المراجعة: 2026/01/23– تاريخ القبول: 2026/01/30– تاريخ للنشر :2026/02/25

ملخص.

يعد الذكاء الاصطناعي ثورة في مجال التصميم والتشييد. هدفت الدراسة إلى التعرف على اثر استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم وتنفيذ المباني. اعتمدت الدراسة أسلوب المراجعة الوصفية من خلال مراجعة الأدبيات ذات الصلة. حددت نتائج الدراسة مجموعة من الفرص لاستخدام الذكاء الاصطناعي في عملية التصميم وتشمل؛ توفير الموارد، تسهيل رسم المخططات، توليد كم كبير من البدائل الابداعية، توفير حلول تصميمة، تعزيز الاستدامة البيئية للتصميم. فيما يتعلق بتنفيذ المباني فإن الذكاء الاصطناعي يحسن من كفاءة التصميم مكن خلال تعزيز السلامة، توفير الوقت والجهد، تقليل الأخطاء، التنبؤ بالمخاطر المحتملة، وتحسين إدارة المشاريع والمواقع الانشائية. في المقابل، يواجه الذكاء الاصطناعي مجموعة من التحديات في تصميم وتنفيذ المباني وتشمل؛ توافر البيانات كما ونوعا، التكاليف الأولية المرتفعة، نقص الكفاءة الرقمية لدى العاملين، ضعف البنية التحتية ومحدودية التشغيل البيني، والافتقار لأطر أخلاقية تنظيمية وقانونية.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، الهندسة المعمارية، صناعة البناء والتشييد، تصميم المباني، إدارة المشاريع، تنفيد المباني.

Abstract

Artificial intelligence (AI) is revolutionizing the design and construction field. This study aimed to identify the impact of using AI in building design and implementation. The study employed a descriptive review approach, examining relevant literature. The study's findings identified a range of opportunities for utilizing AI in the design process, including saving resources, facilitating the creation of plans, generating a large number of creative alternatives, providing design solutions, and enhancing the environmental sustainability of design. Regarding building implementation, AI improves design efficiency by enhancing safety, saving time and effort, reducing errors, predicting potential risks, and improving project and construction site management. However, AI faces a number of challenges in building design and implementation, including: quantitative and qualitative data availability, high initial costs, lack of digital proficiency among workers, weak infrastructure and limited interoperability, and the lack of ethical, regulatory, and legal frameworks.

Keywords: Artificial Intelligence, Architecture, Construction Industry, Building Design, Project Management, Building Implementation.

المقدمة

شهدت صناعة التشييد والبناء تحولات مستمرة في السنوات الاخيرة نتيجة التطور في تقنيات الثورة الصناعية الرابعة. أفرزت هذه الثورة عن طرق ابداعية لتصميم وتنفيذ المباني بما يعزز من كفاءتها وانتاجيتها ودقتها وسلامتها (Baduge, et al., 2022). تعد تقنيات الذكاء الاصطناعي إحدى أهم مخرجات هذه الثورة، والتي شهدت أهمية متزايدة ومتسارعة في العديد من المجالات بما في ذلك مشاريع تصميم وتشييد المباني (Victor, 2023).

سجلت تطبيقات الذكاء الاصطناعي حضوراً لافتاً في عملية تصميم المباني، حيث قدمت العديد من الامكانات الابداعية ذات الصلة بتوليد تصاميم مبتكرة تحقق الجانب الوظيفي والاجمالي وتراعي الجواني الاجتماعية، الثقافية، وحتى البيئية من خلال قدرة هذه التقنيات على تحليل كم كبير من المعلومات ومعالجتها بما يحسن من سرعة اتخاذ القرارات ودقتها (Li et al., 2025).

لا يقتصر نطاق الاستفادة من الذكاء الاصطناعي على عملية التصميم بل أيضاً يمكنها دعم كافة مراحل دورة حياة المبنى(Xu, et al., 2024) بما في ذلك التنفيذ والاشراف، التشغيل والصيانة (Chen, et al., 2023) ، حيث تعد هذه التقنيات أداة فعالة في تحسين فعالية تنفيذ مشاريع البناء وتحسين سير تقدمها وتعزيز السلامة والحد من المخاطر، كما يقدم الذكاء الاصطناعي فرص متقدمة لتحسين أدارة المشاريع وتقيل الهدر في الموارد (Wu, 2023; Victor, 2023).

على الرغم من التسارع في تطور هذه التقنيات واستخداماتها في مجال تصميم المباني وتشييدها، إلا أن هنالك فجوة في تطبيقها ترجع إلى الكثير من التحديات بما في ذلك قدرة العاملين في هذا المجال على تبني هذه التقنيات واستخدامها على نطاق واسع، وهذا ما أشارت له دراسة (Hai & Tien, 2025; Khan et al., 2024) ، هذا يتطلب من المراكز التدريبية والتعليمية ذات الصلة العمل على تعزيز الكفاءة الرقمية لخريجيها وتعريفهم بأهميتها وامكاناتها وتعزيز توجهاتهم لاستخدامها وهذا يتطلب تصميم مواد ارشادية وتوضيحية وتبسيط المعرفة الموجودة في هذا المجال، والناظر في المعرفة العلمية المتوافرة في هذا السياق يجد أنها متناثرة في أبحاث أجنبية ذات توجهات مختلفة، وعليه تقدم الدراسة مراجعة شاملة لإمكانات الذكاء الاصطناعي وتأثير استخدامه على تصميم وتنفيذ المباني.

1- اولاً /الاطار العام للدراسة:

1-1مشكلة الدراسة:

من خلال مراجعة الدراسات ذات الصلة باستخدامات الذكاء الاصطناعي في مجال التصميم وتشييد البناء، يلاحظ ان الدراسات تركز على دراسة جوانب محددة في هذا المجال. علاوة على ذلك، الدراسات العربية في هذا المجال شحيحة جداً، الامر الذي يؤثر على الوعي المعرفي بهذه التقنيات وامكاناتها، وهذا ما لاحظه الباحثين خلال عملهما في معهد التدريب الإنشائي التابع للهيئة العامة للتعليم التطبيقي في الكويت. بالتالي

تقدم الدراسة مراجعة شاملة تساهم في رسم المشهد العام لاستخدامات الذكاء الاصطناعي في تصـــميم وتنفيذ المباني وتحديد التحديات التي يواجها، بما يعزز معرفة المتدربين والعاملين في هذا القطاع بالذكاء الاصطناعي وامكانية استخدامه في عملهم.

1-2 أسئلة الدراسة:

تسعى الدراسة إلى الاجابة عن التساؤلات الآتية:

1- ما أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مرحلة تصميم المباني؟

2- ما أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مرحلة تنفيذ المباني وانشاءها؟

3- ما التحديات التي تواجه استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم وتنفيذ المباني؟

1-3 **أهداف الدراسة:**

تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1- التعرف على أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مرحلة تصميم المباني.

2- التعرف على أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مرحلة تنفيذ المباني وانشاءه.

3- التعرف على التحديات التي تواجه استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم وتنفيذ المباني .

1- 4 أهمية الدراسة:

مـع التطـور الكبيـر فـي تقنيـات الـذكاء الاصـطناعي والامكانيـات الهائلـة التـي يقـدمها فـي العديـد مـن المجـالات، بـدأت الدراسـات بمحاولـة استكشـاف هـذه الامكانـات فـي مجـال قطـاع الهندسـة المعماريـة والمدنيـة. تركـز بعـض الدراسـات علــى عمليــة التصــميم المعمــاري والامكانــات الابداعيــة التــي يقــدمها الــذكاء الاصــطناعي فــي هــذا المجـال، فـي المقابـل تبحـث بعـض الدراسـات فـي امكانيـة دمـج تقنيـات الـذكاء الاصـطناعي فـي عمليـة انشـاء وتنفيـذ الأبنيـة وإدارة مشـاريع البنـاء المرتبطـة بهـا. علـى الـرغم مـن تزايـد الاهتمـام البحثـي بهـذا الموضـوع، إلا أن هنالـك نقـص ملحـوظ فـي الدراسـات العربيـة فـي هـذا المجـال. الامـر الـذي يـؤثر سـلباً علـى قـدرة بعـض المؤسسـات التعليميـة والتدريبيـة فـي تصـور الواقـع الحـالي لإمكانـات هـذه التقنيـات والفـرص التـي تخلقهـا فـي القطـاع والتحـديات التـي يواجهـا. وعليـه تكمـن أهميـة الدراسـة فـي اثـراء المكتبـة البحثيـة العربيـة بأبحـاث الـذكاء الاصـطناعي فـي مجـال تصـميم وانشـاء الابنيـة وتقـديم مراجعـة شـمولية لتـأثير هـذه التقنيـات علـى تصـميم وتنفيـذ الابنيـة والفـرص والتحـديات التي تنشأ عن ذلك.

1-5 منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة أسلوب المراجعة الوصفية للأدبيات بالاعتماد على مجموعة من الدراسات والأبحاث ذات الصلة بما يجيب عن أسئلة الدراسة ويحقق أهدافها.

1-6 الدراسات السابقة:

هدفت دراسة (Li et al., 2025) بعنوان "مراجعة للذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة التصميم المعمـاري" إلــى استكشــاف تطبيــق تقنيــة الــذكاء الاصــطناعي فــي مجــال التصــميم المعمــاري وتــأثيره علــى كفــاءة التصـميم. اعتمـدت الدراسـة منهجيـة المراجعـة المنهجيـة والتلويـة حيـث تـم مراجعـة 92 دراسـة مـن أصـل8181 تـم تجميعهـا مـن خـلال قواعـد بيانـات مختلفـة. تشـير المراجعـة إلـى امـتلاك الـذكاء الاصـطناعي للعديـد مـن الامكانيـات فــي سـياق عمليــة التصــميم، حيـث يسـاهم فــي التطـوير الإبـداعي، تحليـل البيانــات، وحـل المشـكلات. مـن جهــة أخـرى تشـير الدراسـة إلــى مجموعـة مـن التطبيقـات للـذكاء الاصـطناعي فـي مجـال التصـميم المعمـاري وتشـمل؛

التحليلات التنبوية الإشراف على البناء، وصيانة المرافق. في المقابل وعلى الرغم من ميزاته وتطبيقاته الواسعة في القطاع، إلا أنه استخدامه يواجه مجموعة من التحديات كارتفاع التكاليف ومحدودية توافر الأجهزة والبرامج المتوافقة مع الذكاء الاصطناعي والتي تعيق إمكانية الوصول للعديد من المهنيين. توصي الدراسة بمزيد من التوجيه والتنظيم لضمان مزيد من الابتكار والتقديم في استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال التصميم المعماري.

فيما هدفت دراسة (Emad et al., 2025) بعنوان "دور الذكاء الاصطناعي في تطوير مباني المستقبل الشاهقة" إلى استكشاف دور الذكاء في البناء، وتحليل التقارب بين الذكاء الاصطناعي مع تطوير ناطحات السحاب. اعتمدت الدراسة منهجية نوعية تهتم بشكل أساسي بمراجعة الأدبيات بالإضافة إلى نهج هج تحليلي، وتحليل مقارن للأساليب التقليدية والمعززة بالذكاء الاصطناعي تشير نتائج الدراسة إلى المجالات الأساسية التي يؤثر فيها الذكاء الاصطناعي على تطور البناء بشكل عام وناطحات السحاب بشكل خاص، حيث يعمل على تحسين التصميم، إدارة الطاقة، عمليات البناء، والكفاءة التشغيلية.

بالإضافة إلى ذلك، تبين الدراسة وجود مزايا قصيرة وطويلة الامد للذكاء الاصطناعي في البناء، تشمل المزايا قصيرة الأمد امكانات كتحسين التصميم المعماري من خلال تكرارات التصميم التوليدية السريعة وتحسين المواد، أما طويلة المدى فتشمل تقنيات البناء التكيفية وتعزيز الاستدامة. من جهة أخرى، تبين الدراسة وجود امكانات هائلة للذكاء الاصطناعي في تصميم وإدارة ناطحات السحاب (على سبيل المثال؛ تحسين الهيكل، وتوفير الطاقة، وبروتوكولات السلامة، والكفاءة التشغيلية) من خلال الاستفادة من التقنيات المبتكرة مثل التعلم الآلي، والرؤية الحاسوبية، والنموذجة التنبوية. توصي الدراسة بالعمل على موازنة ابتكار الذكاء الاصطناعي مع المبادئ المعمارية الراسخة لتعزيز مستقبل يجمع بين التقدم التكنولوجي وقيم التصميم الأساسية.

أما دراسة (Cortiços et al., 2025) بعنوان "تأثير الذكاء الاصطناعي على العمارة: تحليل شامل لأدوات برمجيات الذكاء الاصطناعي واعتمادها العالمي" فجاءت بهدف اجراء تحليل شامل لدور الذكاء الاصطناعي في العمارة. اعتمدت الدراسة تحليل نوعي لمجموعة من الأدبيات. أشارت نتائج الدراسة أنه وعلى الرغم من أن أدوات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في تصميم الأبنية تقدم ميزات شاملة عبر مراحل التصميم المختلفة، إلا أن فعاليتها تتأثر بقدرات التصميم، وتقييمات الاستدامة والجدوى، وإجراءات التصميم المعماري الشاملة، وتفاعلات الجهات الخارجية. كما تسلط الدراسة الضوء على الحاجة لأدوات أدوات ذكاء اصطناعي مُصممة خصيصًا تُتابع العملية المعمارية بفعالية، ابتداءً من عملية وضع المفاهيم والتصميم، ووصولًا إلى التنفيذ وتصاريح البناء.

فيما جاءت (Anber, 2025) بعنوان "تأثير المنصات والأدوات المدعومة بالذكاء الاصطناعي على التعليم المعماري" بهدف التعرف على تأثير استخدام المنصات والأدوات المدعومة بالذكاء الاصطناعي في إعادة رسم ملامح المشهد التعليمي المعماري. اعتمدت الدراسة المنهج التجريبي على حالة طلاب قسم الهندسة المعمارية في المعهد العالي للهندسة في مدينة الشروق في مصر، حيث شارك خمسون طالباً في تجربة تصميم فيلا سكنية منفصلة، امتدت التجربة على مدار أسبوعين، في الاسبوع الأول استخدم الطلاب الطرق التقليدية مثل الرسم وبناء نموذج الدراسة، وتم تقييم العمل بناءً على معايير تقييم استوديو التصميم المعماري، في الاسبوع الثاني تم استخدام منصات مدعومة بالذكاء الاصطناعي (PromeAI, Midjourney\) ومن ثم تم تقييم أعمالهم بالاعتماد على معايير التقييم ذاتها. تشير نتائج الدراسة إلى تطور

ملحوظ في أداء الطلبة بعد استخدام الادوات والمنصات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، مما يدل على فاعلية هذه الأدوات في الارتقاء بمخرجات التصميم المعماري لدى الطلبة.

فيما هدفت دراسة (Almaz et al., 2024) بعنوان "الدور المستقبلي لدمج الذكاء الاصطناعي في تعليم التصميم المعماري والداخلي هو تحسين الكفاءة والاستدامة والإبداع"إلى استكشاف إمكانات الذكاء الاصطناعي في التصميم المعماري، وطرق دمج الذكاء الاصطناعي في عملية التصميم من خلال خوارزميات التصميم التوليدي، وأدوات الواقع الافتراضي، وخوارزميات التعلم الآلي. اعتمدت الدراسة المنهج التجريبي لدمج تطبيقات الذكاء الاصطناعي في العملية التعليمية لمقررات الهندسة المعمارية والتصميم الداخلي في أقسام الهندسة المعمارية بجامعة حورس في مصر من خلال مجموعة من ثلاث طرق تشمل؛ مرحلة توليد النموذج مرحلة إنتاج المخططات المعمارية، والطريقة التكاملية التي يتم الجمع بين استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي وطرق التصميم المعماري التقليدية. تم تطبيق هذه الطرق من خلال ثلاث حالات دراسية. أشارت نتائج الدراسة عن امكانيات هائلة للذكاء الاصطناعي في عملية التعليم المعماري، حيث تساعد هذه الأدوات المهندسين المعماريين على استكشاف خيارات التصميم وتحسين المشاريع من حيث كفاءة الطاقة والسلامة الهيكلية، وتحليل كميات هائلة من البيانات لاتخاذ قرارات مدروسة. علاوة على ذلك، تُمكّن أدوات التصميم المدعومة بالذكاء الاصطناعي من فهم الجوانب الجمالية، ومدارس العمارة، ومتطلبات المشاريع، مما يُحسّن مرحلة التصميم الأولية. من جهة أخرى، يُتيح دمج تقنيات نمذجة معلومات البناء (BIM) تحليل التصاميم وتحسينها في الوقت الفعلي، مما يُوفّر الوقت والموارد ويحد من الهدر فيها. كما يُمكن لتطبيقات الذكاء الاصطناعي إحداث ثورة في تعليم التصميم المعماري من خلال توليد نماذج المشاريع الأولية وتمكين الطلاب من تطوير تصاميم مبتكرة.

أما دراسة (Talebian et al., 2024) بعنوان "تأثيرات الذكاء الاصطناعي على العمارة والبيئات العمرانية الذكية: مراجعة شاملة" فتهدف إلى فحص تأثير الذكاء الاصطناعي على العمارة والبيئة العمرانية. اعتمدت الدراسة أسلوب المراجعة الشاملة. بينت الدراسة أن الدراسات تركز على استخدام الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات، تحسين الطاقة، والصيانة التنبؤية، تحديد فاعلية البنى التحتية الحضرية ومرونتها واستدامتها. كما بينت الدراسة استخدامه في تصميم المباني الموفرة للطاقة، واختيار المواد الذكية، والأنظمة الحضرية الذكية مثل إدارة حركة المرور، وتوزيع المياه، وإدارة النفايات. علاوة على ذلك تمكن أدوات الذكاء الاصطناعي(على سبيل المثال؛ التصميم التوليدي والتحليلات التنبؤية) المعماريين ومخططي المدن من ابتكار حلول متكيفة وفعالة في استخدام الموارد، تُعالج تحديات التحضر العالمي وتغير المناخ. وعليه فإن الذكاء الاصطناعي يمكن أن ينشئ معايير جديدة للعمارة الصديقة للإنسان، ومع ذلك، توجد بعض التحديات ذات الصلة، أهمها قابلية التشغيل البيني للبيانات المخاوف الأخلاقية، والمتطلبات الحاسوبية.

كما جاءت دراسة (حمدى، 2122) بعنوان "تطبيق الذكاء الاصطناعي في تطوير إدارة عمليات التصميم الداخلي"، والتي جاءت بهدف التعرف على مساهمة الذكاء الاصطناعي في تطوير عملية التصميم الداخلي، اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال مراجعة الدراسات ذات الصلة وتحليل التدخلات والمساهمات التي تحققها تطبيقات الذكاء الاصطناعي. أشارت نتائج الدراسة أن الذكاء الاصطناعي يقدم العديد من المميزات في مجال التصميم، يساعد الذكاء الاصطناعي المصممين على جمع ومعالجة البيانات

وتنفيذ التصاميم بدقة مع نسب أقل من الخطأ وبسرعة فائقة، وفي مجال التصميم الداخلي، فإن الذكاء الاصطناعي يقدم العديد من التطبيقات في مراحل التصميم الداخلي جميعها؛ عرض المشكلة التصميمية وتوثيق المعلومات والبيانات، تطوير المفهوم التصميمي، تحديد التكاليف، إدارة عملية التصميم، التنفيذ، وتقييم ما بعد الإشغال. حيث تقدم خوارزميات الذكاء الاصطناعي، إمكانية رصد سلوك المستخدمين وتفسيره لإخراج تصاميم فريدة تتناسب واحتياجات كل مستخدم وتوقعاته للتجربة الوظيفية. علاوة على ذلك، تساعد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التحكم بأنظمة التدفئة، التكييف من خلال معالجة اللغة الطبيعية وفهم الايماءات البشرية. من جهة أخرى، بينت وجود لعديد من برامج التصميم الداخلي المدعومة بتقنيات الذكاء الاصطناعي كبرنامج (Leaper) وبرنامج (DecorMatters) والتي تقدم تصاميم داخلية فريدة من خلال أدوات الذكاء الاصطناعي.فيما هدفت دراسة (Adunadepo & Sunday, 2016) بعنوان "الذكاء الاصطناعي من أجل التنمية المستدامة للمباني الذكية"، فهدفت إلى تقييم طرق استخدام الذكاء الاصطناعي جنبًا إلى جنب مع العمارة الخضراء لتحقيق مبانٍ ذكية مستدامة في المدن الذكية ، وذلك من خلال لأهداف دراسة العلاقات بين الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا النانو والبناء الرشيق والعمارة الخضراء. أجرت الدراسة مسحً أدبيًا حول الذكاء الاصطناعي ونمذجة معلومات البناء (BIM) بالإضافة إلى جمع بيانات أولية وثانوية حول العمارة الخضراء في لاغوس، نيجيريا من خلال الزيارات الميدانية. أشارت نتائج الدراسة أن مواد البناء الخضراء كانت الجانب الرئيسي للعمارة الخضراء المستخدمة وأن نظام البناء الجاهز كان الجانب الرئيسي لتقنية البناء الرشيق في لاغوس. توصي الدراسة بتطبيق نظام تسليم المشاريع المتكامل ونمذجة معلومات البناء (BIM).تؤكد الدراسات السابقة أن الذكاء الاصطناعي شكل ثورة في مجال تصميم وانشاء المباني، حيث يقدم العديد من الفرص والامكانات التي من شأنها أن ترتقي بمخرجات هذا المجال وتحقق تقدم كبير خاصة في كفاءة عملية التصميم ومستوى الابتكار فيها، كما تحسن من فاعلية عملية تنفيذ المشاريع وإدارتها واتخاذ القرارات فيها.

ثانياً/ الإطار النظري للدراسة:

أوًلا: الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence–AI)

ظهر الذكاء الاصطناعي في خمسينيات القرن العشرين، حيث أحدث تطوره ثورة كفرع حيوي من فروع علم البيانات، استخدم بشكل أساسي بهدف بناء آلات قادرة على محاكاة عمليات التفكير البشري، سواء في انشاء التعبيرات البسيطة إلى بناء النماذج المعقدة، مما يُظهر قدرة الذكاء الاصطناعي على التفكير والتكيف بشكل تدريجي مثل البشر (Matter & Gado, 2024).

يشير مفهوم الذكاء الاصطناعي (AI) إلى محاكاة الآلات للعقل البشري، وعليه فإنه يشمل كل ما يجعل الآلة ذكية (Koyamparambath et al., 2022) . بحيث تقوم بإنجاز مهام تتطلب مستويات معينة من الذكاء كتصنيف البيانات وإصدار الأحكام والتحسين الذاتي. (Talebian et al., 2024). علاوة على ذلك، يمثل الذكاء الاصطناعي في قدرة الأنظمة الآلية على تفسير البيانات الخارجية بشكل صحيح، والتعلم منها، واستخدامها لتحقيق أهداف ومهام محددة من خلال التكيف المرن et (Haenlein.al., 2019)

يهدف الذكاء الاصطناعي إلى الحد من الحاجة إلى التدخل البشري من خلال قدرته على تقليد العمليات المعرفية البشرية على سبيل المثال؛ حل المشكلات واتخاذ القرار و تمكين أجهزة الكمبيوتر من التكيف مع الظروف الجديدة والتعلم من الخبرة وإصدار أحكام مستقلة (Hassani et al., 2020)، وعليه فإن الهدف النهائي من الذكاء الاصطناعي هو تطوير أجهزة وبرمجيات يمكنها تقريب الذكاء البشري بشكل وثيق من أجل

القيام بالمهام المعقدة بدقة وفعالية (Babu & Vasumathi, 2023).

للـذكاء الاصـطناعي العديـد مـن الفـروع وتشـمل؛ الـتعلم الآلـي، الـتعلم العميـق، معالجـة اللغـة الطبيعيـة الـذكاء الاصـطناعي التوليـدي، الروبوتـات، الرؤيـة الحاسـوبية، الـنظم الخبيـرة، الحوسـبة المعرفيـة والمنطـق الضـبابي (الجبـر، 2122 ؛ مخلـص وآخـرون، 2122). مـن جهـة أخـرى، تشـير (حمـدى 2122؛ مخلـص وآخـرون 2122؛ إدريس، 2122) إلى ثلاثة أنواع أساسية من الذكاء الاصطناعي نوضحها على النحو الآتي:

الذكاء الاصطناعي المحدوة/ الضيق (Artificiai narrow intelligence–ANI)

هـو شـكل مـن أشـكال الـذكاء الاصـطناعي التـي تحـاكي الـذكاء البشـري، إلا أنـه محـدود بنـوع واحـد مـن الـذكاء وبالتالي يركز على أداء مهام محددة ومن الامثلة عليه السيارات ذاتية القيادة، التعرف على لصور والكلام.

الذكاء الاصطناعي العام (Artificial general intelligence–AGI): هو شكل من أشكال

الـذكاء الاصـطناعي القـوي المسـتخدم فـي الأجهـزة الذكيـة والآلات والروبوتـات والـذي يكسـبها ذكـاء عـام مثـل ذكـاء الانسان بحيث تستطيع الآلة حل المشكلات واتخاذ القرارات وانجاز عدة مهام أخرى.

الذكاء الاصطناعي القائق (Artificiai Superintelligence–ASI) هو ذكاء يفوق

الانسان، حيث يستطيع القيام بمهام معقدة بطريقة أفضل مما يقوم بها الانسان الخبير أو المتخصص. يتميز هذا النوع من الذكاء بقدرته على التعلم، التخطيط، التواصل وإصدار الاحكام.

ثانياً: استخدامات الذكاء الاصطناعي في تصميم المباني (مرحلة التصميم)

تكتسـب تطبيقـات الـذكاء الاصـطناعي أهميـة متزايـدة فـي الوقـت الحاضـر، حيـث تسـتخدم علـى نطـاق واسـع فـي الكثيـر مـن المجـالات يكمـن اسـتخدام الـذكاء الاصـطناعي فـي مختلـف مراحـل عمليـة البنـاء ودروة حيـاة المبنـى (Elwy & Hagishima, 2024) . فــي عمليــة التصــميم المعمــاري يقــدم الــذكاء الاصــطناعي العديــد. مــن المميـزات فيمـا يتعلـق بتـوفير الوقـت والجهـد والتكلفـة الخـاص بدراسـة المشـروع واخـراج المخططـات (Almaz et al., 2024)، كمـا يسـاهم فـي انشـاء مجموعـة هائلـة مـن الأفكـار والبـدائل التصـميمية والنمـاذج ذات الألـوان والأنماط المختلفة من خلال الخوارزميات والمدخلات التي يوفرها المصمم (حمدى، 2122).

يسـتخدم الـذكاء الاصـطناعي فـي مجموعـة متنوعـة مـن مجـالات التصـميم المعمـاري، أبرزهـا الحصـول علـى عـدد كبيـر مـن المقترحـات والنمـاذج التصـميمة التـي تـوفر حلـول تصـميمية مختلفـة، مـع تحديـد المـواد البنائيـة الأمثـل اسـتخدامها فـي ظـل المعلومـات التـي يحـددها المصـمم عـن البيئـة المحيطـة والمنـاخ والطبيعـة الوظيفيـة للمبنـى، وبالتـالي تسـاعد هـذه التطبيقـات علـى مواجهـة تحـديات والمشـاكل التصـميمية، ولا يعنـي ذلـك أن التصـميمي يـتم بأكملـه مـن خـلال هـذه التقنيـات، بـل يحـتفظ المهنـدس المعمـاري بقدرتـه علـى تحديـد الـروابط السـياقية والاجتماعيـة والثقافية والتاريخية للتصميم (Bölek et al., 2023).

يسـتفاد اليـوم مـن تقنيـات الـذكاء الاصـطناعي والـتعلم الآلـي والخوارزميـات فـي توليـد معلومـات دقيقـة تسـاعد المصـمم علـى اتخـاذ قـرارات تصـميمة فعالـة مـن خـلال تـوفير مجموعـة مـن الخيـارات والبـدائل التصـميمية ومحاكاتهـا بصـورة افتراضـية فـي مراحـل التصـميم المبكـرة ممـا يـوفر مسـاحة كبيـرة للإبـداع ومعالجـة العلاقـات بـين المسـاحات وغيرهـا الكثيـر مـن الجوانـب التصـميمية (Borglund, 2022) ، كمـا عـززت هـذه التقنيـات مـن القـدرة على خلق فراغات غير مادية من خلال عمليات المحاكاة الافتراضية والتي تمكن المصمم من

خلـق فـراغ معمـاري افتراضـي وتعديلـه بمـا يناسـب الاحتياجـات الوظيفيـة، ومـن أشـهر الأمثلـة علـى ذلـك متحـف جوجنهـايم الافتراضـي، والـذي يقـوم بعـرض مجموعـة مـن المعروضـات فـي فراغـات افتراضـية صـممت بطريقـة

مميـزة غيـر مألوفـة تـوفر للمسـتخدم تجربـة مميـزة لا تنسـى (خليـل، 2182). مـن جهـة أخـرى، يمكـن أن يسـاعد الـذكاء الاصـطناعي فـي التعامـل مـع الكـم الهائلـة مـن التفاصـيل المترابطـة بـين المخططـات والرسـومات التنفيذيـة المختلفة (Amer, 2023)

مـن جهـة أخـرى، يـوفر الـذكاء الاصـطناعي برمجـة مكانيـة حيـث يقـدم تصـميم مقتـرح للموقـع العـام ونمـوذج للتوزيعـات الوظيفيـة. عـلاوة علـى ذلـك، تسـاعد تقنيـات الـذكاء الاصـطناعي فـي عمليـات تـرميم المبـاني مـن خـلال وضـع تصـاميم للأجـزاء المفقـودة (Bölek et al., 2023) . عـلاوة علـى ذلـك، مـن خـلال الـتعلم الآلـي ومعالجـة اللغـة الطبيعيـة ، يسـاعد الـذكاء الاصـطناعي المصـممين علـى اتخـاذ قـرارات أسـرع وأكثـر دقـة فـي مجـالات مثـل الاستكشـاف الإبـداعي وتحليـل البيانـات وحـل المشـكلات. بالإضـافة إلـى ذلـك، يعـزز التصـميم البارامتري (Parametric design) الابتكار وجودة حلول التصميم (Li, Chen, Yu, & Yang, 2025).

من جهة أخرى، يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً فاعلًا في تعزيز التكييف البيئي للمباني، حيث تعمل هذه التطبيقات على تحسين أداء المبنى من خلال عمليات توفير الطاقة والاستفادة القصوى من أشعة الشمس وضوء النهار وغير من حلول التصميم السلبي (Passive Design) (Caetano et al., 2020) .

عـلاوة علـى ذلـك، يمكـن لهـذه التقنيـات تحسـين كفـاءة اسـتهلاك الطاقـة فيهـا. علـى سـبيل المثـال تسـاعد الشـبكة العصـبية الذكيـة فـي الـتحكم بأنظمـة التدفئـة والتكييـف فـي المبـاني والتنبـؤ بمسـتوى الاضـاءة الطبيعيـة والحاجـة لإضـاءة صـناعية (Lee et al., 2020). فـي سـياق العمـارة المسـتدامة، يسـاهم الـذكاء الاصـطناعي فـي تطـوير حلـول صـديقة للبيئـة مـن خـلال التنبـؤ بأنمـاط اسـتخدام الطاقـة وامكانـات اسـتخدام الطاقـة المتجـددة. عـلاوة علـى ذلـك، يمكـن للمعمـاريين تقـدير البصـمة البيئـة لتصـاميمهم (Tarabishy2022 et al.,). كمـا يسـتطيع الـذكاء الاصـطناعي تحليـل مجموعـات البيانـات الضـخمة المتعلقـة بكفـاءة المبـاني وتحديـد الأنمـاط التـي تُسـاعد فـي اتخـاذ قـرارات التصـميم، مثـل اتجـاه التصـميم، المـواد التـي يجـب اسـتخدامها لتـوفير الطاقـة. كمـا يمكـن لهـذه الأنظمـة التنبـؤ باحتياجـات المبنـى مـن الطاقـة مـن خـلال تحليـل متغيـرات مثـل الإشـغال والطقـس، ممـا يسـمح بوضـع خطـط أكثـر دقـة لإدارة الطاقـة (Awuzie et al., 2024). مـن جانـب آخـر يسـهل الـذكاء الاصـطناعي دمـج الأنظمـة الذكيـة داخـل المبـاني، حيـث تتكيـف أنظمـة الإضـاءة والتدفئـة والتبريـد السـاطعة المدعومـة بالـذكاء الاصـطناعي تلقائيًـا مـع الظـروف المتغيـرة، ممـا يـوفر الطاقـة ويعـزز راحـة شـاغليها (Talebian et al., 2024).كمـا تسـتخدم بعـض تطبيقـات الـذكاء الاصـطناعي فـي عمليـات التصـميم الـداخلي، حيـث يمكـن اسـتخدام تطبيـق رؤيـة الحاسـب الآلـي فـي تحليـل الصـور ومعالجتهـا واسـتنتاج أسـاليب دمـج الألـوان الأنسـب للتصـميم، تصـنيف الأثـاث، تنظـيم البيانـات، ورصـد التفـاعلات بـين التصـميم والبشـر واكتشـاف مشـاعرهم، كمـا يمكـن اسـتخدام معالجـات اللغـة الطبيعيـة فـي تقليـل اسـتهلاك الطاقـة مـن خـلال الـتحكم النـاتج عـن فهـم لغـة الإنسـان وعباراتـه مثـل اغلـق، افـتح وغيرهـا، كـم يمكـم مـن خـلال معالجـات اللغـة الطبيعيـة فهـم الفـواتير والوثـائق والرسـومات ذات الصـلة بـالأداء البيئي للمبنى، من خلال خاصية التعرف على النص (حمدى، 2122).

وعليـه يمكـن القـول إن الـذكاء الاصـطناعي يمكـن أن يقـدم العديـد مـن المميـزات خـلال المراحـل الأولـى لعمليـة التصميم، حيث يقوم بإنشاء خيارات تصميمية متعددة، بناء على المعلومات التي يتم إدخالها، كوظيفة.

البنـاء، الظـروف المناخيـة، وميزانيـة المشـروع، وغيرهـا ممـا يـؤدي إلـى إيجـاد بـدائل تصـميمة ذات حلـول مبتكـرة. مـن جهـة أخـرى، يسـتخدم الـذكاء الاصـطناعي فـي تطـوير الأداء البيئـي للمبـاني، بحيـث تـم تقليـل اسـتهلاك

الطاقــة، وتعزيــز اســتخدام الطاقــة المتجــددة فضــلًا عــن تحســين الاســتدامة الشــاملة. مــن جهــة أخــرى تســاعد تقنيــات معالجــة اللغــة الطبيعيــة علــى تفســير ملخصــات ووثــائق المشــروع بطريقــة أكثــر كفــاءة، وبالتــالي فهــم متطلباتــه والمســاعدة فــي إنشــاء تصــاميم تتناســب مــع رؤى العمــلاء وتوقعــاتهم. كمــا يمكــن أن يســاعد الــذكاء الاصــطناعي علــى تعزيــز اســتجابة الفراغــات الداخليــة للتغيــرات الوظيفيــة وخلــق أبنيــة ذكيــة مدعومــة بأنظمــة قــادرة علــى الــتحكم في درجة الحرارة والتهوية كوسيلة لتحسين الراحة الحرارية وكفاءة الطاقة.

ثالثاً: استخدامات الذكاء الاصطناعي في تنفيذ المباني (مرحلة ما بعد التصميم)

شهد مجال البناء تطور هائل فيما يتعلق باستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي، الأمر الذي ساهم في انتاج أنماط معمارية ذكية مستدامة تعتمد على البيانات والمعلومات الدقيقة وتؤدي إلى التنبؤ بالمشكلات

المحتملــة بشــكل اســتباقي وتحــدد آليــات حلهــا. ومــن الجــدير بالــذكر أن هــذه التقنيــات لــم تقتصــر علــى مرحلــة التصــميم، بــل أيضــاً الاســتفادة منهــا فــي صــناعة البنــاء وتنفيــذ المبــاني. فــي هــذه المرحلــة يقــدم الــذكاء الاصــطناعي حلــول هامــة لتجــاوز التحــديات المرتبطــة بعمليــة التنفيــذ ذات الصــلة بــنقص المهــارات، دقــة البيانــات، الانتاجيــة، والتســليم فــي الموعــد المحــدد (Hassen, 2024) . عــلاوة علــى ذلــك، يقلــل الــذكاء الاصــطناعي مــن تكــاليف التنفيــذ والتشــغيل ويزيــد مــن ســرعة البنــاء ودقــة التنفيــذ .,Baduge, et al) (2022. بالإضــافة إلــى ذلــك، يحســن استخدام الذكاء الاصطناعي من سير العمل وسلاسته ويحسن أداء سلسلة التوريد (Wu, 2023) .

مــن جهــة أخــرى، يســاهم اســتخدام الــذكاء الاصــطناعي فــي تعزيــز الكفــاءة والســلامة فــي عمليــة التنفيــذ، وذلــك مــن خــلال عــدة تطبيقــات. يســتفاد مــن القيــادة الذاتيــة فــي تســيير الجرافــات والحفــارات والرافعــات وغيرهــا مــن الآلات الثقيلــة، ممــا يحســن الســلامة وانتاجيــة المشــروع ,et al., 2023; Pillai & Matus (Na.2020) عــلاوة علــى ذلك، يتيح نظام الرؤية الحاسوبية مراقبة مواقع البناء بشكل آني ومستمر لاكتشاف .

المخــاطر المحتملــة وضــمان الامتثــال لبروتوكــولات الســلامة العامــة كلــبس الخــوذة الواقيــة وغيرهــا مــن الاعتبــارات (Na et al., 2023). كمــا يمكــن مــن خــلال أنظمــة معالجــة اللغــة الطبيعيــة وروبوتــات الدردشــة التفاعليــة ســد الفجــوة اللغويــة بــين العــاملين فــي مشــاريع البنــاء وتقليــل احتماليــة ســوء الفهــم فيمــا بيــنهم. أمــا الــتعلم الآلــي وانترنــت الأشــياء فيســاهم فــي تعزيــز الكفــاءة وتقليــل الأخطــاء وتحســين إدارة المــوارد ورفــع جــودة عمليــة اتخــاذ القــرار(2023 ,Silitonga & Jin) . فــي المقابــل يمكــن الاســتفادة مــن تقنيــات الــتعلم الآلــي ودمجهــا فــي أنظمــة نمذجــة معلومــات البنــاء لتبســيط مهــان التخطــيط وتعزيــز كفــاءة عمليــة التحليــل كتحليــل الطاقــة والتكــاليف وغيرهــا. مــن جانــب آخــر تعمــل الروبوتــات المدربــة باســتخدام خوارزميــات الــذكاء الاصــطناعي علــى تعزيــز التصــنيع خــارج الموقــع، ممــا يســرع مــن العمــل ويقلــل مــن حــالات التــأخير .,Baduge, et al) (2022. كمــا يمكــن اســتخدام الواقــع المعــزز والواقــع الافتراضــي والماســحات الضــوئية بــالليزر وحتــى الطــائرات بــدون طيــار فــي عمليــة التخطــيط للموقــع واختيــار المواد(Rosłon, 2022) .

بالإضــافة إلــى مــا ســبق، يمكــن اســتخدام تقنيــات الروبوتــات والطــائرات بــدون طيــار والمجهــزة بكــاميرات وأجهــزة استشــعار لمســح مواقــع البنــاء ومراقبــة العمليــات فيهــا، بمــا يقلــل المخــاطر المرتبطــة بالرســومات غيــر الدقيقــة، وأخطــاء الحجــم، والأجــزاء المضــمنة والغيــر منفــذة ســهواً. حيــث تلــتقط هــذه الأجهــزة بيانــات مرئيــة فــي نهايــة كــل يــوم تعتمــد علــى معلمــات التصــميم والتخطــيط، ليــتم تحليلهــا مــن خــلال خوارزميــات الــتعلم الآلــي بمــا يقــيس كميــة العمــل المنجــز وتقيــيم تقدمــه واكتشــاف الأخطــاء فيــه فــي حــال وجودهــا وذلــك مــن خــلال مقارنــة المعلمــات المســتخرجة بمعلمــات نمــوذج بنــاء المخطــط الأصــلي، ليــتم العثــور علــى الفروقــات فيمــا بينهــا والأخطــاء فــي ;Wu, 2023) .

Vickranth et al., 2019)التنفيذ علاوة على ذلك، يمكن استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في عمليات إدارة البناء من خلال أتمتة المهام المرتبطة بهذه العملية بما في ذلك جدولة المشروع، تحليل التأخير، تقسيم العمل، تخطيط ميزانية.

المشروع، تحديث تقدم المشروع والجداول الزمنية، تحديد الانحرافات، إنشاء خرائط المخاطر، وتخصيص Taboada et al., 2023; Park & Yun, 2023; Akinsemoyin et)والبشرية المادية الموارد (al., 2023.

علاوة على ذلك، تساهم خوارزميات الذكاء الاصطناعي مثل آلة دعم المتجهات (SVM) في تحسين إدارة الموارد والتكاليف والتنبؤ بالمدة الزمنية اللازمة لإنجاز المهام، فيما يستخدم تطبيق (BuildAI) لمراقبة تقدم سير العمل (Baduge, et al., 2022). بالإضافة غلى ذلك يمكن استخدام الشبكات العصبية وأنظمة الاستشعار للتعرف على بيانات العمل بشكل تلقائي بما يساعد في عمليات الاشراف & (Pillai2020 ,Matus، فضلًا عن ذلك، تستخدم آلة الرؤية (Vision machine) لتعزيز دقة القياسات حيث تحل محل العين البشرية من خلال التقاط صور وارسالها إلى نظام معالجة متخصص لاستخراج البيانات Schuegraf). (et al., 2023; Zhang, 2021بدقة منه

رابعاً: تحديات استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم وتنفيذ المباني:

يواجه استخدام الذكاء الاصطناعي في عملية تصميم وتنفيذ المباني العديد من التحديات والتي تحد من فرص الاستفادة من امكاناتها في هذا القطاع، تعتمد معظم تقنيات وفروع الذكاء الاصطناعي على البيانات. على سبيل المثال يتطلب التعلم الآلي كمية كبيرة من البيانات لتدريب خوارزمياته، مع محدودية البيانات في مشاريع البناء وعدم توافرها بسهولة، فإن ما يتوفر من بيانات قد لا يدعم آلية عمل هذه التقنيات. لا تتعلق كفاءة استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم وتنفيذ المباني على كمية البيانات فقط بل أيضاً نوعيتها، حيث يصعب الحصول على بيانات عالية الجودة مناسبة، والحاجة لإجراء عمليات معالجة مسبقة للبيانات (2022 ,Baduge, et al., 2022; Bang & Olsson). كما تشكل التكلفة المرتفعة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مشاريع البناء تحدياً خاصة للشركات الصغيرة ذات الموارد المحدودة (Victor, 2023) .

من جهة أخرى، يتطلب استخدام هذه البيانات كفاءة رقمية لدى العاملين في هذا المجال، مما يحد من الرغبة في استخدامه أو الحاجة لوقت وجهد ومال لإجراء عمليات التدريب، ما يرفع من تكاليفه الأولية. بالإضافة إلى ذلك، يواجه دمج هذه التقنيات مقاومة من قبل بعض الاطراف حيث لا تزال بعض المكاتب الهندسية تعمل بأساليب تقليدية وترفض تحديثها(Hai & Tien, 2025) .

بالإضافة إلى ذلك، تواجهه بعض الأنظمة تحديات فيما يتعلق بالتشغيل البيني لتقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث لا يمكن تحقيق التكامل بين هذه التقنيات بصورة سليمة ما يؤثر سلباً على سير العمل وتكامله وجود نظام متماسك ومحكم(Li et al., 2024) .

علاوة على ذلك، يفتقر تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي الحالية إلى مراعاة الاعتبارات الأخلاقية التي تضمن سلامة العاملين وخصوصية البيانات والتحيزات الخوارزمية ، فضلا عن مخاوف البعض بما يتعلق بقضايا استبدال الأيدي العاملة (Silitonga & Jin, 2023).

وتؤكد دراسة (Khan et al., 2024) على ما سبق من تحديات وتضيف بعض التحديات الأخرى وتشمل؛ زيادة أعباء العمل، اشكاليات امكانية الوصول، قضايا حقوق الملكية الفكرية وملكية البيانات، فقدان البيانات،

مخاوف السرقة والهجمات السيبرانية، ضعف البنية الرقمية لبعض الشركات، انخفاض اهتمام العملاء بالحلول التي تقدمها أنظمة الذكاء الاصطناعي، فضلًا عن غموض المكاسب المالية وحتمية استرجاع عوائد الاستثمار.

الخاتمة

قدمت الدراسة مراجعة للأدبيات ذات الصلة باستخدام الذكاء الاصطناعي في عملية تصميم وتنفيذ المباني. حددت الدراسة مجموعة من الامكانات والفرص التي تولدها تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال التصميم. أهمها توفير الوقت والجهد المرتبط بإخراج المخططات وتوفير كم كبير من البدائل التصميمية القائمة على البيانات. تعزيز قدرة المعمار في حل المشاكل التصميمية وتعزيز قدرته على الابداع والابتكار. علاوة على ذلك، يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين الاداء البيئي للمباني وتعزيز استدامتها البيئية. من جهة أخرى، يمكن الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في عملية التصميم التصميمية وعمليات التصميم الداخلي. فيما يتعلق بعملية التنفيذ يحسن الذكاء الاصطناعي من كفاءة عملية التنفيذ ، تقلل من الاخطاء المحتملة تعزز السلامة العامة، تحسن دقة القرارات واتخاذها في الوقت المناسب، فضلًا عن دعم إدارة المشاريع وتحسين سير العمل. على الرغم من أهمية هذه التقنيات والامكانات التي توفرها في مجال تصميم وتنفيذ المباني، إلا أنها ترتبط بمجموعة من التحديات أهمها الحاجة لكمية كبيرة من البيانات ذات النوعية الجيدة لدعم عملية تعلم الخوارزميات، التكاليف الأولية المرتفعة محدودية الكفاءات الرقمية لدى العاملين في القطاع، ضعف البنية التحتية الرقمية، فضلًا عن الحاجة لأطر قانونية وأخلاقية تضمن خصوصية البيانات وحماية أمنها.

قائمة المراجع

المراجع العربية

1-إدريس، محمد عبده محمود. (2122). إدارة مخاطر الذكاء الاصطناعي في العمارة والعمران. مجلة البحوث الهندسية، 812-881.،7(2)

2-الجبر، مجاهد ناصر. (2122). الذكاء الاصطناعي . الجامعة التخصصية الحديثة : صنعاء، اليمن

3-حمدى، يمنى. (2122). تطبيق الذكاء الاصطناعي في تطوير إدارة عمليات التصميم الداخلي. مجلة علوم التصميم والفنون التطبيقية، 2(2)، 229-222.

4-خليل، وائل صلاح الدين بهلول. (2182). تأثير الثورة الرقمية على مجال الوظيفية والتشكيل المعماري. مجلة البحوث الحضرية، جامعة القاهرة، 82 ، 8-82.

5-مخلص، عمر بن عبدالعزيز ، العبد ، مريم هاني عبدالمحسن ، و حجاج، ايمان أشرف عويس. (2122). استخدام الذكاء الاصطناعي في تطوير عملية تصميم المنتجات من خلال النمذجة الرقمية والمحاكاة. المؤتمر الدولي الرابع

6-عشر : "التراث الحضاري بين التنظير والممارسة". 9 (88)، الصفحات 282-221. مرسى علم، مصر : مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية.

المر ارجع الأجنبية

Adunadepo, A.-M. D., & Sunday, A. O. (2016). Artificial Intelligence for Sustainable Development of Intelligent Buildings. *9th cidb Postgraduate Conference :"Emerging trends in construction organizational practices and project management knowledge area*, (pp. 1-11). Cape Town, South Africa. .

Akinsemoyin, A., Awolusi, I., Chakraborty, D., Al-Bayati, A. J., & Akanmu, A. (2023).

Unmanned Aerial Systems and Deep Learning for Safety and Health Activity Monitoring on Construction Sites. *Sensors , 23*(15), 1-23.

Almaz, A. F., El-Agouz, E. A.-a., Abdelfatah, M. T., & Mohamed, I. R. (2024). The Future Role of Artificial Intelligence (AI) Design's Integration into Architectural and Interior Design Education is to Improve Efficiency, Sustainability, and Creativity. *Civil Engineering and Architecture, 12* (3), 1749-1772.

Amer, N. A. (2023). Architectural Design in The Light of AI Concepts and Applications.
ENGINEERING JOURNAL, 2(2), 1-18.

Anber, M. F. (2025). The Impact of AI-Powered Platforms and Tools on Architectural Education. *Journal of Architecture, Arts and humanistic science, 10*(52), 54-67.

Awuzie, B., Ngowi, A., & Aghimien, D. (2024). Towards built environment Decarbonisation: A review of the role of Artificial intelligence in improving energy and Materials' circularity performance. *Energy and Buildings, 319*, 1-11.

Babu, P. P., & Vasumathi, A. (2023). Role of Artificial Intelligence in Project Efficiency Mediating with Perceived Organizational Support in the Indian IT Sector. *Indian Journal of Information Sources and Services, 13*(2), 39-45.

Baduge, S. K., Thilakarathna, S., Perera, J. S., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., . . . Mendis, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction, 141*, 1-26.

Bang, S., & Olsson, N. (2022). Artificial Intelligence in Construction Projects: A Systematic Scoping Review. *Journal of Engineering, Project, and Production Management, 12*(3
), 224-238.

Bölek, B., Tutal, O., & Özbaşaran, H. (2023). A systematic review on artificial intelligence applications in architecture. *Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning, 4* (1), 91-104.

Borglund, C. (2022). *Artificial Intelligence in Architecture and its Impact on Design Creativity A Study on how Artificial Intelligence Affect Creativity in the Design Process.* Stockholm, Sweden : science and art (Vetenskap och konst) .

Caetano, I., Santos, L., & Leitão, A. M. (2020). Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. *Frontiers of Architectural Research, 9*(2), 287-300.

Chen, Z., O'Neill, Z., Wen, J., Pradhan, O., Yang, T., Lu, X., . . . Terry. (2023). A review of data-driven fault detection and diagnostics for building HVAC systems. *Applied Energy, 339*, 1-31.

Cortiços, N. D., Zheng, X., & Duarte, C. C. (2025). The Impact of Artificial Intelligence on Architecture: A Comprehensive Analysis of AI Software Tools and Their Global Adoption. In T. K. Hwee, *Proceedings of 10th International Conference on Building Materials and Construction . ICBMC 2025. Lecture Notes in Civil Engineering.vol 664* (pp. 152-169). Singapore: Springer.

Elwy, b., & Hagishima, A. (2024). The artificial intelligence reformation of sustainable building design approach: A systematic review on building design optimization methods using surrogate models. *Energy & Buildings, 323*, 1-21.

Emad, S., Aboulnaga, M., Wanas, A., & Abouaiana, A. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Developing the Tall Buildings of Tomorrow. *Buildings*(15), 1-54.

Haenlein, M., Kaplan, A., Tan, C.-W., & Zhang, P. (2019). Artificial intelligence (AI) and management analytics. Journal of Management Analytics, 6(4), 341–343.

Hai, D. M., & Tien, N. H. (2025). Application of Artificial Intelligence in Construction Project Management. International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies, 5(1), 74–76.

Hassani, H., Silva, E. S., Unger, S., TajMazinani, M., & Feely, S. M. (2020). Artificial Intelligence (AI) or Intelligence Augmentation (IA): What Is the Future? AI, 1(2), 143– 155.

Hassen, M. M. (2024). Orientation towards Using Approved Devices as a Part of Artificial Intelligence Technology in Architecture and Construction Field. International Design Journal, 14(2), 21–30.

Khan, A. A., Bello, A. O., Arqam, M., & Ullah, F. (2024). Integrating Building Information Modelling and Artificial Intelligence in Construction Projects: A Review of Challenges and Mitigation Strategies. Technologies, 12, 1–19.