

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء في ليبيا: دراسة ميدانية
<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-jl01>

Received	2026/09/12	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/10/02	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/10/03	تم نشر الورقة العلمية في

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء في ليبيا: دراسة ميدانية

جميلة الهادي الحنيش¹، هدى علي الهادي²، أحلام محمد خليل³

¹ أستاذ مشارك، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الزاوية، ليبيا

البريد الإلكتروني: j.hnaish@zu.edu.ly

² محاضر مساعد، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الزنتان، ليبيا

البريد الإلكتروني: Hodaali@uoz.edu.ly

³ مهندسة، وزارة الثروة البحرية، قسم المشروعات، طرابلس، ليبيا

البريد الإلكتروني: alhwareahlam956@gmail.com

¹ORCID ID: 0009-0009-1781-9462

الملخص:

تتناول هذه الدراسة دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء والهندسة الإنشائية وهندسة المياه والموارد المائية في ليبيا، مع التركيز على إمكانياتها في دعم التخطيط وصنع القرار وضبط خطط المشروع وتخصيص الموارد والمتابعة في الوقت الفعلي واستكشاف المخاطر بصورة استباقية. كما تُبرز الدراسة كيفية الاستفادة من هذه التقنيات في إدارة مشاريع البنية التحتية المائية، مثل نمذجة شبكات إمداد المياه، والتنبؤ بالأعطال والتسريبات، وتحسين كفاءة معالجة وتوزيع المياه، ومراقبة الجودة في الوقت الفعلي. اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واستندت في جانبها الميداني إلى استبانة بلغت الاستجابات القابلة للتحليل فيها 72 استجابة. صُممت الأداة في أربعة محاور وفق إطار SWOT: نقاط القوة، ونقاط الضعف، والفرص، والتهديدات. أظهرت البيانات أن نقاط القوة حظيت بدرجة أهمية مرتفعة، وكان ضبط خطط المشروع وتحسين التواصل من أبرز الجوانب الإيجابية، بينما اعتُبرت بعض نقاط الضعف، ولا سيما التكلفة

والقضايا القانونية، ذات أهمية متوسطة. كما حظيت فرص الذكاء الاصطناعي بأهمية مرتفعة، وخاصة المراقبة في الوقت الفعلي واستكشاف المخاطر استباقياً. وفي المقابل ظهرت تهديدات مرتبطة بالاعتماد المفرط على التكنولوجيا وأمن المعلومات وخصوصية البيانات والتحيز ومقاومة التغيير. وتشير النتائج إلى أن القيمة العملية للذكاء الاصطناعي لا تتحقق بمجرد إدخال التقنية، بل تتطلب بيانات مناسبة وتأهيلاً مهنيًا وحوكمة واضحة وإبقاء القرار الهندسي والبشري في مركز العملية.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ إدارة مشاريع التشييد؛ إدارة التنفيذ؛ نمذجة معلومات البناء؛ إدارة المخاطر؛ ليبيا.

Applications of Artificial Intelligence in Managing the Execution of Construction Projects in Libya: A Field Study

¹Gamila Al-Hadi Elhinash², Hoda Ali Elhadi³Ahlam Mohamed

1-Department of Civil Engineering – Faculty of Engineering –
University of Zawia - Libya

2- Department of Civil Engineering -Faculty of Engineering –
University of Zintan- libya

3- Projects -Ministry of Marine Resources –Libya

¹ORCID ID: 0009-0009-1781-9462

Abstract:

This study examines the role of artificial intelligence (AI) applications in the management of construction projects, structural engineering projects, and water and water resources engineering projects in Libya, with a focus on their potential to support planning and decision-making, control project plans, allocate resources, conduct real-time monitoring, and proactively identify risks. The study also highlights how these technologies can be utilized in managing water infrastructure projects, including water supply network modeling, prediction of failures and leaks, improving the efficiency of water treatment and distribution, and real-time quality monitoring.

The study adopted a descriptive-analytical approach and relied, in its field component, on a questionnaire, with 72 valid responses available for analysis. The instrument was designed around four dimensions based on the SWOT framework: strengths, weaknesses, opportunities, and threats. The findings showed that the strengths dimension received a high level of importance, with project plan control and improved communication identified among the most prominent positive aspects. In contrast, some weaknesses, particularly cost and legal issues, were considered to be of moderate importance. AI-related opportunities also received a high level of importance, particularly real-time monitoring and proactive risk identification.

Conversely, the findings revealed threats associated with excessive reliance on technology, information security, data privacy, bias, and resistance to change. The results indicate that the practical value of AI cannot be achieved merely through the introduction of the technology; rather, it requires appropriate data, professional training, clear governance, and maintaining human and engineering decision-making at the center of the process.

Keywords: Artificial intelligence; Construction project management; Project execution; BIM; Risk management; Libya.

1. المقدمة

يشهد قطاع التشييد تحولاً متسارعاً من الإدارة التقليدية المعتمدة على الخبرة الفردية والمتابعة اليدوية إلى بيئات أكثر اعتماداً على البيانات والتحليل الرقمي. ويأتي الذكاء الاصطناعي في قلب هذا التحول بسبب قدرته على تحليل كميات كبيرة من البيانات، والتعرف على الأنماط، والتنبؤ بالنتائج، ودعم القرار، وأتمتة بعض المهام. ويعرّف الذكاء الاصطناعي في الأدبيات الحديثة بوصفه مجالاً يركز على بناء أنظمة قادرة على أداء مهام تتطلب عادة الإدراك والاستدلال والتعلم واتخاذ القرار (Russell & Norvig, 2021).

بينما في هندسة الإدارة والتنفيذ والإنشاء، لا ينحصر استخدام الذكاء الاصطناعي في روبوتات البناء أو الأتمتة، بل يشمل التعلم الآلي والرؤية الحاسوبية والنظم الخبيرة ومعالجة اللغة الطبيعية والتحسين الرياضي والتحليلات التنبؤية. وقد بينت المراجعات العلمية أن

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية والهندسة والإنشاء تتركز في التحسين والمحاكاة والتنبؤ وإدارة المشاريع ورصد الأنشطة والمخاطر (Darko et al., 2020; Pan & Zhang, 2021). وتكتسب هذه التطبيقات أهمية خاصة في المشاريع الإنشائية بسبب تعدد الأطراف وتداخل الأنشطة وحساسية التكلفة والمدة والجودة وكثرة مصادر المخاطر. وتوضح مراجعة حديثة أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة التكلفة تشمل تقدير التكلفة والتنبؤ بها وضبطها وتحسينها، وفي إدارة الزمن تشمل التخطيط والجدولة والتنبؤ بمخاطر التأخير، وفي السلامة تشمل المراقبة واكتشاف معدات الوقاية وتحديد المخاطر (Gao et al., 2026). أما في السياق الليبي، فتزداد الحاجة إلى أدوات تساعد على تحسين كفاءة الإدارة والتنفيذ مع تفاوت القدرات الرقمية وتعدد الأطراف. ويظهر الملف الأصلي أن المشكلة البحثية ترتبط بفجوة في معرفة التأثير المباشر للذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع، مع مخاوف مرتبطة بالخصوصية والتحيز وسوء الاستخدام.

2. المشكلة البحثية:

تتمثل المشكلة البحثية في عدم وضوح كيفية إدراك العاملين في المشاريع الإنشائية الليبية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مراحل التخطيط والتنفيذ والمتابعة، وما يرتبط بها من نقاط قوة وضعف وفرص وتهديدات. كما تبرز تحديات عملية تتعلق بالتكلفة وجودة البيانات والتكامل مع الأنظمة القائمة والخصوصية وأمن المعلومات والمهارات البشرية. ومن ثم تركز الدراسة على وصف هذه التصورات وتحليلها ضمن إطار SWOT، دون افتراض قياس أثر سببي أو إثبات علاقة ارتباط إحصائية بين متغيرات مستقلة وتابعة.

3. أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف وهي:

1. التعرف على الميزات الناتجة عن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.
2. كشف العيوب المرتبطة بالاعتماد على الذكاء الاصطناعي في هذا المجال.

3. دراسة الفرص التي يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تقدمها من أجل تحسين إدارة المشاريع.

4. فحص التهديدات والمخاطر المحتملة التي قد تنجم عن استخدام هذه التقنيات.

4. أهمية البحث:

تتمثل أهمية هذا البحث في تقديم وصف ميداني لتصورات عينة من العاملين في بيئة المشاريع الإنشائية للبيئة تجاه تطبيقات الذكاء الاصطناعي، باستخدام إطار SWOT لتنظيم عناصر القوة والضعف والفرص والتهديدات. كما يساهم البحث في عرض مؤشرات يمكن أن يستفيد منها الباحثون والممارسون عند دراسة جاهزية بيئة العمل لتبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مع التمييز بين النتائج المستمدة مباشرة من الاستبانة والمقترحات التي تحتاج إلى دراسات مستقبلية للتحقق منها.

5. تساؤلات الدراسة:

تسعى الدراسة إلى الإجابة عن التساؤلات الآتية: -

1. ما أبرز نقاط القوة المرتبطة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

الإنشائية وفق تصورات أفراد العينة؟

2. ما أبرز نقاط الضعف المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة

المشاريع؟

3. ما أبرز الفرص التي يمكن أن يوفرها تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي في

إدارة المشاريع؟

4. ما أبرز التهديدات والمخاطر المحتملة المرتبطة باستخدام هذه التطبيقات؟

6. حدود الدراسة:

- الحدود المكانية: شملت الدراسة عينة من العاملين في عدد من الشركات والمشاريع الإنشائية في ليبيا ممن استجابوا للاستبانة، ولا يُقصد بها تمثيل جميع الشركات والمكاتب الهندسية والاستشارية ومقاولات البناء في المدن الليبية.
- الحدود الزمنية: تتناول فترة الدراسة في عام 2025.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء في ليبيا: دراسة ميدانية
<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-jl01>

- الحدود البشرية تشمل عينة من المهندسين والفنيين والمقاولين في الشركات والمشاريع الإنشائية.

7. منهجية الدراسة:

استندت الدراسة إلى المنهج الوصفي التحليلي، بهدف وصف تصورات أفراد العينة وتحليلها بطريقة منهجية. وتم جمع البيانات الميدانية باستخدام استبانة، بينما استخدمت المراجع والدراسات السابقة لبناء الإطار النظري وتفسير النتائج. ولم تعتمد الدراسة في تحليل نتائجها على بيانات نوعية من الزيارات الميدانية أو المقابلات الشخصية؛ لذلك لم تُدرج هذه الأنشطة بوصفها أدوات تحليلية مستقلة في النتائج. اعتمد التحليل الميداني على التكرارات والنسب المئوية والمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية، وفق مقياس ليكرت الثلاثي، مع عرض محاور SWOT الأربعة بصورة وصفية والجدول رقم (1) يوضح ذلك.

جدول (1) تفاصيل توزيع الاستبيان على أفراد العينة

ت	تساؤل الدراسة	محور SWOT	مؤشرات التحليل في الاستبانة
1	ما أبرز نقاط القوة المرتبطة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي؟	القوة (Strengths)	دعم القرار، أتمتة المهام، تحديد المخاطر، تخصيص الموارد، التواصل، ضبط الخطط، التغذية الراجعة
2	ما أبرز نقاط الضعف المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي؟	الضعف (Weaknesses)	التفكير النقدي، الفهم البشري، الأخطاء والتنبؤات غير الدقيقة، التكلفة، التكامل، القضايا القانونية
3	ما أبرز الفرص التي يوفرها التبنّي؟	الفرص (Opportunities)	تبسيط سير العمل، المراقبة الفورية، استكشاف المخاطر، تحليل البيانات، كفاءة الموارد، التنسيق، التعلم المستمر
4	ما أبرز التهديدات والمخاطر المحتملة؟	التهديدات (Threats)	إزاحة الأدوار، الأمن والخصوصية، التحيز، الاعتماد المفرط، الشفافية، مقاومة التغيير، الأخلاقيات والعدالة

8. الدراسات السابقة

تناولت الدراسة العديد من الدراسات العربية حيث تناول الطحطوح تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع باستخدام SWOT، واعتمد استبانة على عينة من 157 موظفاً، مع 139 استبانة قابلة للتحليل، وأفاد بوجود علاقة ارتباط ذات دلالة إحصائية بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع. كما تناولت دراسة عادل ومحمود استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع البناء، وركزت على الوعي والمهارات لدى مديري المشاريع، وانتهت إلى وجود نقص في الاستخدام والوعي مع التأكيد على أهمية التقنية في تسريع الإنجاز وتحسين التخطيط والاستعداد للتأخيرات. أما دراسة الغامدي وآل ضرمان فركزت على إدارة المعرفة القائمة على الذكاء الاصطناعي في المشاريع الإنشائية، وأظهرت ارتباطاً إحصائياً بين إدارة المعرفة بالذكاء الاصطناعي وتحسين الأداء، مع أثر إيجابي على نجاح الاستثمارات والفعالية المؤسسية. وتناولت دراسة السمانوني وآخرين تطبيقات إدارة المشاريع في مرحلة ما قبل التشييد، وركزت على التخطيط والتنفيذ والرقابة ومشاكل التعثر والتأخير. ودولياً، خلص Darko et al. (2020) إلى انتشار الخوارزميات الجينية والشبكات العصبية والمنطق الضبابي والتعلم الآلي في بيئة AEC، مع تركيز على التحسين والمحاكاة وعدم اليقين وإدارة المشاريع. كما أوضح Pan and Zhang (2021) أدوار الذكاء الاصطناعي في النمذجة واكتشاف الأنماط والتنبؤ والتحسين.

9. الذكاء الاصطناعي في هندسة الإدارة والتنفيذ والإنشاء

يمكن النظر إلى الذكاء الاصطناعي في بيئة المشاريع باعتباره طبقة تحليلية فوق البيانات والأنظمة الرقمية القائمة. فهو لا يلغي نظم إدارة المشاريع أو البرمجيات الهندسية، بل يضيف إليها قدرة على التعلم من البيانات والتنبؤ والاقتراح والمراقبة. وتوضح المراجعات أن الذكاء الاصطناعي في إدارة التشييد يتجه نحو دعم القرار والتحسين والتنبؤ بالأداء (Pan & Zhang, 2021; Adebayo et al., 2025).

في الإدارة، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل بيانات المشروع التاريخية والحالية لمساعدة المدير في تحديد الأولويات وتوقع التأخير واكتشاف الانحرافات وتقديم تنبيهات مبكرة. ويمكن أيضاً استخدام معالجة اللغة الطبيعية لتحليل تقارير الموقع ومحاضر الاجتماعات

والمراسلات. وفي التخطيط والجدولة، يمكن للخوارزميات تحسين ترتيب الأنشطة واختبار السيناريوهات والتنبؤ باحتمالات التأخير ومقارنة خطط بديلة. وتظهر المراجعات الحديثة أن التخطيط والجدولة من أكثر مجالات تطبيق الذكاء الاصطناعي نضجاً في إدارة زمن مشاريع البناء (Gao et al., 2026). وفي إدارة التكلفة والموارد، يمكن استخدام نماذج التعلم الآلي لتقدير التكلفة والتنبؤ بالانحرافات وتحليل إنتاجية الموارد. كما يمكن دمج بيانات العمالة والمعدات والمواد مع الجدول الزمني لتحديد الاختناقات.

10. استخدامات الذكاء الاصطناعي في إدارة التنفيذ وهندسة البناء

مرحلة التنفيذ هي البيئة الأكثر كثافة في البيانات والقرارات اليومية؛ إذ تتفاعل فيها العمالة والمعدات والمواد والمخططات والظروف الميدانية والاشتراطات الزمنية. وتشمل الأعمال تجهيز الموقع وتنفيذ الأعمال الإنشائية ومراقبة الجودة ومتابعة الجدول الزمني وإدارة الموارد وضبط التكلفة. تتيح الكاميرات والحساسات والطائرات المسيرة، عند دمجها مع الرؤية الحاسوبية وتحليل البيانات، مراقبة تقدم العمل ومقارنته بالخطة. ويمكن للنظام اكتشاف اختلافات في نسب الإنجاز أو وجود مخاطر وإصدار تنبيه.

يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر من خلال تحليل سجلات الحوادث والتأخيرات والمخاطر السابقة لتقدير احتمالات المخاطر الجديدة وترتيبها وفق الاحتمال والأثر. وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن تحديد المخاطر وتقييمها والاستجابة لها ومراقبتها أصبحت وظائف أساسية للذكاء الاصطناعي في البناء. وفي السلامة، يمكن للرؤية الحاسوبية اكتشاف بعض المخالفات مثل عدم ارتداء معدات الوقاية أو دخول مناطق محظورة، بينما تساعد التحليلات التنبؤية في التعرف على الأنماط المرتبطة بالحوادث. ويظل الذكاء الاصطناعي أداة دعم وليس بديلاً عن مسؤولية مهندس السلامة. كم أن ربط BIM بـ AI يوفر بيئة منظمة للبيانات الهندسية و يتيح التحليل والتنبؤ والتحسين. وتشير الدراسات الحديثة إلى إمكان دمج BIM والذكاء الاصطناعي لدعم الجدولة وتقييم المخاطر والاستدامة.

11. الفجوة البحثية.

يتضح أن جزءاً كبيراً من المعرفة المتاحة يركز على إمكانات الذكاء الاصطناعي أو على تطبيق محدد مثل إدارة المعرفة أو الجدولة أو السلامة. وتظل الحاجة قائمة إلى فهم كيفية

إدراك العاملين في المشاريع الإنشائية الليبية لهذه التطبيقات، وما إذا كانوا ينظرون إليها كمصدر قوة وفرص أم كمصدر لمخاطر وتكاليف وقيود. وتتمثل مساهمة الدراسة في نقل النقاش إلى بيئة ميدانية ليبية واستخدام SWOT لتنظيم تصورات المشاركين. يتيح الإطار مقارنة الجوانب الإيجابية الداخلية والجوانب السلبية الداخلية والفرص الخارجية والتهديدات الخارجية. ويعتمد الإطار التحليلي للدراسة على أربعة محاور: SWOT القوة والضعف والفرص والتهديدات، وتمثل عبارات كل محور مؤشرات تصف جانباً محدداً من تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع. وعليه، لا تتعامل الدراسة الحالية مع هذه المحاور بوصفها متغيرات مستقلة وتابعة يجري اختبار العلاقة بينها، بل بوصفها أبعاداً وصفية لتنظيم استجابات أفراد العينة.

12. الدراسة الميدانية: مجتمع وعينة الدراسة وأداة جمع البيانات

استهدفت الدراسة العاملين في بيئة المشاريع الإنشائية من المالكين والمقاولين والاستشاريين. وتوضح الاستبانة أن البيانات الديموغرافية شملت نوع الجهة ونوع الأعمال والمؤهل العلمي والوظيفة وسنوات الخبرة.

بلغ عدد الاستجابات المستخدمة في تحليل بنود SWOT عدد 70 استجابة صالحة. ويوضح الجدول رقم (2) توزيع الاستبانة؛ فقد وُزعت 100 استبانة، واستُردت 80، منها 10 غير صالحة، لتصبح 70 استبانة صالحة للتحليل.

جدول (2) تفاصيل توزيع الاستبيان على أفراد العينة

عينة الدراسة الجهة	الاستمارات الموزعة	الاستمارات المستردة	الاستمارات غير الصالحة	الاستمارات الصالحة	
				العدد	النسبة
مدراء ومهندسي المشاريع في عدد من الشركات في ليبيا	100	80	10	70	70%

وقد بذلك بلغت نسبة الاسترداد 80% من الاستبانة الموزعة، بينما بلغت نسبة الاستبانة الصالحة للتحليل 70% من إجمالي الاستبانة الموزعة. وترجع الاستبانة

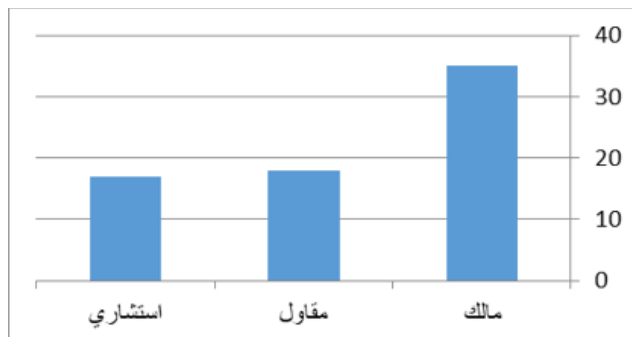
غير المستردة إلى عدم استكمال بعض المشاركين للإجابة أو تعذر استردادها، في حين استُبعدت الاستبانات غير الصالحة لعدم اكتمال الإجابة عن جميع العبارات. وتم استخدام مقياس ليكارت الثلاثي: أهمية عالية، أهمية معتدلة، وأهمية منخفضة، وتكونت الأداة من محورين رئيسيين: الأول للبيانات الخاصة بأفراد العينة، والثاني لتحليل الإجابات نحو متغيرات الدراسة. أما المحور الثاني فاشتمل على أربعة أبعاد SWOT، يتكون كل منها من سبع عبارات، بإجمالي 28 عبارة. واعتمدت الدراسة على صدق الاتساق الداخلي باستخدام معامل ارتباط بيرسون. وتشير البيانات إلى أن معاملات الارتباط لجميع الفقرات كانت دالة إحصائياً وفق المستوى المذكور في الدراسة.

تم قياس الثبات باستخدام معامل ألفا كرونباخ. وبلغت القيمة الكلية لجميع البنود 0.694، بينما تراوحت قيم الأبعاد بين 0.390 و 0.643. وتشير هذه القيم إلى أن الأداة الكلية تتمتع بثبات مقبول بصورة استكشافية، في حين أن بعض الأبعاد الفرعية ذات القيم المنخفضة تحتاج إلى إعادة اختبار وتحسين بنودها في عينات أكبر قبل استخدامها كأداة معيارية. ولا تُستخدم هذه القيم لإثبات وجود علاقة بين تطبيق الذكاء الاصطناعي وتحسين إدارة المشاريع، لأن الدراسة الحالية ذات طبيعة وصفية.

1.12 خصائص مجتمع الدراسة

أولاً: التوزيع حسب الشركة (الجهة)

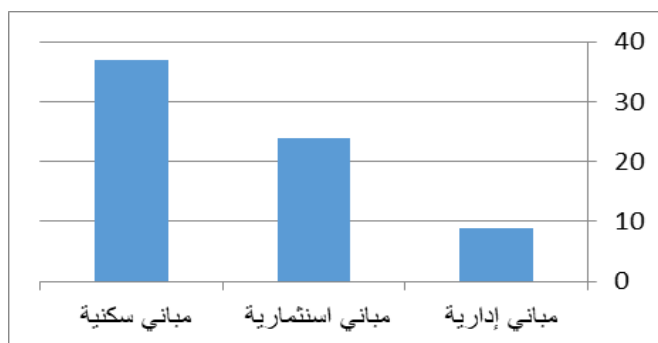
يتبين من الشكل (1) أن المالكون يشكلون النسبة الأكبر من مجتمع الدراسة، حيث بلغ عددهم (35) فرداً بنسبة 50%. يليهم المقاولون بعدد 18 فرداً بنسبة 25%، أما الاستشاريون فكانوا الأقل بنسبة 24.3%، وعددهم 17 فرداً.



الشكل رقم (1) المالكون مجتمع الدراسة

ثانياً: حسب نوع العمل

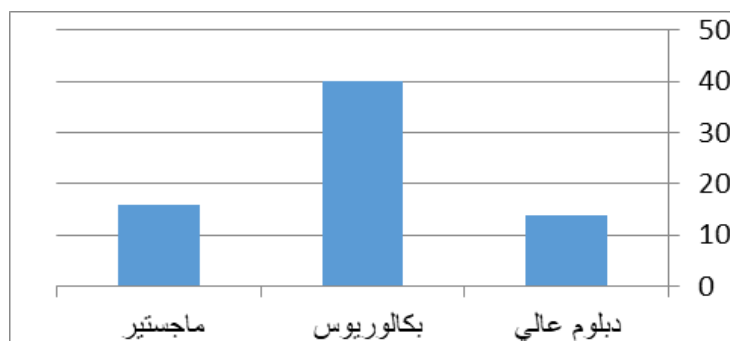
يتبين من الشكل رقم (2) ان مشاريع الدراسة تتركز بشكل أساسي في المباني السكنية، والتي تمثل 52.9% من الإجمالي بعدد 37 مشروعاً، تليها المباني الاستثمارية بنسبة 34.3%، وبعدد 24 مشروعاً. أما المباني الإدارية فتتمثل النسبة الأقل وهي 12.9% بعدد 9 مشاريع.



الشكل رقم (2) مشاريع الدراسة في المباني السكنية

ثالثاً: حسب المؤهل العلمي

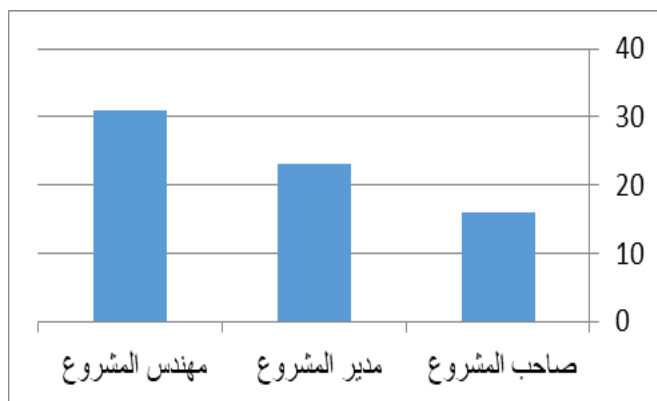
يتبين من الشكل (3) ان الغالبية العظمى من أفراد مجتمع الدراسة يحملون مؤهل البكالوريوس، حيث يمثلون 57.1% بعدد 40 فرداً، والحاملين مؤهل الماجستير يمثلون 22.9% بعدد 16 فرداً، أما حاملو شهادة الدبلوم العالي فهم يمثلون النسبة الأقل وهي 20% بعدد 14 فرداً.



الشكل رقم (3) المؤهل العلمي في مجتمع الدراسة

رابعاً: حسب الوظيفة

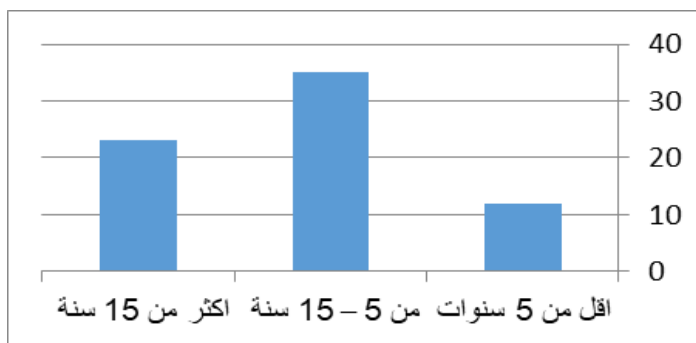
يتضح من الشكل رقم (4) ان فئة مهندس المشروع تنصدر مجتمع الدراسة بنسبة 44.3%، وعددهم 31 فرداً، ثم تأتي فئة مدير المشروع في المرتبة الثانية بنسبة 32.9%، وعددهم 23 فرداً، أما صاحب المشروع فيمثل النسبة الأقل وهي 22.9%، بعدد 16 فرداً



الشكل رقم (4) الوظيفة في مجتمع الدراسة

خامساً: حسب الخبرة

يتبين من الشكل رقم (5) أن نصف أفراد مجتمع الدراسة تقريباً يتمتع بخبرة تتراوح بين (5 - 15 سنة)، حيث بلغت نسبتهم 50%، وعددهم 35 فرداً، يلي ذلك فئة أكثر من 15 سنة من الخبرة، بنسبة 32.9%، وعددهم 23 فرداً، والنسبة الأقل هي لفئة أقل من 5 سنوات من الخبرة، حيث بلغت 17.1%، وعددهم 12 فرداً.



الشكل رقم (5) الخبرة في مجتمع الدراسة

توضح البيانات خصائص أفراد العينة من حيث الجهة ونوع العمل والمؤهل والوظيفة والخبرة، ولا ينبغي تفسير هذه الخصائص بوصفها دليلاً مستقلاً على تمثيل جميع العاملين في قطاع التشييد الليبي. وتشمل أبرز خصائص العينة ما يلي:

- توزيع أفراد العينة على الأطراف الرئيسية: مالكون، مقاولون، واستشاريون، مع ارتفاع نسبة المالكين.
- تركيز مشاريع أفراد العينة بصورة أكبر في مشاريع المباني السكنية.
- ارتفاع المستوى التعليمي في العينة، حيث أن الغالبية من حملة البكالوريوس فما فوق.
- وجود خبرة عملية لدى غالبية المشاركين؛ إذ بلغت نسبة من لديهم أكثر من 5 سنوات خبرة (82.9%).

2.12 عرض تساؤلات الدراسة وتحليل وتفسير النتائج

- **البند الأول: عناصر القوة في تطبيق الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع**
يتكون محور القوة من سبع عبارات تتعلق بدعم القرار، وأتمتة المهام، وتحديد المخاطر، وتخصيص الموارد، والتواصل، وضبط الخطط، والتغذية الراجعة. وتشير الاستجابات إلى أن متوسطات البنود تراوحت بين 2.410 و 2.560 على مقياس من ثلاث درجات. ووفق التصنيف المستخدم في الدراسة، ظهر ضبط خطط المشروع وتحسين التواصل ضمن البنود ذات الأهمية المرتفعة، بينما جاءت بعض البنود الأخرى ضمن الأهمية المعتدلة. وتشير هذه النتائج الوصفية إلى أن أفراد العينة يقدرون بعض الاستخدامات الإدارية للذكاء الاصطناعي بدرجة مرتفعة، ولا تسمح هذه النتائج وحدها باستنتاج وجود أثر سببي أو علاقة ارتباط إحصائية بين استخدام الذكاء الاصطناعي وتحسين إدارة المشروع، والجدول رقم (3) يوضح عناصر القوة في تطبيق الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء في ليبيا: دراسة ميدانية
<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-jl01>

جدول رقم (3) يوضح عناصر القوة في تطبيق الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع

الترتيب	درجة التحق	الأهمية النسبية	المتوسط الحسابي	الشواهد المعرفي	على الأهمية		معدل الأهمية		مجموع الأهمية		الدرجة	البيان
					(3)	(2)	(1)	(1)	(2)	(3)		
					%	ك	%	ك	%	ك		
1	عالي	0.843%	2.557	0.580	60.0%	42	35.7%	25	4.3%	3	70	يساعد الذكاء الاصطناعي على تحسين صنع القرار في إدارة المشروع
2	متدني	0.806%	2.443	0.605	50.0%	35	44.3%	31	5.7%	4	70	يساهم الذكاء الاصطناعي على اتعنه المهام المتكررة في إدارة المشروع
3	متدني	0.806%	2.443	0.605	50.0%	35	44.3%	31	5.7%	4	70	يعمل الذكاء الاصطناعي على تحديد المخاطر في إدارة المشروع
4	عالي	0.834%	2.526	0.557	55.7	39	41.4	29	2.9	2	70	يساعد الذكاء الاصطناعي على تحسين تخصيص الموارد في إدارة المشروع
5	عالي	0.843%	2.557	0.694	67.1%	47	21.4%	15	11.4%	8	70	يعمل الذكاء الاصطناعي على تحسين التواصل بين فرق عمل المشروع
6	عالي	0.844%	2.56	0.555	58.6	41	38.6%	27	2.9%	2	70	يساهم الذكاء الاصطناعي في ضبط خطط المشروع
7	متدني	0.795%	2.41	0.625	48.6%	34	44.3%	31	7.1%	5	70	يساهم الذكاء الاصطناعي على تطبيق التقنية الراجعة على أداء المشروع
المتوسط الحسابي الإجمالي				2.500	0.603							

• البند الثاني: نقاط الضعف المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

يركز محور الضعف على نقص التفكير النقدي، ومحدودية الفهم البشري لدى الأنظمة، وإمكان حدوث أخطاء وتنبؤات غير دقيقة، والتكلفة، وجهود التكامل، والقضايا القانونية. وتوضح الاستجابات أن معظم عبارات هذا المحور صُنفت ضمن الأهمية المنخفضة وفق المقياس المستخدم، باستثناء التكلفة والقضايا القانونية اللتين ظهرتتا بأهمية معتدلة. وهذه النتيجة تعكس تصورات أفراد العينة ولا تعني غياب المخاطر التقنية في الواقع العملي. توضح الأدبيات الحديثة أن جودة البيانات والتكامل والتكلفة ومقاومة التغيير والخصوصية تمثل تحديات متكررة أمام تبني الذكاء الاصطناعي في البناء (Adebayo et al.,

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء في ليبيا: دراسة ميدانية
<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-jl01>

(2025; Gao et al., 2026) ومن ثم ينبغي تفسير نتائج الاستبانة في ضوء حدود العينة وطبيعة القياس الوصفي. وتقتضي الإدارة الرشيدة وجود آلية للتحقق البشري من مخرجات الذكاء الاصطناعي، خصوصاً في القرارات المرتبطة بالسلامة والتكلفة والعقود. والجدول رقم (4) يوضح نقاط الضعف المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع وفق آراء عينة الدراسة.

جدول رقم (4) يوضح نقاط الضعف المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

رقم العبارة	العبارة	العدد N	على الأهمية (3)		متوسط الأهمية (2)		معدل الأهمية (1)		الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الأهمية النسبية	درجة التحقّق	الترتيب (الرتبة)
			%	z	%	z	%	z					
1	اعتماد الذكاء الاصطناعي قد يؤدي إلى نقص مهارات التفكير النقدي	70	4.3%	3	31.4%	22	64.3%	45	0.57483	2.6000	86.7%	منعدم الأهمية	الرابعة
2	نظم الذكاء الاصطناعي قد تقتصر على فهم البسيط في القرارات البشرية	70	13.4%	10	34.3%	24	51.4%	36	0.72575	2.3714	79.0%	منعدم الأهمية	الثانية
3	الذكاء الاصطناعي قد يشيخ في تفسير تعقيدات تؤدي إلى إعاقة التنفيذ الناجح للمشاريع	70	18.6%	13	35.7%	25	45.7%	32	0.75989	2.2714	75.7%	منعدم الأهمية	المسكبة
4	استخدام الذكاء الاصطناعي قد يؤدي إلى ظهور أخطاء و تنبؤات تتسبب في قرارات غير دقيقة	70	13.4%	10	40%	28	45.7%	32	0.71308	2.3143	77.1%	منعدم الأهمية	الاولى
5	يعتبر تطوير حلول الذكاء الاصطناعي مكلفاً ويستلزم الكثير من الموارد	70	17.1%	12	42.9%	30	40%	28	0.72575	2.2286	74.3%	منعدم الأهمية	الخامسة
6	استخدام الذكاء الاصطناعي قد يتطلب جهوداً كبيرة لإدارة التكامل	70	15.7%	11	42.9%	30	41.4%	29	0.71598	2.2571	75.2%	منعدم الأهمية	الثالثة
7	نظم الذكاء الاصطناعي قد تنير قضايا قانونية	70	11.4%	8	44.3%	13	44.3%	31	0.67505	2.3286	77.6%	منعدم الأهمية	السابعة
المتوسط الحسابي الإجمالي										2.324	0.698	على الأهمية	

• البند الثالث: أبرز الفرص الناتجة عن تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

يتضمن محور الفرص تبسيط سير العمل والمراقبة في الوقت الفعلي واستكشاف المخاطر استباقياً وتحليل البيانات وكفاءة الموارد والتنسيق والتعلم المستمر. وأظهرت الاستجابات

أن جميع عبارات الفرص صُنفت ضمن الأهمية العالية، وبرزت المراقبة في الوقت الفعلي لتقديم المشروع واستكشاف المخاطر بصورة استباقية ضمن المؤشرات البارزة. وتمثل المراقبة في الوقت الفعلي نقطة التقاء بين الذكاء الاصطناعي وإدارة التنفيذ، لأنها تربط البيانات اليومية بالجدول والخطة وتتيح الانتقال من التقرير الدوري إلى التنبيه المستمر. وتتفق هذه القراءة مع الأدبيات التي توضح أن تطبيقات AI في إدارة الزمن تشمل التخطيط والجدولة والتنبؤ بمخاطر التأخير، بينما تشمل إدارة التكلفة التقدير والتنبؤ والتحكم والتحسين (Gao et al., 2026). وتظل هذه الفقرة تفسيرًا مدعومًا بالأدبيات، وليست قياسًا مباشرًا لأداء المشاريع في العينة. والجدول رقم (5) يمثل أبرز الفرص عن تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

جدول رقم (5) يمثل أبرز الفرص عن تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

رقم العبارة	العبارة	العدد N	معدود الأهمية (1)		معدل الأهمية (2)		على الأهمية (3)		الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الأهمية النسبية	درجة التحقق	الترتيب (الرتبة)
			%	z	%	z	%	z					
1	أتمتة الذكاء الاصطناعي في توليد إلى تبسيط سير عمل التعامل مع المهام المتكررة	70	5.7	4	30.0	21	64.3	45	0.602	2.585	0.853	عالي الأهمية	الخامسة
2	يسهل الذكاء الاصطناعي المراقبة في الوقت الفعلي لتقديم المشروع	70	4.3	3	21.4	15	74.3	52	0.548	2.700	0.891	عالي الأهمية	الأولى
3	استخدام الذكاء الاصطناعي يساهم في فرص استكشاف المخاطر بشكل استباقي	70	7.1	5	22.9	16	70.0	49	0.618	2.62	0.865	عالي الأهمية	الثانية
4	استخدام الذكاء الاصطناعي في توليد إلى توليد رؤية قيمة مستندة من تحليل البيانات	70	5.7	4	28.6	20	65.7	46	0.599	2.60	0.858	عالي الأهمية	الثالثة
5	تعزيز الذكاء الاصطناعي في توليد إلى ضمان الاستخدام الفعال للموارد	70	8.6	6	31.4	22	60.0	42	0.654	2.51	0.828	عالي الأهمية	السادسة
6	استخدام الذكاء الاصطناعي في تعزيز التنسيق والمواكبة بشكل أفضل	70	5.7	4	42.9	30	51.4	36	0.606	2.45	0.832	عالي الأهمية	السابعة
7	الذكاء الاصطناعي في تسهيل التحسين المستمر والتعلم التبادلي في المشاريع و طرق العمل	70	5.7	4	28.6	20	65.7	46	0.600	2.60	0.809	عالي الأهمية	الرابعة
المتوسط الحسابي الإجمالي										2.581	0.604	على الأهمية	

• **البند الرابع: التهديدات المحتملة والناجمة من استخدام الذكاء الاصطناعي في**

إدارة المشاريع

يضم محور التهديدات إزاحة الأدوار التقليدية، والانتهاكات الأمنية وخصوصية البيانات، والتحيز في القرار، والاعتماد المفرط على التكنولوجيا، والافتقار إلى الشفافية، ومقاومة التغيير، والمخاوف الأخلاقية والعدالة.

أظهرت الاستجابات أن الاعتماد المفرط على التكنولوجيا حصل على متوسط مرتفع بلغ نحو 2.81، بينما ظهرت مخاطر الأمن والخصوصية والتحيز ومقاومة التغيير ضمن مستويات مرتفعة أو متوسطة وفق بنود المقياس. وتصف هذه القيم تصورات أفراد العينة تجاه التهديدات، ولا تمثل قياساً موضوعياً لحدوث هذه المخاطر في المشاريع الفعلية. ومن منظور التطبيق، يمكن أن تتطلب هذه التهديدات مراجعة بشرية وتدريباً وحوكمة للبيانات. ومن منظور إدارة التغيير، فإن مقاومة فرق المشروع قد تكون نتيجة للخوف من تغير الأدوار أو نقص التدريب؛ لذلك ينبغي أن تصاحب التقنية برامج تدريب ومشاركة مبكرة للمستخدمين. والجدول رقم (6) يمثل التهديدات المحتملة والناجمة من استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء في ليبيا: دراسة ميدانية

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-jl01>

جدول رقم (6) يمثل التهديدات المحتملة والنتيجة من استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

رقم العبارة	العبارة	العدد N	معلوم الأهمية (3)		معدل الأهمية (2)		على الأهمية (1)		الاعتراف المعياري	المتوسط الحسابي	الأهمية النسبية	درجة التحقق	الترتيب (الرتبة)
			%	ك	%	ك	%	ك					
1	التمهيد الذكاء الاصطناعي في توليد إلى إدارة المشاريع التقليدية لإدارة المشاريع	70	12	17.1%	19	27.1%	39	55.7%	0.700	2.27	0.749	عالي الأهمية	السابعة
2	التمهيد الذكاء الاصطناعي في توليد إلى إدارة المشاريع التقليدية لإدارة المشاريع	70	4	5.7%	17	24.3%	49	70%	0.607	2.53	0.835	عالي الأهمية	الثالثة
3	التمهيد الذكاء الاصطناعي في توليد إلى إدارة المشاريع التقليدية لإدارة المشاريع	70	12	17.1%	24	34.3%	34	48.6%	0.594	2.37	0.782	عالي الأهمية	الخامسة
4	التمهيد الذكاء الاصطناعي في توليد إلى إدارة المشاريع التقليدية لإدارة المشاريع	70	1	1.4%	11	15.7%	58	82.9%	0.427	2.81	0.927	عالي الأهمية	الأولى
5	التمهيد الذكاء الاصطناعي في توليد إلى إدارة المشاريع التقليدية لإدارة المشاريع	70	4	5.7%	36	51.4%	30	42.9%	0.753	2.31	0.762	معدل الأهمية	المسقة
6	التمهيد الذكاء الاصطناعي في توليد إلى إدارة المشاريع التقليدية لإدارة المشاريع	70	4	5.7%	25	35.7%	41	58.6%	0.591	2.64	0.871	عالي الأهمية	الثانية
7	التمهيد الذكاء الاصطناعي في توليد إلى إدارة المشاريع التقليدية لإدارة المشاريع	70	10	14.3%	31	44.3%	29	41.4%	0.767	2.39	0.789	معدل الأهمية	الرابعة
المتوسط الحسابي الإجمالي										0.634	2.474	عالي الأهمية	

13. النتائج والتحليل التركيبي لـ SWOT

يوضح التحليل التركيبي الوصفي لاستجابات العينة أن القوة والفرص حصلتا عمومًا على مستويات مرتفعة، بينما ظهرت بعض نقاط الضعف بمستويات أقل، مع بروز التكلفة والقضايا القانونية، وظهرت التهديدات بمستويات مرتفعة في عدد من البنود، وكان الاعتماد المفرط على التكنولوجيا من أبرزها. وتُعد هذه خلاصة وصفية لنتائج الاستبانة ولا تمثل ترتيبًا عامًا لأفضل أو أسوأ خيار للتبني.

وبناءً على النتائج الوصفية، تقترح الدراسة مسارات مستقبلية للتطبيق يمكن اختبارها ميدانيًا، تشمل البدء بتطبيقات محددة قابلة للقياس، وبناء قاعدة بيانات موثوقة، وتدريب المستخدمين، ووضع قواعد واضحة للتحقق من المخرجات. وهذه المسارات مقترحات تطبيقية وليست نتائج تم اختبارها إحصائيًا في الدراسة الحالية.

14. مناقشة النتائج

حدود تفسير النتائج: تقتصر النتائج على 70 استجابة صالحة للتحليل، وتمثل تصورات أفراد العينة في سياق الدراسة، ولا يمكن تعميمها على جميع الشركات والمكاتب الهندسية في ليبيا دون عينات أوسع وتمثيل جغرافي ومؤسسي أكثر شمولاً. كما أن الدراسة لم تستخدم بيانات أداء فعلية قبل وبعد تطبيق الذكاء الاصطناعي. وتشير نتائج الدراسة إلى أن أفراد العينة يقدرون عدداً من تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء، ولا سيما دعم القرار وضبط الخطط والتواصل والمراقبة في الوقت الفعلي واستكشاف المخاطر بصورة استباقية. كما أظهرت الاستجابات وجود مخاوف تتعلق بالاعتماد المفرط على التكنولوجيا وأمن المعلومات والخصوصية والتحيز ومقاومة التغيير. وتتفق بعض هذه الملاحظات مع ما ورد في الدراسات السابقة حول مجالات استخدام الذكاء الاصطناعي وتحدياته. ومع ذلك، لا تسمح البيانات الحالية بإثبات أن استخدام الذكاء الاصطناعي أدى فعلياً إلى تحسين أداء المشاريع، لأن الدراسة لم تتضمن اختبار ارتباط أو انحياز بين متغيرات مستقلة وتابعية، ولم تقارن مؤشرات أداء فعلية قبل التطبيق وبعده. لذلك نُفهم النتائج باعتبارها تصورات ميدانية وصفية لأفراد العينة.

15. الخلاصة

خلصت الدراسة إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي تمثل أداة وإعانة لدعم إدارة وتنفيذ مشاريع البناء والهندسة الإنشائية في ليبيا، خاصة في مجالات ضبط خطط المشروع، وتحسين التواصل، والمراقبة في الوقت الفعلي، وتحليل البيانات، واستكشاف المخاطر بصورة استباقية. وأظهرت نتائج الاستبانة، التي شملت 70 استجابة صالحة للتحليل، أن أفراد العينة ينظرون بدرجة مرتفعة إلى عدد من نقاط القوة والفرص المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي، في حين برزت التكلفة والقضايا القانونية ضمن أبرز جوانب الضعف، كما ظهرت مخاوف تتعلق بالاعتماد المفرط على التكنولوجيا، وأمن المعلومات وخصوصية البيانات، والتحيز، ومقاومة التغيير.

وتشير النتائج إلى أن الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في قطاع التشييد لا تعتمد على توفر التقنية وحدها، وإنما تتطلب جودة البيانات، وتأهيل الكوادر الهندسية، والتدريب المستمر، والتكامل مع الأنظمة الرقمية مثل BIM، ووضع سياسات واضحة لحوكمة

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تنفيذ مشاريع البناء في ليبيا: دراسة ميدانية
<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-jl01>

البيانات وأمن المعلومات. كما تؤكد الدراسة أهمية استمرار المراجعة والتحقق البشري من مخرجات الذكاء الاصطناعي، خصوصاً في القرارات المتعلقة بالسلامة والتكلفة والجودة والعقود. ومع ذلك، فإن نتائج الدراسة تظل وصفية ومحصورة في تصورات أفراد العينة، ولا تثبت وجود أثر سببي أو علاقة ارتباط إحصائية بين استخدام الذكاء الاصطناعي وتحسين أداء المشاريع، كما لا يمكن تعميمها على جميع مشاريع وشركات التشييد في ليبيا. ولذلك توصي الدراسة بإجراء دراسات مستقبلية تعتمد على عينات أكبر وأكثر تنوعاً، ودراسات حالة لمشاريع فعلية، مع مقارنة مؤشرات الأداء قبل تطبيق الذكاء الاصطناعي وبعده، بما يسمح بقياس أثره الفعلي في الوقت والتكلفة والجودة وإدارة المخاطر وكفاءة استخدام الموارد.

16. التوصيات

استناداً إلى النتائج المباشرة للاستبانة، وإلى ما تقترحه الأدبيات ذات الصلة، تتمثل التوصيات والمقترحات فيما يلي:

1. رفع الوعي المهني بتطبيقات الذكاء الاصطناعي و BIM في المشاريع الإنشائية.
2. البدء بالمراقبة في الوقت الفعلي وضبط الجداول وتحليل التقارير واستكشاف المخاطر.
3. تدريب المالكين والمقاولين والاستشاريين ومديري المشاريع والمهندسين على قراءة المخرجات والتحقق منها.
4. إنشاء سياسات لحوكمة البيانات تحدد الملكية والصلاحيات والتخزين ومسؤولية القرار.
5. إبقاء القرارات المرتبطة بالسلامة والتكلفة والعقود والجودة خاضعة للتحقق البشري.
6. تقييم تكلفة تطبيق AI مقابل العائد المتوقع.
7. تعزيز أمن المعلومات وخصوصية بيانات المشاريع.
8. استخدام إدارة المعرفة المدعومة بالذكاء الاصطناعي لحفظ الدروس المستفادة.

9. إجراء دراسات مستقبلية على عينات أكبر، مع اختبار ارتباط أو انحدار واضح إذا توفرت متغيرات قابلة للقياس تسمح بذلك.
10. تنفيذ دراسات حالة لمشاريع ليبية فعلية تقارن مؤشرات أداء محددة قبل التطبيق وبعده، للتحقق من الأثر الفعلي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي.
11. إعادة اختبار الاستبانة وتحسين ثبات الأبعاد الفرعية ذات القيم المنخفضة، مع مراجعة صياغة البنود قبل استخدامها في دراسات معيارية.
12. إعادة اختبار الاستبانة وتحسين ثبات الأبعاد الفرعية ذات القيم المنخفضة.

17. المراجع

- الطحطوح، عمر بن عمار. (2024). تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع: دراسة باستخدام منهجية SWOT. مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات، المجلد 13، العدد 1.
- عادلّية، عبد الرحمن راغب عبد الرزاق، ومحمود، أوس حاتم. (2023). استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع البناء: الاعتبارات المستقبلية لمهنة إدارة المشاريع. مجلة نسق، المجلد 42، العدد 4.
- الغامدي، سلوى، وآل ضرمان، فالح عبد الله. (2022). عمليات إدارة المعرفة القائمة على الذكاء الاصطناعي في المشاريع الإنشائية. مجلة ابن خلدون للدراسات والأبحاث، المجلد 2، العدد 12.
- السماذوني، عادل أبو اليزيد وآخرون. (2020). استخدام تطبيقات إدارة المشاريع في إدارة مرحلة ما قبل التشييد للمشاريع العقارية بالمملكة العربية السعودية. مجلة علمية محكمة، العدد 19.

Adebayo, Y., Udoh, P., Kamudyariwa, X. B., & Osobajo, O. A. (2025). Artificial intelligence in construction project management: A structured literature review of its evolution in application and future trends. Digital, 5(3), 26. <https://doi.org/10.3390/digital5030026>

- Amro, S. O. A., Naimi, S., & Ibrahim, A. A. (2026). AI-Driven Optimization of Scheduling, Risk, and Sustainability in BIM-Enabled Construction Project Management. *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-026-11351-6>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation in Construction*, 112, 103081. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081>
- Datta, S. D., Islam, M., Sobuz, M. H. R., et al. (2024). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review. *Heliyon*, 10(5), e26888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26888>
- Gao, Y., Antwi-Afari, M. F., Huang, Y., Chen, Z.-S., & Manzoor, B. (2026). Artificial Intelligence in Construction Project Management: A Systematic Literature Review of Cost, Time, and Safety Management. *Buildings*, 16(5), 1061. <https://doi.org/10.3390/buildings16051061>
- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103517>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.