AL KUT JOURNAL OF ECONOMIC AND ADMINISTRATIVE SCIENCES
Publisher: College of Economics and Management - Wasit University

أثر تقنيات الهندسة المعرفية المعززة بالذكاء الاصطناعي في تطوير كفاءة إدارة المشاريع الهندسية

The impact of AI-enhanced cognitive engineering techniques on developing engineering project management efficiency

مازن جواد كاظم

المديرية العامة لتربية الانبار

mazendulaymi@gmail.com

مستخلص

يهدف البحث الحالي الى تحليل دور تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في دعم عمليات اتخاذ القرار داخل مشاريع الهندسة. وتقييم أثر توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي على تقليل معدلات الأخطاء وإعادة العمل في المشاريع الهندسية. اعتمد الباحث في الجانب العملي على أسلوب الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات من عينة مختارة من العاملين في مؤسسات إدارة المشاريع الهندسية بمحافظة الأنبار. تم تحليل البيانات باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS V25 وتطبيق مجموعة من الاختبارات الإحصائية للتحقق من صحة الفرضيات. أسهم هذا المنهج في ضمان واقعية النتائج ودقتها بما يتناسب مع بيئة البحث المستهدفة. وتوصلت الدراسة إلى وجود فجوة نسبية في جانب التواصل والتنسيق بين فرق العمل وأصحاب العلاقة ضمن المشاريع الهندسية، رغم إدراك العينة لأهمية هذا الجانب، مما يعكس ضرورة التركيز على تطوير أنظمة الاتصال وإدارة المعرفة. و أن إدارة المشاريع الهندسية تعتمد بدرجة كبيرة على التخطيط الدقيق للموارد، الأمر الذي يعتبر العامل الأكثر تأثيراً في نجاح المشاريع وفق معطيات العينة. واوصت الدراسة المؤسسات الهندسية بتبني وتكثيف استخدام تقنيات الهندسة المعرفية والذكاء الاصطناعي ضمن منظومات إدارة المشاريع بهدف تعزيز القدرة على اتخاذ قرارات أكثر دقة وسرعة، خاصة في المراحل الحرجة من المشروع. وتشجع الدراسة على الاستثمار في بناء قدرات الكوادر الفنية والإدارية من خلال برامج تدريب متخصصة تركز على كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة ودعم التخطيط الإستراتيجي للمشاريع.

Abstract

The current research aims to analyze the role of AI-supported cognitive engineering techniques in supporting decision-making processes within engineering projects and to evaluate the impact of employing AI techniques on reducing error rates and rework in engineering projects. In the practical aspect, the researcher relied on a questionnaire as the primary tool for collecting data from a selected sample of employees working in engineering project management institutions in Anbar Governorate. The data was analyzed using the SPSS V25 statistical program, and a set of statistical tests were applied to verify the validity of the hypotheses. This approach contributed to ensuring the realism and accuracy of the results, consistent with the targeted research environment. The study found a relative gap in communication and coordination between work teams and stakeholders within engineering projects, despite the sample's awareness of the importance of this aspect. This reflects the need to focus on developing communication and knowledge management systems. Engineering project management relies heavily on careful resource planning, which is considered the most influential factor in project success, according to the sample data. The study recommended that engineering institutions adopt and intensify the use of cognitive engineering and AI techniques within project management systems to enhance the ability to make more accurate and rapid decisions, especially during critical phases of the project. The study encourages investment in building the capacity of technical and administrative personnel through specialized training programs that focus on how to employ artificial intelligence in analyzing big data and supporting strategic project planning.

أولاً: منهجية البحث

1) مشكلة البحث

بالرغم من التطور الكبير في نظم إدارة المشاريع الهندسية، فإن الكثير من هذه المشاريع ما زالت تواجه تحديات تتعلق بضعف جودة اتخاذ القرار، ارتفاع معدلات الأخطاء، وتأخر التنفيذ، خصوصًا في البيئات المعقدة والمتغيرة. ومع ظهور تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، أصبحت هناك فرصة لإعادة تعريف أساليب الإدارة التقليدية وتطوير حلول أكثر ذكاء وفعالية. إلا أن تأثير هذه التقنيات على الأداء الفعلي لإدارة المشاريع الهندسية لا يزال غير واضح في السياق المحلي، مما يستدعي دراسة علمية معمقة لقياس حجم هذا التأثير والتأكد من وجود علاقة ذات دلالة معنوية بين توظيف تقنيات الهندسة المعرفية وتحسين مؤشرات أداء المشاريع.

2) **فرضية البحث**

إن فرضية البحث الحالي هي كما ياتي :-

يوجد تأثير ذو دلالة معنوية بين توظيف تقنيات الهندسة المعرفية القائمة على الذكاء الاصطناعي وتعزيز كفاءة إدارة المشاريع الهندسية .

3) أهداف البحث

يهدف البحث الحالي الى تحقيق الاتي:-

1. تحليل دور تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في دعم عمليات اتخاذ القرار داخل مشاريع الهندسة.
2. تقييم أثر توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي على تقليل معدلات الأخطاء وإعادة العمل في المشاريع الهندسية.
3. دراسة العلاقة بين استخدام أدوات الهندسة المعرفية وكفاءة إدارة الوقت والتكلفة في تنفيذ المشاريع.
4. اقتراح نموذج تطبيقي لتوظيف تقنيات الهندسة المعرفية في بيئة المشاريع الهندسية بما يسهم في رفع كفاءتها التشغيلية.

4) أهمية البحث

تبرز اهمية البحث من خلال النقاط الآتية:-

1. يسهم البحث في سد الفجوة المعرفية حول مدى فاعلية تطبيق تقنيات الهندسة المعرفية في إدارة المشاريع الهندسية.
2. يوفر إطارًا علميًا يساعد الشركات الهندسية على اتخاذ قرارات استراتيجية بشأن التحول نحو الذكاء الاصطناعي.
3. يدعم تطوير سياسات إدارية جديدة قائمة على البيانات الذكية وأساليب التنبؤ، مما يعزز من جودة تنفيذ المشاريع.
4. يسهم في تطوير منظومة تدريب وتأهيل الكوادر الهندسية للتعامل مع الأدوات الذكية وتقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة العمل.

ثانياً: الجانب النظري

مقدمة

حظي الذكاء الاصطناعي (AI) باهتمام واعتماد واسع في مختلف الصناعات نظرًا لإمكاناته الكبيرة في تقليل التكاليف التشغيلية بشكل ملحوظ، وزيادة استغلال الأصول، وتوفير فرص تجارية جديدة. وقد أدى تبني الذكاء الاصطناعي من قِبل الصناعة إلى تغيير طريقة عمل المؤسسات بشكل جذري، حيث تتطلب هذه التحولات غالبًا إعادة تشكيل الممارسات التشغيلية . وفي المشاريع الهندسية المعقدة التي تتطلب فرقًا كبيرة، وتتعرض لمخاطر وتعقيدات وعدم يقين، يحتاج مديرو المشاريع إلى مواجهة تحديات مثل التغيرات اليومية في المتطلبات، وتوافر أعضاء الفريق، والتعارضات المفاجئة في الجداول الزمنية، وارتفاع التكاليف التشغيلية بشكل غير متوقع. يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تعزز من قدرات مديري المشاريع بشكل كبير، وأن تحسن الكفاءة، والتكلفة، وكذلك وقت التنفيذ للمشاريع .

ومع تزايد تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي، أصبح فهم إمكاناتها يتسم بالتشتت والتجزئة. كما أن إدراك مديري المشاريع لإمكانات الذكاء الاصطناعي غالبًا ما يقتصر على التقنيات المستخدمة حاليًا، مثل الأنظمة الثابتة القائمة على القواعد. ومع ذلك، فإن التقدمات الحديثة في الذكاء الاصطناعي وتطور مجالات تمثيل المعرفة والاستدلال، التعلم الآلي، البحث، الروبوتات، الرؤية الحاسوبية، البرمجة الديناميكية، والحوسبة السحابية والطرفية، قد فتحت آفاقًا واسعة ليس فقط لتوفير الوقت، بل أيضًا لتعزيز الفهم الحالي وتحسين اتخاذ القرار والتحليل ؛ لذلك، هناك حاجة ماسة لإجراء مسح شامل لفهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي وإمكاناته، بالإضافة إلى التحديات المصاحبة له. علاوة على ذلك، هناك حاجة لإطار عمل يصنف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية، لفهم الفرص المتاحة لتحسين الكفاءة التشغيلية .

I. نظرة عامة على إدارة المشاريع الهندسية

إدارة المشاريع الهندسية هي مجال يتميز بالتعقيد الشامل، وعدم اليقين، وعدم التجانس، وغموض البيانات. فالمشاريع الهندسية تعد مشكلات معقدة ومتعددة الأهداف، حيث أن أغلبها عبارة عن مشاريع كبيرة أو متوسطة الحجم. وبسبب حجم المشروع الكبير وتعدد الأهداف، وعدم تجانس الحقائق، وغموض المعلومات، يصبح من الصعب ضمان تحقيق أهداف الإدارة المثلى، وتطبيق نظم السياسات، واختيار مؤشرات التقييم المناسبة ، وفي الحالة المحددة لمشروع بعنوان "إدارة المشاريع الهندسية المدعومة بالذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا الذكية"، تم اقتراح استخدام الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا الذكية لتعزيز إدارة المشروع بطريقة مخصصة. فإدارة المشروع هي سلسلة من الأنشطة التي تغطي العملية الكاملة للمشروع من البداية حتى الإغلاق وآخرون، خلال هذه العملية، هناك العديد من المهام مثل الجدولة، تحليل المخاطر، المراقبة، وتخصيص الموارد، والتي يجب أن يتم التخطيط لها وتحليلها وتنفيذها بدقة.(Chen and Li, 2023:2)

ويمكن تصنيف إدارة المشاريع إلى برامج تتكون من عدة مشاريع ذات فوائد مشتركة، ومنظمات تشمل الموظفين ومخططات جانت. ويعد المشروع هو الوحدة الأساسية للإدارة، ويضم النماذج، والأنشطة، والمعرفة. وتشمل إدارة المشاريع الهندسية المبادئ والتقنيات والأدوات، بالإضافة إلى تنظيم التطوير، استرجاع المعلومات، التحكم الآلي، أنظمة المراقبة، أنظمة التنبيه، وغير ذلك. وتغطي إدارة المشاريع الهندسية سلسلة من الأنشطة التي تطبق في جميع مراحل المشروع، بدءًا من توليد الأفكار إلى المتابعة والمراجعة بعد الانتهاء . وخلال العقود الأخيرة، شهدت المشاريع الهندسية - مثل الهندسة الإنشائية، وهندسة المعلومات والاتصالات، والهندسة البيئية، والهندسة المدنية - توسعًا كبيرًا وتطورًا تقنيًا ملحوظًا. كما تم تطوير العديد من التقنيات الجديدة في إدارة المشاريع مثل جدولة المشروع، تحسين استخدام الموارد، المراقبة والتحكم، والعرض الرسومي باستخدام مخططات جانت، وغيرها، في الصين ودول أخرى.(Guo & Zhang, 2022:178)

يرى الباحث ان إدارة المشاريع الهندسية تواجه تحديات بسبب تعقيد الأهداف وغموض المعلومات، مما يصعّب تحقيق كفاءة الإدارة بالأساليب التقليدية. يساعد الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا الذكية في تحسين جدولة المهام وتحليل المخاطر وتخصيص الموارد. ويُسهم دمج هذه التقنيات في رفع كفاءة الأداء وضمان تحقيق أهداف المشاريع ضمن بيئات معقدة.

II. تعريف تقنيات الهندسة المعرفية

إن تقنيات الهندسة المعرفية (Cognitive Engineering Technologies - CET) تمثل الفئة الأحدث من الأنظمة المعرفية، وتشمل أي جهاز أو معدات أو برنامج أو عتاد يمتلك أو يجمع قدرات معرفية ذاتية مثل الإدراك، والانتباه، والاستدلال، والتعلم، والسلوك العاطفي، وتوليد الفرضيات، واتخاذ القرار، والتصرف المرتبط بالسياق (أي المقيّد بالزمن والسياق والعوامل المؤثرة ، وتعمل هذه التقنيات بتكامل وثيق مع العوامل البشرية . ويتيح استخدام CET في عمليات وأدوات الهندسة النظمية إمكانية إدماج العوامل المعرفية والأنظمة أو البيئات الداعمة للمعرفة بسهولة، خاصةً عندما يتعلق الأمر بالمعرفة الإلزامية مقارنة بالمعرفة التصريحية. إن المتطلبات المتعلقة بالتطور، والتفكيك، والتماسك تكون في الغالب منطقية، ولذلك يصعب نقلها بين العوالم المعرفية والمادية . (Jamil et al., 2023:4364)

إضافة إلى ذلك، فإن الاستخدام الصريح للغة الطبيعية يترك مساحة واسعة لحدوث أخطاء تفسيرية. وتتيح واجهات المستخدم/الوكيل المعرفي التي تعتمد على CET التعبير عن الأوامر المنطقية بطريقة بديهية عبر الرسوم البيانية، ونماذج السلوك، والبرمجيات النصية، أو غيرها من النماذج المشابهة للغات البشر. وتدعم هذه النماذج استخراج العمليات الجارية، سواء في البرمجيات أو الأنظمة المطورة، عبر المحاكاة أو الألعاب. وبسبب عزلة حالة الاستخدام أو متطلبات النظام قيد الدراسة، فإن الاعتماد الصريح على نموذج اللغة الطبيعية يترك مجالًا واسعًا لحدوث غموض في تفسير نية المواصفات. ويمكن أن يؤدي هذا إلى تحديد متطلبات محورية بشكل خاطئ، أو إلى عدم اكتمال المواصفات، أو إلى افتراضات ضمنية غير معلنة . كما تساعد تقنيات الهندسة المعرفية (CETs) العوامل المعرفية البشرية عبر دعمها بالكشف عن المتطلبات غير المحددة بدقة، أو البحث عن تقارب بين المواصفات البديلة سواء في إطار الاتفاق أو سوء الفهم أو مصداقية المعلومات . (Angulo et al., 2023:3)

III. الذكاء الاصطناعي في الهندسة

يشمل الذكاء الاصطناعي (AI) مجالات متعددة مثل التعلم الآلي(ML) ، التعلم العميق، معالجة اللغة الطبيعية(NLP) ، أتمتة العمليات الروبوتية(RPA) ، والتوائم الرقمية. وتساعد هذه التقنيات في أتمتة الأعمال اليدوية، وتعزيز قدرات الإنسان، وأداء المهام غير الروتينية للعاملين في مجالات الهندسة مثل أنظمة البرمجيات، العتاد، تطوير المنتجات، وإدارة البرامج . ومع ازدياد الرقمنة وظهور كميات هائلة من البيانات، وظهور تقنيات الذكاء الاصطناعي مقرونة بالتقدم السريع في خوارزميات التعلم العميق وقوة الحوسبة، أصبح تبني أنظمة الذكاء الاصطناعي في مجال الهندسة أمرًا محفزًا للغاية. يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين المهام الهندسية، وزيادة فرص نجاح المشاريع، وتقليل نقص الكفاءات البشرية وضعف الكفاءة . (Shoushtari et al.,2024:50)

وتُعد تقنيات الذكاء الاصطناعي فعالة في التنبؤ بالأعطال أو العيوب المحتملة في المنتجات أو العمليات، والعمل جنبًا إلى جنب مع المصممين والمهندسين البشريين لتوليد تصاميم بديلة للأجزاء في المجالات الميكانيكية، الكهربائية، البرمجية، وهندسة الأنظمة، وأداء عمليات الفحص الذاتي واتخاذ إجراءات الإصلاح من خلال العمل كمساعد افتراضي للمهندس . لكن من ناحية أخرى، قد تكون أنظمة الذكاء الاصطناعي غير فعّالة في دعم عمليات اتخاذ القرار داخل غرف الإدارة وعلى

مستوى المشاريع المتعددة، أو في تقييم التعاون بين الأشخاص، أو في تنبيه المهندسين البشريين حول التكاليف والجداول الزمنية في المشاريع المتزامنة التي يديرها أكثر من مدير مشروع . (Obiuto et al.,2024:640)

إن مراجعة وتقييم طرق إدارة المشاريع الحديثة، المستندة إلى ممارسات الواقع المعزز ولوحات القيادة القائمة على التلعيب، يمكن أن تساهم في اكتشاف أساليب تعاونية جديدة في إدارة المشاريع. ولكن حتى الآن، لا يزال الفهم محدودًا حول كيفية تحويل الذكاء الاصطناعي لمهام وعمليات إدارة المشاريع الهندسية، وخاصة فيما يتعلق بمدى فاعلية أو عدم فاعلية الأنواع المختلفة من أنظمة الذكاء الاصطناعي في أداء أنواع محددة من المهام والعمليات . ويمكن تنظيم النماذج السائدة لإدارة المشاريع في مجالات مثل المياه، الهندسة الإنشائية، وتخطيط تكامل أنظمة الفضاء في 20 نوعًا أساسيًا من المهام موزعة عبر 6 مجالات: مدخلات المشروع، تخطيط العمليات، تسلسل المهام، تخصيص الموارد، الجدولة، ومراقبة التنفيذ. ويمكن أيضًا تعريف الحالات والتمثيلات والتحولات المستهدفة لكل نوع من أنواع المهام . (Shamim,2024:1)

- **تطبيقات التعلم الآلي**

قامت العديد من الدراسات البحثية باستكشاف إمكانيات استخدام خوارزميات وأساليب التعلم الآلي (ML) في نمذجة التنبؤ. وقد أظهرت هذه الدراسات نتائج واعدة فيما يتعلق بالتنبؤات المرتبطة بإدارة المشاريع . وتشمل الدراسات تمثيلًا لبحوث استكشفت خوارزميات وتقنيات التعلم الآلي في تطبيقات متنوعة مثل البرمجيات، أنظمة المعلومات، البناء، المشاريع، وتكنولوجيا المعلومات. وبشكل عام، هناك العديد من أنواع خوارزميات وأساليب التعلم الآلي. ومع ذلك، يركز هذا البحث على بعض الخوارزميات الشائعة التي أثبتت تأثيرها المحتمل على التنبؤ بتطور المشروع وجودته وإنتاجيته وتكلفته ومدته . وتشمل هذه الخوارزميات: الشبكات العصبية الاصطناعية(ANNs) ، الغابات العشوائية(Random Forest) ، طريقة الجار الأقرب(K-Nearest Neighbors Regression) ، الآلات الداعمة للناقل(SVM) ، شجرة القرار (Decision Tree)، الانحدار الخطي المتعدد(MLR) ، تقنيةBagging ، ومواصفات حالات الضمان (Assurance Case Specification).(Kraiem et al., 2023:666)

وتُعد الشبكات العصبية الاصطناعية النوع الأكثر استخدامًا بين خوارزميات التعلم الآلي في نمذجة التنبؤ، حيث تم استخدامها في 36.67% من الدراسات. ويُعزى ذلك إلى قدرة هذه الشبكات على التعلم السريع، وعدم حاجتها لفترات تدريب طويلة للحصول على نتائج مقبولة . كما تشكل طريقة الجار الأقرب حوالي 15% من الخوارزميات المستخدمة، وتُستخدم بشكل متكرر في نماذج التقييم . أما شجرة القرار المتعددة فتم اقتراحها في حوالي 12% من الدراسات، وتتميز بقدرتها على الأداء الجيد حتى مع البيانات التي لم يتم تنظيفها أو معالجتها مسبقًا بشكل كبير . كما إن تطبيق مجموعة متنوعة من الخوارزميات ضمن منهجيات مركبة أدى إلى نتائج دقيقة في نمذجة التنبؤ. ومع ذلك، تبين أن المجالات التطبيقية المختلفة تعتمد على مصادر آراء مختلفة، حيث تؤثر هذه المصادر على نتائج النمذجة حسب مجال التطبيق . (almahameed & Bisharah, 2024:1282) .

- **معالجة اللغة الطبيعية**

تُعد معالجة اللغة الطبيعية (NLP) فرعًا من الذكاء الاصطناعي يمكّن أنظمة الكمبيوتر من التفاعل مع الأشخاص بلغتهم الخاصة من خلال تفسير المعاني والمفاهيم الكامنة وراءها . والهدف من هذه التقنية مزدوج: أولاً، تخفيف عبء تعلم لغة حاسوبية جديدة؛ وثانيًا، استغلال كل المعرفة المتضمنة في الوثائق المكتوبة باللغة الطبيعية، دون الحاجة إلى فهم كامل لكل تفاصيل المعرفة البشرية، والتكنولوجيا، والممارسات الواردة فيها . وتقوم لغة تمثيل المعرفة بترميز المفاهيم وقواعد التفسير المتعلقة بالمجال، وتكتب بلغة مشتركة يمكن تفسيرها بدقة (كما هي) أو براغماتيًا باستخدام اختزالها ضمن (ESP) .

ونجحت أدوات NLP في استرجاع الوثائق ذات الصلة بدرجة عالية. ومع ذلك، تعبر اللغات الطبيعية عن المعاني على مستويات تفوق بكثير مجرد معاني الكلمات المفردة؛ فالسياق، وترتيب الكلمات، وعلامات الترقيم، ووعي الكاتب بالجمهور المستهدف والغرض، والنموذج الذهني للعالم أو للمهمة المحددة — جميعها تؤثر في الفهم . والهدف النهائي من تمثيل المعرفة هو جعل المواد قابلة للتحقق آليًا وسهلة الصيانة، وبالتالي قابلة للضبط والتدقيق وفق مواصفات صارمة .

يرى الباحث ان الذكاء الاصطناعي يشمل مجموعة من التقنيات كالتعلم الآلي، التعلم العميق، ومعالجة اللغة الطبيعية، التي تسهم في أتمتة وتحسين كفاءة المهام الهندسية ودعم اتخاذ القرار في إدارة المشاريع. ورغم قدرته على التنبؤ بالأعطال وتوليد تصاميم بديلة وتحسين الأداء، إلا أن دوره ما زال محدودًا في دعم القرارات الاستراتيجية وتقييم التعاون البشري داخل بيئات المشاريع المعقدة. وقد أظهرت الدراسات أن خوارزميات التعلم الآلي ومعالجة اللغة توفر أدوات فعالة لتحليل البيانات والتنبؤ بنتائج المشاريع، ما يعزز فرص نجاحها خاصة في ظل التحديات التي تفرضها البيئة الرقمية المتطورة.

IV. دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

يمكن تطبيق أنظمة دعم القرار المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في أنشطة تحديد الأولويات، تقديم التوصيات، وتقدير المشروع/المنتج. ويُعد تزايد واقعية التحليلات التنبؤية في أنظمة التقدير هو الأساس الذي يتم من خلاله دمج البيانات السابقة والملاحظة مع النماذج التنبؤية لإنتاج التوقعات. ولأخذ النتائج الإيجابية التي يستنتجها مدير المشروع حول المشروع في الاعتبار، تم اقتراح نظام دعم قرار يعتمد على نموذج إدواردز، إلى جانب نموذج اضطراب يقوم بتخفيض درجة هذا الاعتقاد. ويمكن استخدام أساليب الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك الأشجار القرارية المشتركة، الأشجار الشرطية، والشبكات العصبية في هذا السياق البحثي.(Basingab et al.,2024:2)

وبعد تحديد الاعتقاد المتعلق بالمشروع، يجب تحديد الإجراءات المناسبة. ولهذا الغرض، تم تطوير نموذج B-Spline قادر على التعامل مع المدخلات والمخرجات المستمرة. وتم توضيح الحالات النوعية للمدخلات والمخرجات الخاصة بالنموذج لتحويلها إلى وحدة محاكاة للأحداث المنفصلة. ومن الضروري توفير مجموعة بيانات محاكاة قادرة على تعليم جميع الحالات النوعية لأسطح الـ .B-Spline كما يمكن تطبيق تقنيات اكتشاف المعرفة والتنقيب في البيانات في الأبحاث المتعلقة بالذكاء الاصطناعي المرتبطة بهذا الوكيل الذكي. وأظهرت تطبيقات نظرية المجموعات الضبابية في أساليب التقييم من النوع الحتمي أن الأنظمة الضبابية يمكنها تقديم تقييمات أكثر دقة لمعايير التقييم اللغوي. كما يمكن استخدام تقنيات التنقيب في البيانات لتقييم

وصيانة قواعد المعرفة على مستوى الشركة تلقائيًا، أثناء مقارنة وتحليل خبرات المهندسين. ومع ذلك، لا توجد أبحاث تناولت تقييم وتمثيل بيانات حجم المشروع باستخدام التقييمات اللغوية والاستدلال القائم عليها. وتتم مناقشة التقدمات الحديثة في الأنظمة الذكية والأساليب ذات الصلة التي يمكن تطبيقها على بيانات المشاريع الهندسية، مثل الشبكات العصبية الضبابية، الخوارزميات الجينية، وأنظمة سرب الجسيمات. ويتم تمثيل درجة عدم اليقين التي يقيّم بها مدير المشروع حجم مشروع التمديد مقارنةً بمشروع قائم باستخدام رقم ضبابي، كما تم اقتراح منهجية استدلال قائمة على المنطق الضبابي لدعم تقييمات مديري المشاريع. وقد تم اختبار النظام المقترح بتطبيقه على مجموعة بيانات تم جمعها من مشاريع هندسية فعلية . (Pamisetty,2024:)

ان الذكاء الاصطناعي، وهو مفهوم يعود تاريخه لأكثر من خمسين عامًا، كان في السابق تقنية غير رائجة لا تتعدى صفحات روايات الخيال العلمي. إلا أن السنوات الأخيرة شهدت انتقاله إلى مكاتب إدارة المشاريع حول العالم. وقد بدأت الجهود الرامية لتوسيع نطاق تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع بتأسيس مجتمع مهنيين مهتمين باستكشاف إمكانيات وتحديات استعماله. وقد أتاح التقدم في قوة المعالجة الحاسوبية وظهور تقنيات البيانات الضخمة التطبيق العملي للحلول الرياضية الخاصة بمعالجة الأعداد الكبيرة جدًا. كما أن تمكين التعلم العميق ضمن أطر عمل الشبكات العصبية قد أتاح أداءً غير مسبوق في مجالات نماذج اللغة، الرؤية، وغيرها من المجالات.(Shoushtari et al.,2024:)

ويمكن لأدوات وبرمجيات الذكاء الاصطناعي أن تساعد مديري المشاريع عبر توفير تحليلات متعلقة بالمشاريع لدعم التقدير والتنبؤ بالمخاطر، واقتراح إجراءات محتملة، والتحقق التلقائي من صحة المشروع، وتوليد التقارير . كما يمكن لأدوات إدارة المشاريع الذكية توليد خطط وجدولة المشاريع تلقائيًا استنادًا إلى الأهداف التي يتم التعبير عنها بلغة طبيعية . وتساهم أدوات إدارة المهام الذكية المتطورة في دعم قرارات مديري المشاريع حول توزيع المهام وتحديد الأشخاص المناسبين لتنفيذها، مع المساعدة في إدارة النزاعات وحالات عدم اليقين. وتُعد واجهات برمجة التطبيقات (APIs) أمرًا بالغ الأهمية للتكامل مع الأدوات الأخرى من أجل تنفيذ الخطط التي يتم إنشاؤها تلقائيًا ويتم اعتمادها من قبل مديري المشاريع. ومع تزايد مستوى أتمتة إدارة المشاريع، سيُصبح دمج تطوير واجهات الاستخدام مع واجهات رسومية قابلة للتخصيص (snap-to-query) ضروريًا لتوفير واجهة تناسب كل مستخدم واحتياجات استخدامه البرمجي. (almahameed & Bisharah, 2024:1282)

ولتحليل الكم الهائل من بيانات المشاريع الهندسية التي يتم توليدها يوميًا، بدأت الشركات في الاعتماد على تقنيات التحليل المتقدم. حيث توفر هذه التقنيات فرصًا للحصول على رؤى تحليلية أعمق حول بيانات المشاريع مقارنةً بتقنيات ذكاء الأعمال التقليدية . واليوم، تُحدث التحليلات البيانية في الوقت الفعلي ثورة في طريقة إدارة الشركات لمشاريعها .في الواقع، توفر تحليلات المشاريع رؤى أعمق تُستخدم في عملية اتخاذ القرار. وتحقق الشركات التي تتبنى تقنيات التحليل هذه ميزة تنافسية متزايدة بسرعة، مع مخاوف من أن الشركات التي لا تتبنى هذه التقنيات ستواجه عجزًا تنافسيًا طويل الأمد. ولهذا السبب، تُحث المؤسسات على تبني تقنيات التحليل البياني . (Amini et al.,2023:)

V. فوائد تقنيات الهندسة المعرفية

توفر تقنيات الهندسة المعرفية تمكينًا في مجالات متنوعة لتحسين إدارة المشاريع الهندسية. إذ يقضي المهندسون حوالي 80% من وقتهم في جمع المعلومات واتخاذ القرارات، و20% فقط في التصميم والتحليل، مما يحرمهم من أعظم فرصة لتحقيق مكاسب في سرعة وجودة المنتج . ولا تستغل الممارسات الهندسية اليوم كامل المعرفة المتاحة؛ وذلك بسبب عدم توفر عرض مناسب للمعلومات يجعلها قابلة للاستخدام في المواقف التي تكون فيها مطلوبة. وتقدم تقنيات الهندسة المعرفية فرصة لتجاوز هذه الإشكالية من خلال إيجاد طرق لعرض الفهم والخبرات في صيغة يمكن لصنّاع القرار في الحاضر والمستقبل الوصول إليها والتعلم منها.(Kraiem et al., 2023:666)

كما يمكن لتقنيات الهندسة المعرفية أن تقلل من أثر انخفاض فعالية إدارة المشاريع الناتجة عن تحريف المهام سهلة القياس نسبيًا. ويُلاحظ أن الحاجة إلى مديري المشاريع في تزايد مستمر، وهو ما يفوق معدل نمو القوى العاملة المتخصصة في هذا المجال عالميًا. ويمكن احتواء العمليات المعرفية ضمن التكنولوجيا واستخدامها لإنجاز العمل الذي يعتبر مستحيلًا بالنسبة للأنظمة غير المعرفية. كما تتيح هذه التقنيات تحقيق أهداف إضافية في إدارة المشاريع، مثل جودة المخرجات، سرعة الوصول إلى السوق، وتقليل التكاليف. ويُعد الدمج بين تقنيات الهندسة المعرفية والتقنيات غير المعرفية القائمة حاليًا مجالًا مثيرًا للبحث المستقبلي. (Jamil et al., 2023:4364)

وشهد الاتصال تحولًا جذريًا خلال العقدين الماضيين بفضل الانتشار الواسع للتقنيات الحديثة. ويمكن تعريف تكنولوجيا الاتصال بشكل عام بأنها التقنيات التي تتيح إنشاء المعلومات وتوزيعها وتخزينها وتبادلها. وتشمل هذه التقنيات مجموعة واسعة من العمليات التي تدعم الاتصال ثنائي الاتجاه ومتعدد النقاط والقابل للعكس . وعلى الرغم من الفوائد الكبيرة التي وفرتها هذه التقنيات في تحسين الاتصال، إلا أنها لا تخلو من القيود. تظهر صعوبات خاصة في المواقف الحساسة التي يكون فيها لنتائج الاتصال أثر كبير، خصوصًا عندما لا يكون الطرف الآخر معتادًا بعد على التعاون، حيث قد تحدث تفسيرات خاطئة وتصعيد غير مقصود للتوتر. وتزداد أهمية هذه الإشكالية في منظمات المشاريع المؤقتة التي تعتمد على فعالية الاتصال بشكل أساسي . (Shahmerdanova,2025:)

كما تُعد المخاطر عاملاً بالغ الأهمية في نجاح أي مشروع، حيث تمثل إمكانية حدوث خسارة أو ضرر، أو بعبارة أخرى احتمال وقوع حدث خطير أو غير مرغوب فيه. وتُعرف المخاطر ضمن المشاريع بأنها أحداث قد تُفسر إيجابياً أو سلبياً، يمكن توقعها في المستقبل، ويجب التعامل معها أثناء سير عمليات الإنتاج في المشروع . ويتطلب التعامل مع مخاطر المشروع نهجًا استباقيًا، يشمل جدولة تقييمات منتظمة للمخاطر خلال مراحل التصميم، وما قبل البناء، وأثناء التنفيذ. ويعتمد تقييم المخاطر على منهجين: النوعي والكمي، حيث يتم تكييف كل منهج وفقاً لمتطلبات محددة . وتشمل الأدوات النوعية استخدام سجلات المخاطر مع مصفوفة التصنيف التي ترتب المخاطر حسب الاحتمالية والأثر. أما الأدوات الكمية فتُقسم إلى نوعين: الأول يعتمد على النماذج الحتمية مثل التوزيع الطبيعي وتوزيعPERT ، وتحليل المسار الحرج مع محاكاة مونتي كارلو، والتقييم الاحتمالي للمخاطر. أما النوع الثاني فيستخدم مقاربات تعتمد على النماذج الضبابية مثل الأعداد الضبابية، والمجموعات الضبابية، والشبكات البايزية الضبابية . (Zhu et al.,2025)

VI. التحديات في التنفيذ

يدرك قطاع إدارة المشاريع تبنّي تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة، إلا أن قلة من الشركات قامت بدمج الذكاء الاصطناعي ضمن أدوات إدارة المشاريع لتعزيز تنفيذ الأنشطة المتعلقة بالإدارة. وهنا يبرز التساؤل: لماذا؟ إن الحل الشامل يتطلب تكامل أدوات الذكاء الاصطناعي مع أدوات جمع البيانات الآلية، لصياغة أدوات تخطيط مشاريع فعّالة. وفي مثل هذا السيناريو، قد تضطر المؤسسة لتسجيل الدخول إلى عدد متزايد من التطبيقات، ما قد يؤدي إلى ظهور نفس المشكلة التي تواجهها المؤسسات حاليًا أثناء الانتقال نحو بيئة مؤسسية متكاملة الأنظمة، أي تكوّن ما يسمى بـ«جزر منعزلة» من التطبيقات التي تجمع بيانات قيّمة لكنها تظل غير مترابطة . يمكن أن تمثل تطبيقات تخطيط موارد المؤسسات التقليدية، ذات النضج العالي، الحلّ المثالي لتكون "الأداة الشاملة". ولمنع ترك أنظمة إدارة معلومات المشاريع الناضجة خلف الركب، يمكن تطوير ملحقات تتوافق مع صيغ التوافق البيني المحددة لديها. بدلًا من فرض استخدام الأدوات الجديدة على جميع المؤسسات، يمكن استكشاف بدائل مثل دمج استخدام هذه الأدوات ضمن العمليات الطبيعية بدون إلزام رسمي، أو وضع اتفاقيات بخصوص أدوات غير معلنة. (Agrawal et al., 2023)

ومن المتوقع أن تواصل أنظمة إدارة معلومات المشاريع الأساسية (PMIS) تطورها. ويجب أن تصبح واجهاتها وهياكل بياناتها متاحة للعامة، إذ طالما ظلت المصالح الاحتكارية تحكم هذه الواجهات، فلن يتسنى تحقيق منافسة عادلة. وتُعد جهود مبادرة BuildingSmart المتعلقة بمعيارIndustry Foundation Classes ، ومؤسسة Open BIM الصينية، خطوات إيجابية في الاتجاه الصحيح لتعزيز الوعي بهذه القضايا ولمّ شمل الجهات المهتمة. وتمثل مصداقية البيانات المستخرجة تحديًا قد يولد حالة من انعدام الثقة، ما يستدعي تطوير تقنيات وأدوات تحقق جديدة. يمكن أن تسيء أدوات الذكاء الاصطناعي استخدام المعلومات المستخلصة من مصادر بيانات مجمّعة، مما يؤدي إلى نتائج غير دقيقة وغير موثوقة. وتتمثل إحدى الطرق لتعزيز الثقة والمصداقية في تتبع مصدر البيانات الأصلي. وفي سياق المشاريع التقليدية، قد تكون الملاحظات التعاونية لمصادر المعلومات حلًا مناسبًا. كما أن تمكين المؤسسات من الاستفادة من أدوات الذكاء الاصطناعي والنماذج المدربة بالفعل قد يخلق وفورات الحجم ويعزز الابتكار. (Basingab et al.,2024:2)

وتمثل البيانات الضخمة تجميعًا لبيانات منظمة وغير منظمة على نطاق واسع، ذات نمو يومي هائل، وسرعة عالية في جمع البيانات، وتنوع في مصادرها، واتساع نطاق الوصول إليها وتنوع صيغ تخزينها. وقد أصبحت البيانات الضخمة أحد الأصول المهمة للمؤسسات وتُستخدم على نطاق واسع لتعزيز تنفيذ مختلف المهام. وفي سياق إدارة المشاريع، بالإضافة إلى البيانات المستخرجة من برامج الإدارة التقليدية، تلعب البيانات الضخمة الناتجة عن نمذجة معلومات البناء(BIM) ، وإنترنت الأشياء(IoT) ، ووسائل التواصل الاجتماعي، دورًا مهمًا في دعم الإدارة من خلال تحسين وضوح الرؤية للمشاريع، وتعزيز فهم أصحاب المصلحة، وزيادة القدرة على التكيف مع المهام سريعة التغير. تجسد البيانات الضخمة أربعة خصائص رئيسية: الحجم، التنوع، السرعة، والمصداقية، مما يخلق تحديات وفرصًا لإدارة المشاريع في آن واحد. يؤدي التوسع السريع في حجم البيانات وتنوع مصادرها إلى صعوبة جمع البيانات ودمجها وتمثيلها وفهمها. كما أن جمع البيانات الفوري في الوقت الفعلي يجعل من الصعب ضمان دقتها وموثوقيتها، مما يزيد من الجهود الإدارية المطلوبة للحفاظ على نطاق النظام وجودة البيانات . (Johnson et al., 2021)

كما تُعد مقاومة التغيير أحد الأسباب الرئيسية لفشل مبادرات التحول بحسب ما يحدده "دليل معارف إدارة التغيير". لقد كُتبت العديد من الأوراق البحثية والكتب حول هذا الموضوع. وفي سياق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية، قد تحدث مقاومة التغيير لأسباب عدة، منها: نقص الوعي أو الفهم بفوائد الذكاء الاصطناعي؛ الخوف من فقدان الوظائف أو تغيّر الأدوار؛ الاعتقاد بأن الأساليب الحالية كافية؛ ونقص الموارد أو الدعم اللازم لتنفيذ التغيير وتشير الدراسات إلى أن مقاومة التغيير تنقسم إلى مكونين: "المقاومة السلوكية" التي ترتبط بالمظاهر الخارجية للمقاومة، و"المقاومة الفكرية" التي تتعلق بالأفكار والمشاعر تجاه التغيير المخطط. ومن خلال هذا التصور، يمكن استكشاف خيارين محتملين للتعامل مع المقاومة : (Zhang et al., 2021:)

أولاً، تقليل المقاومة الفكرية من خلال أسلوب تعليمي يستهدف تعزيز المعتقدات الأساسية التي تدعم تبني تقنيات الهندسة المعرفية.

ثانيًا، اعتماد استراتيجية لنشر المعرفة تدريجيًا داخل المؤسسة وعلى مستويات مختلفة لضمان عدم تخلف أي مجموعة عن ركب التغيير.

ومع تطور الذكاء الاصطناعي وتوسع مجالات تطبيقه، أصبح من الضروري أكثر من أي وقت مضى فهم تداعياته المحتملة وتحديد إرشادات أخلاقية لتصميمه وتطويره واستخدامه .(Liang et al., 2023) وقد تناولت بحوث مكثفة في مجالات الأخلاق والقانون وعلم الاجتماع والفلسفة والسياسات العامة القضايا المتعلقة بنشر الذكاء الاصطناعي وتأثيره على المجتمع. وتشمل المبادئ الأخلاقية المركزية: الإحسان، وعدم الإضرار، والاستقلالية، والعدالة . ومع ذلك، فإن تطور السياسات بحاجة لأن يواكب تقدم التعلم في هذا المجال، وهناك حاجة لمزيد من الأبحاث التطبيقية. إن الفشل في فهم وتطبيق الجوانب الأخلاقية للذكاء الاصطناعي قد يؤدي إلى تكاليف اجتماعية واقتصادية وسياسية باهظة. وتكون هذه التكاليف أكثر وضوحًا في القطاعات الحساسة مثل الهندسة المعمارية والهندسة والإنشاءات(AEC) ، حيث يشهد الذكاء الاصطناعي وتطوير الروبوتات توسعًا سريعًا. (Emaminejad & Akhavian, 2022:1)

VII. خصوصية البيانات

أصبح التعامل مع الذكاء الاصطناعي، بوصفه تقنية متنامية وحاضرة بقوة في مختلف مجالات الحياة، قضية أخلاقية بالغة الأهمية تتطلب معالجة دقيقة. ومع ذلك، هناك العديد من القضايا المتعلقة بالذكاء الاصطناعي التي تستدعي اهتماماً عاجلاً. وتتمثل إحدى القضايا المحورية في مسألة المساءلة والشفافية المرتبطة بأنظمة الذكاء الاصطناعي، خاصةً فيما يتعلق بإمكانية إدخال التحيزات إلى هذه الأنظمة، والحاجة إلى شرح القرارات التي تتخذها بوضوح للمستخدمين . كما تُطرح تساؤلات أخلاقية حول تأثير الذكاء الاصطناعي على خصوصية وأمان التفاعلات بين الأفراد، والمؤسسات، والدول .ويرتبط بهذه الإشكالية قدرة الذكاء الاصطناعي لا على كشف التحيزات القائمة فحسب، بل على ترسيخها أو حتى تضخيمها. وأخيراً، تبرز مسألة المسؤولية والمساءلة الأخلاقية لكل مطور ومستخدم لهذه التقنيات، لضمان استخدامها بما يتوافق مع المبادئ الأخلاقية . (Radanliev et al., 2024:1-2)

ومعالجة هذه القضايا تُعد أمراً بالغ الأهمية، إذ إن الذكاء الاصطناعي، رغم إمكانياته الهائلة في إحداث الخير، قد يتحول إلى أداة ضارة ما لم يتم ضبطه وتوجيهه بشكل يضمن تعظيم منافعه وتقليص مخاطره الأخلاقية. وإذا ما استُخدم الذكاء الاصطناعي في بيئة تفتقر إلى الشفافية والانضباط، فقد يسهم ذلك في تعزيز الجريمة وتأجيج النزاعات. وتُعد حماية البيانات عنصراً أساسياً في تحقيق الأمان بالمجتمعات المعاصرة، ولهذا فقد أصبحت من أولويات العصر الرقمي. ومن بين الآليات الأساسية في هذا السياق تبرز خوارزميات التشفير، التي تهدف إلى تحويل البيانات إلى صيغة تبدو غير مفهومة لأي طرف لا يمتلك مفتاح التشفير المناسب .وبمعنى آخر، تجعل هذه الخوارزميات البيانات غير قابلة للقراءة من قِبل أي شخص عدا المستلم المقصود. (Balasubramaniam et al.,2023:2)

ولا تُعد خوارزميات الذكاء الاصطناعي أدوات محايدة بطبيعتها؛ فسواء أكان ذلك مقصوداً أم لا، غالباً ما تعكس هذه الخوارزميات التحيزات البشرية وتعززها. وعند دمج هذه الأنظمة في عمليات صنع القرار، قد تؤدي إلى ترسيخ التحيزات المؤسسية والاجتماعية، بل وحتى إلى تضخيمها، مما قد يفضي إلى نتائج غير عادلة تؤثر سلباً على شرائح معينة من السكان. لذلك، من الضروري تقييم مستويات التحيز في النماذج الخوارزمية المطورة والعمل، بحسب كل حالة استخدام، على التخفيف من حدتها بوسائل مناسبة. وقد أظهرت دراسات حديثة أن التحيزات التي تنشأ أثناء تطوير نماذج الذكاء الاصطناعي يمكن تصنيفها إلى فئتين رئيسيتين: التحيزات الوصفية والتحيزات التقييمية . (Akinrinola et al.,2024:051)

تتعلق التحيزات الوصفية أساساً بمرحلة إدخال البيانات، حيث تنشأ نتيجة تحيزات في ثلاث مكونات أساسية في أي نظام نمذجة: التمثيل، والقياس، والجماعات السكانية. وتمثل هذه العناصر حدوداً إبستمولوجية ذات طابع معرفي تؤثر على نتائج النماذج، وتُدخل تحيزات تجريبية واضحة. ونتيجة لذلك، قد تكون النماذج المستخدمة في الذكاء الاصطناعي مبنية، منذ البداية، على تصورات بشرية متحيزة تؤدي إلى اتخاذ قرارات تمييزية. ومع تسلل هذه التحيزات البشرية المتنوعة إلى سلسلة تطوير الذكاء الاصطناعي، يصبح من الضروري أولاً تقييم مستويات التحيز الوصفي في كل مجال من مجالات مصدر البيانات. ومن شأن هذه القياسات المشتقة أن تسهم في تحديد التدخلات التصحيحية الملائمة لكل سياق. وعلى الرغم من أن التحيزات الوصفية تركز على جودة المدخلات ومدى تمثيليتها وصحتها، إلا أن ذلك غير كافٍ لتقييم مستوى الخطر المرتبط بنموذج الذكاء الاصطناعي. ولهذا، لا بد من أخذ التحيزات التقييمية في الاعتبار، وهي تحيزات لاحقة لمرحلة الوصف تنشأ أثناء تطوير النماذج وتطبيقها. وتُعد هذه التحيزات متعلقة بسياق المشكلة المحددة، كما أن وصفها وتطبيقها يختلفان باختلاف كل حالة تطوير. وتشمل التحيزات التقييمية التحيزات القابلة للتطبيق التي نشأت قبل تنفيذ النموذج، إضافةً إلى القرارات التمييزية التي تنتج عن إجراءات التصنيف أو تحسين الأداء التقليدية المستخدمة داخل الخوارزميات ذاتها. (Rastogi et al.,2022:2)

يرى الباحث أن الذكاء الاصطناعي اليوم يمثل تحدياً أخلاقياً معقداً يتجاوز كونه مجرد تقنية، خاصة في ظل ما يطرحه من إشكاليات حول الشفافية، التحيز، والخصوصية في بيئات العمل والقرار. وتكمن خطورته في إمكانية ترسيخ التحيزات الاجتماعية ضمن أنظمة اتخاذ القرار، مما يفرض على المطورين مسؤولية أخلاقية مضاعفة لضبط هذه الأنظمة وتقليل تأثيراتها السلبية. ومن الضروري أن تترافق مساعي تطوير الذكاء الاصطناعي مع آليات واضحة لرصد وتقييم المخاطر الأخلاقية، لضمان تحقيق العدالة والكفاءة في استخدامه عبر مختلف التطبيقات.

ثالثاً: الجانب التطبيقي

قام الباحث باختبار فرضيات الدراسة ميدانياً من خلال توزيع استبانة بحثية على عينة مختارة بعناية من العاملين في المؤسسات والدوائر ذات العلاقة المباشرة بإدارة المشاريع الهندسية ضمن حدود محافظة الأنبار، وبالأخص في مركز مدينة الرمادي. وشملت العينة موظفين من دائرة المهندس المقيم التابعة لمديرية بلدية الرمادي، ومديرية بلديات الأنبار، ومديرية الطرق والجسور في الأنبار، بالإضافة إلى دائرة المشاريع في جامعة الأنبار، نظراً لدور هذه الجهات الحيوي في تخطيط وتنفيذ ومتابعة مشاريع البنية التحتية والمشاريع الهندسية، مما أسهم في تعزيز دقة وواقعية البيانات المستخلصة.

وقد تم توزيع (75) استبانة، تم استرجاع (68) منها صالحة للتحليل الإحصائي، بنسبة استجابة بلغت (90.66%)، وهي نسبة تعكس تفاعل واهتمام أفراد العينة بموضوع الدراسة. وقد اعتمد الباحث في تحليل البيانات على البرنامج الإحصائي (SPSS V25)، مع توظيف مجموعة من الأساليب الإحصائية الملائمة لطبيعة الدراسة بغرض اختبار فرضيات البحث والتأكد من مستوى الاتساق الداخلي لأداة القياس. وأظهرت نتائج حساب معامل الثبات (ألفا كرونباخ) لمتغيرات البحث أن الأداة تمتاز بمستوى عالٍ من الثبات والموثوقية، مما يعزز من مصداقية النتائج المستخلصة.

جدول (1) معامل الفا كرونباخ

المتغيرات	عدد العبارات	معامل الفا كرونباخ
دور تقنيات الهندسة المعرفية باستخدام الذكاء الاصطناعي	10	.924
إدارة المشاريع الهندسية	10	.906

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامجspss

i. البيانات الديموغرافية

1. النوع الاجتماعي

جدول (2) عينة البحث حسب النوع الاجتماعي

الفئة	التكرار	النسبة المئوية%
ذكر	54	79.41
انثى	14	20.59

Total	68	100.0

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

تشير نتائج الجدول رقم (2) إلى أن غالبية عينة البحث من الذكور بنسبة (79.41%)، مقابل نسبة (20.59%) للإناث، وهو ما يعكس الطبيعة الذكورية السائدة في بيئات العمل الهندسية في المؤسسات المستهدفة ضمن مدينة الرمادي. هذا التوزيع يعكس واقعية العينة، بالنظر إلى أن قطاع المشاريع الهندسية يعتمد بشكل أكبر على الكوادر الذكورية مقارنة بالإناث، مما يعزز من دقة تمثيل العينة لطبيعة مجتمع الدراسة.

2. العمر

جدول (3) عينة البحث حسب العمر

الفئة	التكرار	النسبة المئوية%
22-30سنة	8	11.8
اكثر من- 30 40سنة	15	22.1
أكثر من 40-50 سنة	27	39.7
50سنة فأكثر	18	26.5
Total	68	100.0

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

تشير نتائج الجدول إلى أن النسبة الأكبر من العينة تتركز في الفئة العمرية أكثر من 40 إلى 50 سنة بنسبة بلغت 39.7%، تليها فئة 50 سنة فأكثر بنسبة 26.5%، بينما شكلت الفئتان الأصغر (من 22-30 سنة ومن أكثر من 30-40 سنة) نسبة أقل مقارنة ببقية الفئات.

وهذه النتائج تعكس أن غالبية أفراد العينة يتمتعون بخبرة مهنية طويلة، ما يعزز موثوقية البيانات المستخلصة من استجاباتهم، نظراً لأن هذه الفئات العمرية غالباً ما تكون أكثر انخراطاً في مواقع اتخاذ القرار والإشراف المباشر على مشاريع هندسية، كما أن تراكم الخبرة يسهم في توفير تقييم أكثر دقة وواقعية حول موضوع البحث المتعلق بتقنيات الهندسة المعرفية وإدارة المشاريع باستخدام الذكاء الاصطناعي.

3. المؤهل العلمي

جدول (4) عينة البحث حسب المؤهل العلمي

الفئة	التكرار	النسبة المئوية%
بكالوريوس	60	88.23
دبلوم عالي	5	7.3
ماجستير	3	4.4
Total	68	100.0

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

تظهر نتائج الجدول(4) أن النسبة الأكبر من أفراد العينة يحملون شهادة البكالوريوس بنسبة 88.23%، مما يعكس أن أغلب المبحوثين يتمتعون بقاعدة معرفية قوية ومتخصصة في مجالاتهم الهندسية أو الإدارية، وهي الفئة الأكاديمية السائدة عادة في مواقع العمل الميداني ومتابعة تنفيذ المشاريع.

كما أن نسبة 7.3% لحملة الدبلوم العالي، و4.4% لحملة الماجستير، تشير إلى وجود تنوع أكاديمي ضمن العينة، مما يُثري جودة الإجابات ويمنح البحث توازناً بين المعرفة النظرية المتقدمة والخبرة العملية.

هذا التوزيع يسهم في تعزيز مصداقية نتائج الدراسة، لكون المشاركين يمتلكون خلفيات علمية تؤهلهم لفهم وتقييم أثر تقنيات الهندسة المعرفية والذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية بشكل دقيق.

4.سنوات الخبرة

جدول (5) عينة البحث حسب سنوات الخبرة

الفئة	التكرار	النسبة المئوية%
أقل من 5 سنوات	10	14.7
من 10 – 5 سنوات	9	13.2
من 15 – 10 سنة	31	45.6
أكثر من 15 سنة	18	26.5

Total	68	100.0

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

تشير نتائج جدول (5) إلى أن العينة البحثية تضم طيفاً متنوعاً من الخبرات العملية، وهو ما يعزز من موثوقية البيانات التي تم جمعها ويعطي نتائج البحث قوة تفسيرية أعلى. يتضح أن الفئة الغالبة من المبحوثين تقع ضمن نطاق الخبرة من 10 إلى 15 سنة بنسبة 45.6%، وهو مؤشر مهم على أن آراء العينة تستند إلى خلفية عملية متراكمة وتجارب حقيقية في إدارة المشاريع الهندسية، ما يجعل تقييمهم لتأثير تقنيات الهندسة المعرفية والذكاء الاصطناعي أكثر نضجاً وواقعية.

كما أن نسبة 26.5% ممن تجاوزت خبرتهم 15 سنة تعكس وجود شريحة مهنية مخضرمة داخل العينة، قادرة على إجراء مقارنات دقيقة بين الأساليب التقليدية في إدارة المشاريع وبين ما توفره التقنيات الذكية والهندسة المعرفية من أدوات حديثة، وهو ما يثري استنتاجات البحث بشكل واضح.

من ناحية أخرى، تُمثل الفئة ذات الخبرة المحدودة، سواء أقل من 5 سنوات أو بين 5-10 سنوات ما نسبته حوالي 27.9%، وهي فئة غالباً ما تكون أكثر انفتاحاً نحو تبني الحلول التكنولوجية الحديثة وتعكس آراء الجيل الجديد من المهندسين ومدراء المشاريع الذين لديهم استعداد أكبر لتقبل الابتكار والتطوير التقني.

إجمالاً، يمكن القول إن توزيع الخبرات في هذه العينة كان متوازنًا نسبياً، حيث شمل مستويات مهنية متنوعة، ما أسهم في الحصول على رؤية شاملة لموضوع البحث من وجهات نظر عملية متنوعة، وهو ما يعزز من إمكانية تعميم النتائج وتطبيق التوصيات المقترحة في بيئات مشابهة.

5.نوع المؤهل

جدول (6) عينة البحث حسب نوع المؤهل

الفئة	التكرار	النسبة المئوية%
مهندس	52	76.5
اداري	14	20.5
اخرى	2	3
Total	68	100.0

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

تعكس نتائج جدول (6) تنوع التخصصات ضمن العينة البحثية، الأمر الذي يعزز من مصداقية البيانات، ويوفر فهماً متكاملاً لموضوع البحث من وجهات نظر مهنية مختلفة. فقد تبين أن النسبة الأكبر من أفراد العينة هم من حملة المؤهلات الهندسية بنسبة بلغت 76.5%، وهو أمر منطقي ومتوقع نظراً لطبيعة موضوع البحث المتعلق بإدارة المشاريع الهندسية، حيث يمثل المهندسون الفئة الأكثر احتكاكاً وتعاملاً المباشر مع نظم الذكاء الاصطناعي وتطبيقات تقنيات الهندسة المعرفية في البيئات التنفيذية للمشاريع.

أما الفئة الإدارية التي شكلت نسبة 20.5%، فتضفي بُعداً إدارياً وتنظيمياً مهماً على الدراسة، كون هذه الفئة مسؤولة غالباً عن متابعة عمليات اتخاذ القرار وتطبيق الحلول التقنية من منظور إداري استراتيجي، مما يثري البحث بآراء حول إمكانية دمج الذكاء الاصطناعي والهندسة المعرفية ضمن عمليات التنظيم والتخطيط والمتابعة.

فيما مثلت الفئة المصنفة "أخرى" نسبة ضئيلة 3%، وهي غالباً تضم أفراداً من تخصصات مساندة قد تساهم في دعم المشاريع بشكل غير مباشر مثل الفنيين أو محللي البيانات أو المراقبين.

بالتالي، يُعد هذا التوزيع مؤشراً إيجابياً على أن البحث قد استند إلى آراء عينة ذات خبرات فنية وإدارية متكاملة، مما يدعم موثوقية النتائج ويسهم في تفسير أثر تقنيات الهندسة المعرفية والذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع الهندسية من عدة زوايا مهنية.

i. تحليل ردود العينة

1- **دور تقنيات الهندسة المعرفية باستخدام الذكاء الاصطناعي – المتغير المستقل**

الجدول التالي (7) يعرض الاوساط الحسابية والانحرافات المعيارية والترتيب ومستوى الاهمية لعبارات(اسئلة) المتغير المستقل (**دور تقنيات الهندسة المعرفية باستخدام الذكاء الاصطناعي**) وكما يأتي-:

جدول (7) الاوساط الحسابية والانحرافات المعيارية للمتغير المستقل (دور تقنيات الهندسة المعرفية باستخدام الذكاء الاصطناعي)

العبارات	الاوساط الحسابية	الانحرافات المعيارية	الترتيب	مستوى الاهمية
تساعد تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحسين قدرة المؤسسات على تحليل المعلومات واتخاذ القرارات الدقيقة.	4.03	.977	5	جيد
يسهم استخدام تقنيات الهندسة المعرفية في تعزيز مرونة إدارة المشاريع الهندسية ضمن البيئات المتغيرة والمعقدة.	3.69	.950	10	جيد

تسهم حلول الذكاء الاصطناعي والهندسة المعرفية في تسريع معالجة المشكلات الفنية في المشاريع الهندسية.	4.06	.844	3	جيد
يسهم توظيف الهندسة المعرفية في الكشف المبكر عن المخاطر المحتملة أثناء تنفيذ المشاريع الهندسية.	3.7941	.93934	9	جيد
تساعد تقنيات الهندسة المعرفية باستخدام الذكاء الاصطناعي على تطوير حلول إبداعية للمشاكل التي تواجه فرق العمل الهندسي.	3.9871	1.08576	6	جيد
يسهم دمج الذكاء الاصطناعي مع الهندسة المعرفية في تحسين دقة التنبؤ بنتائج المشاريع الهندسية.	3.9853	.96958	7	جيد
تدعم تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي عملية إدارة المعرفة في فرق المشاريع الهندسية.	4.0588	.92853	4	جيد
يساعد تطبيق تقنيات الهندسة المعرفية على تحسين التكامل بين مكونات المشروع المختلفة وتحقيق الأهداف بكفاءة.	3.9559	1.01384	8	جيد
تعزز أدوات الذكاء الاصطناعي والهندسة المعرفية من قدرة الفرق الهندسية على إدارة البيانات الضخمة وتحليلها بفعالية.	4.0882	.87648	1	جيد
يسهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تعزيز فعالية اتخاذ القرارات الاستراتيجية داخل إدارة المشاريع الهندسية من خلال تقنيات الهندسة المعرفية.	4.07	.997	2	جيد
المجموع العام	**3.972**	**.7566**		جيد

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

يُظهر جدول (7) نتائج التحليل الإحصائي لعبارات المتغير المستقل "دور تقنيات الهندسة المعرفية باستخدام الذكاء الاصطناعي" كما جاءت في استجابات العينة، حيث توزعت الأوساط الحسابية بشكل عام ضمن مستوى (جيد) بمتوسط كلي بلغ 3.972، وهو ما يعكس إدراكاً إيجابياً وقبولاً عالياً لدى المبحوثين لأهمية ودور تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في بيئة المشاريع الهندسية.

- أعلى استجابة سجلتها العبارة التاسعة : "تعزز أدوات الذكاء الاصطناعي والهندسة المعرفية من قدرة الفرق الهندسية على إدارة البيانات الضخمة وتحليلها بفعالية" بمتوسط حسابي 4.0882، مما يشير إلى أن العينة ترى في الذكاء الاصطناعي أداة فعالة ومباشرة في مواجهة تحديات البيانات الضخمة التي أصبحت سمة أساسية في المشاريع الحديثة.
- بينما حصلت العبارة الثانية: "يسهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تعزيز فعالية اتخاذ القرارات الاستراتيجية داخل إدارة المشاريع الهندسية من خلال تقنيات الهندسة المعرفية" على ترتيب متقدم بمتوسط 4.07، مما يعكس قناعة المشاركين بأن الذكاء الاصطناعي لا يقتصر على تحسين الجوانب التشغيلية فقط، بل يمتد أثره نحو تحسين اتخاذ القرار الاستراتيجي في بيئة المشاريع.
- من ناحية أخرى، كانت العبارة العاشرة الأقل متوسطاً في النتائج، حيث سجلت 3.69، والتي تتعلق بتعزيز مرونة إدارة المشاريع في البيئات المعقدة، مما قد يشير إلى وجود تحديات أو قيود على مستوى التطبيق العملي لهذه التقنيات في مواجهة تعقيدات المشاريع المحلية أو بيئة العمل في المؤسسات المستهدفة.
- أما الانحراف المعياري، فقد تراوح بين .844 و 1.08576، وهو تباين معقول يشير إلى مستوى جيد من التوافق في استجابات العينة، ما يعزز من قوة نتائج التحليل.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن نتائج هذا الجدول تؤكد أن تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي تحظى بقبول واسع من قبل المختصين في المجال الهندسي، وتُعتبر عاملاً مهماً في تعزيز فعالية الإدارة، معالجة البيانات، التنبؤ بالمخاطر، ودعم اتخاذ القرار في سياق المشاريع الهندسية.

2- **إدارة المشاريع الهندسية – المتغير التابع**

الجدول التالي (8) يعرض الاوساط الحسابية والانحرافات المعيارية والترتيب ومستوى الاهمية لعبارات(اسئلة) المتغير التابع (**إدارة المشاريع الهندسية**) وكما يأتي-:

جدول (8) الاوساط الحسابية والانحرافات المعيارية للمتغير التابع (إدارة المشاريع الهندسية)

العبارات	الاوساط الحسابية	الانحرافات المعيارية	الترتيب	مستوى الاهمية
يتم تنفيذ مهام المشروع الهندسي وفق خطة زمنية واضحة ومنظمة.	3.97	.897	7	جيد
تساهم إدارة المشاريع الهندسية في تحسين جودة مخرجات المشروع النهائية.	4.104	.883	4	جيد

تعتمد إدارة المشاريع الهندسية على تخطيط دقيق للموارد المتاحة لضمان استمرارية التنفيذ.	4.32	.633	1	جيد
يتم اتخاذ القرارات في المشاريع الهندسية استناداً إلى بيانات دقيقة وموثوقة.	4.01	.922	6	جيد
تسهم إدارة المشاريع الهندسية في التنبؤ بالمخاطر ووضع خطط للتعامل معها بفعالية.	3.96	1.014	8	جيد
تساهم إدارة المشاريع الهندسية في تحقيق الأهداف المحددة ضمن الجدول الزمني والميزانية.	4.12	.955	3	جيد
تعتمد إدارة المشاريع الهندسية على تواصل وتنسيق فعال بين فرق العمل وأصحاب العلاقة.	3.75	.936	10	جيد
توفر إدارة المشاريع الهندسية أدوات فعالة لمتابعة التقدم في مراحل المشروع المختلفة.	3.94	1.035	9	جيد
تعزز إدارة المشاريع الهندسية قدرة الفريق على التكيف مع التغيرات غير المتوقعة أثناء التنفيذ.	4.102	1.067	5	جيد
تلعب إدارة المشاريع الهندسية دوراً محورياً في رفع كفاءة الأداء وتحسين نتائج العمل الجماعي.	4.19118	.965948	2	جيد
المجموع العام	**4.047**	**.7178**		جيد

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

يعكس الجدول (8) نتائج التحليل الإحصائي للمتغير التابع "إدارة المشاريع الهندسية"، حيث يتضح من خلال الأوساط الحسابية أن جميع العبارات قد جاءت ضمن مستوى تقييم (جيد)، وهو ما يدل على وجود إدراك إيجابي قوي من قبل العينة البحثية لأهمية وممارسات إدارة المشاريع الهندسية في بيئات العمل.

- قد بلغ المتوسط الحسابي الكلي لجميع العبارات (4.047)، وهو متوسط مرتفع نسبياً، يشير إلى أن المشاركين في العينة يتفقون على فاعلية دور إدارة المشاريع الهندسية في تعزيز جودة الأداء وتحقيق الأهداف.

- أعلى استجابة سجلتها العبارة الثالثة: "تعتمد إدارة المشاريع الهندسية على تخطيط دقيق للموارد المتاحة لضمان استمرارية التنفيذ" بمتوسط حسابي 4.32، مما يعكس وعي المبحوثين بأهمية عنصر التخطيط للموارد كركيزة أساسية لنجاح أي مشروع هندسي.
- في المقابل، جاءت العبارة السابعة في أدنى ترتيب بمتوسط 3.75، والتي تخص التواصل والتنسيق بين فرق العمل وأصحاب العلاقة، وهو مؤشر على أن هناك فجوة نسبية في التطبيق أو تحديات تواجه التواصل التنظيمي ضمن المشاريع الهندسية، ما يستدعي تركيزاً إضافياً في برامج تحسين الأداء الإداري.
- من ناحية تباين الآراء، كان الانحراف المعياري للعبارات يتراوح بين 0.633 و1.067، ويُعد هذا التباين مقبولاً في الدراسات الميدانية الاجتماعية، ما يشير إلى تباين محدود نسبيًا في وجهات نظر المبحوثين، ويعزز استقرار النتائج.

بناءً على هذه النتائج، يمكن الاستنتاج أن المؤسسات الهندسية في بيئة الدراسة تولي اهتماماً ملحوظاً لمرتكزات إدارة المشاريع مثل التخطيط الدقيق، تحسين الجودة، التعامل مع المخاطر، وتعزيز كفاءة الأداء الجماعي، بينما لا يزال جانب التنسيق الداخلي والتواصل بين الأطراف بحاجة إلى مزيد من التطوير.

ii. اختبار فرضية البحث

اختبار الفرضية **يوجد تأثير ذو دلالة معنوية بين توظيف تقنيات الهندسة المعرفية القائمة على الذكاء الاصطناعي وتعزيز كفاءة إدارة المشاريع الهندسية .**

جدول (9) اختبار تأثير توظيف تقنيات الهندسة المعرفية القائمة على الذكاء الاصطناعي وتعزيز كفاءة إدارة المشاريع الهندسية

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	R^2
		B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	1.945	.392		4.964	.000	.590

	تقنيات الهندسة المعرفية القائمة على الذكاء الاصطناعي	.529	.097	.691	5.460	.000	
a. Dependent Variable: **ادارة المشاريع الهندسية**							

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج spss

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في جدول (9) أن هناك تأثيراً إيجابياً معنوياً لتوظيف تقنيات الهندسة المعرفية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة إدارة المشاريع الهندسية، حيث بلغت قيمة معامل التأثير غير المعياري (B) نحو 0.529، مما يشير إلى أن أي زيادة في مستوى تطبيق هذه التقنيات تؤدي إلى زيادة واضحة في مستوى كفاءة إدارة المشاريع.

- كما أن قيمة معامل التأثير المعياري (Beta) البالغة 0.691 تؤكد وجود علاقة قوية بين المتغير المستقل (تقنيات الهندسة المعرفية القائمة على الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (إدارة المشاريع الهندسية.(
- وقد جاءت قيمة t المحسوبة عند 5.460 مع مستوى دلالة0.000 = Sig ، وهي أقل من 0.05، ما يعني أن التأثير معنوي إحصائياً، ويُقبل الفرض البديل الذي ينص على وجود علاقة ذات دلالة معنوية بين المتغيرين.
- أما قيمة معامل التحديد0.590 = R^2 ، فتعني أن نحو 59% من التغير في كفاءة إدارة المشاريع الهندسية يمكن تفسيره بواسطة تطبيق تقنيات الهندسة المعرفية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، وهو ما يعكس قوة هذا النموذج التفسيري في بيئة البحث.

النتائج تدعم بوضوح صحة الفرضية، وتؤكد أن توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والهندسة المعرفية له أثر فعّال وإيجابي في تحسين ممارسات إدارة المشاريع الهندسية، خاصة في مجالات التخطيط، اتخاذ القرار، وإدارة الموارد والمخاطر.

رابعاً: الاستنتاجات والتوصيات

أ- الاستنتاجات

1. أن تقنيات الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي تحظى بقبول إيجابي ووعي مرتفع من قبل العاملين في مجال إدارة المشاريع الهندسية، حيث سجّلت الأوساط الحسابية تقديرات مرتفعة تعكس ثقة العينة بأهميتها في تحسين كفاءة الأداء الهندسي.
2. بيّنت النتائج أن أكثر العوامل تأثيراً من وجهة نظر المبحوثين هو قدرة الذكاء الاصطناعي والهندسة المعرفية على تعزيز كفاءة التعامل مع البيانات الضخمة وتحليلها بفعالية، مما يسهم في تحسين جودة القرارات خلال دورة حياة المشروع.

3. أكدت نتائج تحليل استجابات العينة أن إدارة المشاريع الهندسية تعتمد بدرجة كبيرة على التخطيط الدقيق للموارد، الأمر الذي يعتبر العامل الأكثر تأثيراً في نجاح المشاريع وفق معطيات العينة.
4. وجود علاقة ذات دلالة معنوية وإيجابية بين توظيف تقنيات الهندسة المعرفية القائمة على الذكاء الاصطناعي وبين تعزيز كفاءة إدارة المشاريع الهندسية، حيث أوضحت نتائج تحليل الانحدار أن هذه التقنيات تفسر ما نسبته 59% من التغير في كفاءة الإدارة.
5. أشارت النتائج إلى وجود فجوة نسبية في جانب التواصل والتنسيق بين فرق العمل وأصحاب العلاقة ضمن المشاريع الهندسية، رغم إدراك العينة لأهمية هذا الجانب، مما يعكس ضرورة التركيز على تطوير أنظمة الاتصال وإدارة المعرفة.

ب- التوصيات

بناءً على الاستنتاجات اعلاه فإننا نوصي بالاتي:-

1. توصي الدراسة المؤسسات الهندسية بتبني وتكثيف استخدام تقنيات الهندسة المعرفية والذكاء الاصطناعي ضمن منظومات إدارة المشاريع بهدف تعزيز القدرة على اتخاذ قرارات أكثر دقة وسرعة، خاصة في المراحل الحرجة من المشروع.
2. تشجع الدراسة على الاستثمار في بناء قدرات الكوادر الفنية والإدارية من خلال برامج تدريب متخصصة تركز على كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة ودعم التخطيط الإستراتيجي للمشاريع.
3. توصي الدراسة بتطوير آليات التنسيق والتواصل الداخلي ضمن فرق العمل الهندسي وأصحاب العلاقة، وتطبيق حلول ذكاء اصطناعي تسهم في تسهيل تدفق المعلومات وتوزيع المهام بكفاءة.
4. تدعو الدراسة إلى تعزيز جهود البحث والتطوير في مجال دمج الهندسة المعرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي مع نظم إدارة المشاريع، بما يسهم في تطوير أدوات ونماذج عمل مبتكرة تتناسب مع طبيعة البيئات الهندسية المحلية.
5. توصي الدراسة الجهات المعنية بإدارة المشاريع بضرورة اعتماد الذكاء الاصطناعي أداة أساسية للكشف المبكر عن المخاطر وإدارة التغيرات أثناء تنفيذ المشاريع، وذلك لرفع كفاءة الأداء وتقليل نسب الفشل أو التأخير.

المراجع

1. Akinrinola, O., Okoye, C. C., Ofodile, O. C., & Ugochukwu, C. E. (2024). Navigating and reviewing ethical dilemmas in AI development: Strategies for transparency, fairness, and accountability. GSC Advanced Research and Reviews, 18(3), 050-058.
2. almahameed, B. A., & Bisharah, M. (2024). Applying machine learning and particle swarm optimization for predictive modeling and cost optimization in construction project management. Asian Journal of Civil Engineering, 25(2), 1281-1294.
3. Angulo, C., Chacón, A., & Ponsa, P. (2023). Towards a cognitive assistant supporting human operators in the Artificial Intelligence of Things. Internet of Things, 21, 100673.

4. Basingab, M. S., Bukhari, H., Serbaya, S. H., Fotis, G., Vita, V., Pappas, S., & Rizwan, A. (2024). AI-based decision support system optimizing wireless sensor networks for consumer electronics in e-commerce. Applied Sciences, 14(12), 4960.
5. Chen, T., & Li, M. (2023). The weights can be harmful: Pareto search versus weighted search in multi-objective search-based software engineering. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 32(1), 1-40.
6. Emaminejad, N., & Akhavian, R. (2022). Trustworthy AI and robotics: Implications for the AEC industry. Automation in Construction, 139, 104298.
7. Guo, K., & Zhang, L. (2022). Multi-objective optimization for improved project management: Current status and future directions. Automation in Construction, 139, 104256.
8. Jamil, N., Belkacem, A. N., & Lakas, A. (2023). On enhancing students' cognitive abilities in online learning using brain activity and eye movements. Education and Information Technologies, 28(4), 4363-4397.
9. Kraiem, I. B., Mabrouk, M. B., & Lucas, D. E. (2023). A comparative study of machine learning algorithm for predicting project management methodology. Procedia Computer Science, 225, 665-675.
10. Obiuto, N. C., Adebayo, R. A., Olajiga, O. K., & Festus-Ikhuoria, I. C. (2024). Integrating artificial intelligence in construction management: Improving project efficiency and cost-effectiveness. Int. J. Adv. Multidisc. Res. Stud, 4(2), 639-647.
11. Radanliev, P., Santos, O., Brandon-Jones, A., & Joinson, A. (2024). Ethics and responsible AI deployment. Frontiers in Artificial Intelligence, 7, 1377011.
12. Rastogi, C., Zhang, Y., Wei, D., Varshney, K. R., Dhurandhar, A., & Tomsett, R. (2022). Deciding fast and slow: The role of cognitive biases in ai-assisted decision-making. Proceedings of the ACM on Human-computer Interaction, 6(CSCW1), 1-22.
13. Shamim, M. M. I. (2024). Artificial Intelligence in project management: enhancing efficiency and decision-making. International Journal of Management Information Systems and Data Science, 1(1), 1-6.
14. Zhang, W. H., Lu, D. G., Qin, J., Thöns, S., & Faber, M. H. (2021). Value of information analysis in civil and infrastructure engineering: a review. Journal of Infrastructure Preservation and Resilience, 2(1), 16.