

الذكاء الاصطناعي واثرة في ادارة المشاريع الهندسية

إعداد الطالب

زيد محمود السطري

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2025

الاهداء

إلى عائلتي التي كانت دائماً السند والدافع في طريق العلم والعمل،
إلى زوجتي الغالية التي منحتني الحب والصبر والدعم في كل خطوة،
إلى أولادي الأحبة الذين منحوني المعنى الحقيقي للإصرار والأمل،
إلى والديّ الكريمين، رمز التضحية والعطاء، وإلى إخوتي وأخواتي الأعزاء،
وإلى أرواح شهداء غزة الأبرار، الذين خطّوا بدمائهم معنى الكرامة والصمود.
إليكم جميعاً، أهدي هذا العمل المتواضع تقديرًا ووفاءً

الشكر والتقدير

الحمد لله ربّ العالمين، والصلاة والسلام على خير معلم، سيدنا محمدٍ عليه
أفضل الصلاة وأتمّ التسليم، وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسانٍ إلى يوم
الدين،
...وبعد

الحمد لله الذي أعانني بفضلِهِ وتوفيقِهِ على إنجاز هذا العمل العلمي المتواضع،
فله الحمد كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه
ومن مقتضيات شكر الله عزّ وجلّ شكرُ كل من مدّ يد العون والمساعدة للباحث
حتى اكتمل هذا العمل،
ففي الحديث الشريف الذي رواه أبو داود والترمذي وأحمد والبيهقي وابن حبان:
قال رسول الله ﷺ
"لا يشكر الله من لا يشكر الناس"

لذا أتقدّم بخالص الشكر والتقدير إلى مشرفي الأكاديمي على توجيهاته السديدة
وملاحظاته القيّمة التي كان لها الأثر الكبير في إخراج هذا البحث بصورته
النهائية،
وإلى أعضاء لجنة المناقشة الموقّرين على ما بذلوه من وقتٍ وجهدٍ في قراءة
الرسالة وتقديم آرائهم البناءة

كما أتوجّه بجزيل الشكر والامتنان إلى أسرّتي العزيزة التي كانت السند الحقيقي
والداعم الأول في مسيرتي العلمية والعملية،
وإلى كل من ساهم بكلمة أو نصيحة أو دعمٍ معنوي، أسأل الله أن يجزيهم خير
الجزاء، وأن يجعل ما قدّموه في موازين حسناتهم

فهرس المحتويات:

- الإهداء
- الشكر والتقدير

- المستخلص
- الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
- 1. المقدمة
- 2. مشكلة الدراسة
- 3. أهمية الدراسة
- 4. أهداف الدراسة
- 5. تساؤلات الدراسة
- 6. فروض الدراسة
- 7. النظرية العلمية المتبعة
- الفصل الثاني: الدراسات السابقة
- 1. مقدمة الدراسات السابقة
- 2. الدراسات الدولية
- 3. الدراسات العربية
- 4. تحليل الفجوات البحثية
- 5. الإطار النظري
- الفصل الثالث: منهجية الدراسة
- 1. مقدمة
- 2. المنهجية وطرق البحث
- 3. مجتمع الدراسة
- 4. عينة الدراسة
- 5. أدوات جمع البيانات
- 6. الأساليب الإحصائية المستخدمة
- 7. حدود الدراسة

- 8. تعريف المصطلحات
- الفصل الرابع: العرض والتحليل الإحصائي
- 1. وصف العينة
- 2. تحليل البيانات
- 3. اختبار الفروض
- الفصل الخامس: النتائج والتوصيات
- 1. أهم النتائج
- 2. التوصيات
- 3. مقترحات لدراسات مستقبلية
- قائمة المراجع
- الملاحق

الفصل الأول

الاطار العام للدراسة

المقدمة:

يشهد العالم في العقدين الأخيرين ثورة رقمية متسارعة تُعدّ من أعظم التحولات التي عرفتتها البشرية منذ الثورة الصناعية الأولى. لقد تجاوزت هذه الثورة حدود التطوير التقني التقليدي لتُحدث تغييرًا جذريًا في بنية المجتمعات، وأنماط الإنتاج، وأساليب الإدارة، وطرق اتخاذ القرار. ومع اتساع نطاق هذه التحولات، أصبح التحول الرقمي مكوّنًا أساسيًا في بناء الاقتصادات الحديثة، ومحركًا رئيسيًا للابتكار والنمو، وعاملًا حاسمًا في تعزيز تنافسية الدول والمؤسسات على حد سواء. وفي قلب هذا التحول، يبرز الذكاء الاصطناعي باعتباره القوة الدافعة لأغلب التطورات التقنية الحالية، وأهم أدوات الثورة الصناعية الرابعة التي أعادت تشكيل أدوات العمل وأساليب التفكير التقليدية.

لقد انتقل الذكاء الاصطناعي خلال سنوات قصيرة من مرحلة كونه تقنية مساندة إلى دور العمود الفقري للأنظمة الرقمية المتقدمة، بفضل قدرته على تحليل كميات ضخمة من البيانات، واستنباط الأنماط المتكررة، واتخاذ قرارات دقيقة بسرعات تفوق القدرات البشرية بمراحل. لقد أصبح الذكاء الاصطناعي جزءًا لا يتجزأ من بنية المؤسسات المعاصرة، لا سيما تلك التي تعتمد على البيانات والتنبؤ واتخاذ القرارات المعقدة، حيث يساهم في تحسين الكفاءة التشغيلية، ودعم التخطيط الاستراتيجي، وإدارة الموارد، واكتشاف المخاطر المحتملة قبل وقوعها.

وتُعدّ إدارة المشاريع الهندسية من أكثر المجالات التي استفادت من ثورة الذكاء الاصطناعي، نظرًا لما تتسم به من تعقيد وتعدد في المراحل والأطراف المشاركة، وتنوع في التحديات المتعلقة بالوقت والتكلفة والجودة. فإدارة المشاريع الهندسية لا تقتصر على تخطيط وتنفيذ المهام فحسب، بل تعتمد على منظومة متكاملة من عمليات المتابعة والتنسيق وحل المشكلات وإدارة المخاطر. وتتعاظم هذه التحديات كلما زاد حجم المشروع وتعقّدت بنيته وزادت الأطراف المتداخلة فيه، مما يجعل الحاجة إلى تقنيات متقدمة قادرة على التعامل مع هذا الحجم الهائل من المعلومات ضرورة لا خيارًا.

في هذا السياق، برزت تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتقنيات التعلم الآلي والتحليلات المتقدمة كأدوات فعّالة تمكّن مديري المشاريع من تحسين عملية اتخاذ القرار، وتعزيز القدرة على قراءة البيانات وتفسيرها، واستشراف المخاطر والانحرافات المحتملة قبل وقوعها. فعلى سبيل المثال، يمكن للذكاء

الاصطناعي تحسين دقة التنبؤات الزمنية والمالية من خلال تحليل البيانات التاريخية لمشروعات مماثلة، واكتشاف العوامل المؤثرة في الأداء، وتقديم توصيات ذكية تساعد في توزيع الموارد بكفاءة، وتجنب الاختناقات التشغيلية، وتقليل الهدر. كما تلعب الأنظمة الخبيرة دورًا محوريًا في دعم الفرق الهندسية من خلال تقديم حلول فورية للمشكلات الفنية اعتمادًا على قواعد معرفية تراكمية مبنية على آلاف الحالات السابقة.

ولم تتوقف فوائد الذكاء الاصطناعي عند حدود التخطيط والتنفيذ، بل امتدت لتشمل إدارة الجودة، ورصد التقدم، وقياس مؤشرات الأداء في الوقت الحقيقي، مما يتيح قدرة غير مسبقة على ضبط العمليات، وتوجيه فرق العمل، والتدخل السريع عند اكتشاف أي انحرافات. كما أسهمت تقنيات النمذجة الرقمية والمحاكاة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في توفير بيئة (Digital Twins) افتراضية آمنة لدراسة تأثير القرارات قبل تنفيذها على أرض الواقع، وتقليل المخاطر التشغيلية، وتحسين نتائج المشروعات بشكل ملموس.

وعلى الرغم من هذا التطور الواسع، فإن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية داخل الدول العربية ما زالت تواجه مجموعة من التحديات البنيوية والمعرفية. إذ تعاني العديد من المؤسسات من نقص في الخبرات المتخصصة في تحليل البيانات، وضعف في تبني الثقافة الرقمية، وغياب أنظمة مؤسسية متكاملة قادرة على استيعاب التقنيات الذكية. كما أن محدودية البنية التحتية التقنية، وعدم وجود سياسات وطنية واضحة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، يمثلان عائقًا أمام التحول نحو نماذج إدارية أكثر تطورًا وذكاءً.

وتبرز الحاجة في هذا السياق إلى إجراء دراسات علمية منهجية تُحلل بشكل معمق أثر استخدام الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع الهندسية، وتكشف عن مدى فعاليته في تحسين الأداء، وتقليل الانحرافات الزمنية والمالية، وتعزيز جودة مخرجات المشاريع، ورفع مستوى الاستدامة في التنفيذ. كما تسعى هذه الدراسة إلى فهم واقع تطبيق الذكاء الاصطناعي في مراحل المشروع المختلفة ابتداءً من مرحلة التخطيط، مرورًا بمرحلة التنفيذ والمراقبة، وصولًا إلى الإغلاق من أجل تحديد الفجوات الحالية واقتراح الحلول التي يمكن أن تسهم في تطوير قطاع المشاريع الهندسية في العالم العربي.

وتهدف هذه الدراسة أيضًا إلى بناء نموذج تطبيقي متكامل يربط بين أدوات الذكاء الاصطناعي وعمليات إدارة المشروع وفقًا للمعايير العالمية وأفضل الممارسات، بما يمكن المؤسسات الهندسية من تبني نهج إداري ذكي يعتمد على البيانات، ويعزز قدرتها على المنافسة، ويدعم رؤى التحول الرقمي والاستدامة. ومن شأن هذا النموذج أن يفتح الطريق أمام إدارة مشاريع أكثر مرونة، وأكثر دقة، وأكثر قدرة على التعامل مع تحديات المستقبل، خصوصًا في ظل زيادة حجم المشاريع الضخمة

-مشكلة الدراسة:-

تُعَدُّ إدارة المشاريع الهندسية من أكثر المجالات تعقيدًا وحساسية في بيئة الأعمال المعاصرة، نظرًا لتعدد مراحلها وتشابك أنشطتها وتنوع الجهات والأطراف المشاركة فيها من مالكين، واستشاريين، ومقاولين، وموردين، وجهات إشرافية وتنفيذية مختلفة، الأمر الذي يجعلها بيئة ديناميكية مليئة بالتحديات والمتغيرات المستمرة. فالمشروعات الهندسية الكبرى غالبًا ما تتسم بضخامة حجمها، وتعدد مكوناتها، وتنوع تخصصاتها، مما يخلق حالة من التداخل والتشابك الإداري والفني تتطلب مستوى عاليًا من التخطيط المسبق، والتنظيم الدقيق، والمتابعة المستمرة، والقدرة على اتخاذ قرارات حاسمة في أوقات قصيرة. وتتعاظم هذه التحديات كلما كان المشروع ذا طبيعة استراتيجية أو تنفيذًا ضمن منظومة بنى تحتية وطنية، حيث تتداخل الاعتبارات التقنية مع العوامل الاقتصادية والتشريعية والتنظيمية.

وتواجه المشاريع الهندسية في مختلف مراحلها مشكلات متكررة تتعلق بالتأخر في التنفيذ، وتجاوز الميزانيات المحددة، وضعف جودة المخرجات، وتكرار الأخطاء التنفيذية، وسوء إدارة الموارد البشرية والمادية، وصعوبة السيطرة على المخاطر، فضلًا عن التعقيدات المرتبطة بإدارة التعاقدات المتعددة، والتنفيذ بالتوازي، وتوقعات أصحاب المصلحة. وغالبًا ما تكون هذه الإشكالات نتيجة لعدم كفاية التخطيط، أو ضعف التنسيق بين الأطراف، أو غياب أنظمة متابعة فعّالة قادرة على رصد الانحرافات مبكرًا. وهذا كله ينعكس سلبيًا على الأداء العام

للمؤسسة المنفذة، وعلى رضا العملاء، كما يؤثر في استدامة المشاريع وقدرتها على تحقيق أهدافها ضمن الإطار الزمني والمالي المحدد.

ومن الناحية الإدارية، تُعدّ إدارة المشاريع الهندسية نظامًا متكاملًا يتطلب رؤية واضحة، وإستراتيجيات دقيقة، وفهمًا عميقًا للسياقات البيئية والتنظيمية والتقنية. فنجاح المشروع لا يتعلق فقط بإنجاز الأعمال الإنشائية، بل يشمل إدارة العلاقات بين فرق العمل، وإدارة الموارد، وتقييم الأداء، وإدارة العقود، وضبط الجودة، والالتزام بمعايير السلامة، ومواجهة المشكلات الطارئة التي تظهر خلال التنفيذ. ومن ثم، فإن الاعتماد على الأساليب التقليدية القائمة على الخبرة البشرية وحدها لم يعد كافيًا لمواجهة التعقيد المتزايد في المشاريع الهندسية المعاصرة.

وفي السنوات الأخيرة، ومع التطور المتسارع في مجال التحول الرقمي وظهور (Artificial Intelligence) تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، برز الذكاء الاصطناعي كأحد أهم الأدوات التكنولوجية التي أحدثت نقلة نوعية في مختلف القطاعات الاقتصادية والإنتاجية. وتمتاز تقنيات الذكاء الاصطناعي بقدرتها على تحليل البيانات الضخمة، والتعلّم الذاتي، والتنبؤ بالنتائج المستقبلية، واقتراح الحلول المثلى في بيئات تتسم بعدم اليقين. وقد أصبح الذكاء الاصطناعي اليوم عنصرًا أساسيًا في منظومات الإدارة الحديثة، نظرًا لما يقدمه من دعم فعّال في اتخاذ القرار، ورفع الكفاءة التشغيلية، وتحسين جودة المخرجات، وتقليل نسب الخطأ البشري، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمشكلات قبل وقوعها.

وفي سياق إدارة المشاريع الهندسية، أثبت الذكاء الاصطناعي قدرته على تقديم حلول عملية لمشكلات مزمنة طالما واجهها مديرو المشاريع. فالتنبؤ بالانحرافات الزمنية والمالية أصبح يتم اليوم بدقة أعلى من خلال تحليل البيانات التاريخية واللحظية للمشروع، واستخلاص الأنماط المتكررة التي قد لا تكون واضحة للمديرين باستخدام الأدوات التقليدية. كما أصبح بالإمكان تحسين إدارة الموارد عبر نماذج ذكية تتوقع معدلات الإنتاج، وتحدد الفترات التي تحتاج فيها فرق العمل إلى تعزيز أو تقليل عدد الموارد، وتساعد في وضع خطط واقعية تقوم على بيانات دقيقة بدلاً من التقديرات الشخصية.

من أهم الأدوات التي (Machine Learning) وتُعدّ تقنيات التعلّم الآلي أحدثت تغييرًا جذريًا في طريقة تحليل الأداء في المشاريع الهندسية، إذ تعتمد على خوارزميات متقدمة تقوم بتدريب نماذج على بيانات سابقة لاكتشاف مؤشرات الخطر المحتملة. فعلى سبيل المثال، يمكن للنظام التنبؤ بتأخر تسليم مورد معين بناءً على تاريخ التزامه في المشاريع السابقة، أو التنبؤ بارتفاع تكلفة بند معين بناءً على تغيرات السوق. كما تلعب تقنيات تحليل البيانات التنبؤية دورًا رئيسيًا في مساعدة المديرين على اتخاذ قرارات (Predictive Analytics) مبنية على أدلة وبيانات وليست على الافتراضات أو الخبرة الشخصية فقط.

، فهي توفر قاعدة معرفية واسعة يمكن (Expert Systems) أما النظم الخيرة من خلالها تقديم توصيات دقيقة لحل المشكلات الفنية أو الإدارية اعتمادًا على تجارب سابقة تم تغذيتها داخل النظام. وهذه التقنيات يمكن أن تقلل من الاعتماد على الخبرات الفردية، وتساهم في نشر المعرفة داخل المؤسسة، وتعزيز مستوى الاتساق في القرارات المتخذة.

وفيما يتعلق بالاتصال والتنسيق، ساعدت تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تدفق المعلومات بين الأطراف المختلفة في المشروع. فالمساعدات الذكية قادرة اليوم على الرد على الاستفسارات الإدارية والفنية، (Chatbots) واستخراج بيانات من الأنظمة المختلفة فورًا، مما يقلل من الوقت الضائع ويزيد من درجة التواصل الفعال داخل المشروع. كذلك أسهمت تقنيات معالجة اللغة في تحليل الوثائق والعقود والتقارير الإنشائية واستخلاص (NLP) الطبيعية البيانات المهمة منها بشكل آلي ودقيق، الأمر الذي يوفر جهدًا كبيرًا كان يُهدر في عمليات المراجعة اليدوية التقليدية.

ورغم كل هذه الإمكانيات الكبيرة والنتائج الملموسة التي حققتها تطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاعات الصناعية والطبية والمالية واللوجستية، فإن تطبيق هذه التقنيات في إدارة المشاريع الهندسية في العالم العربي ما يزال محدودًا وغير مستغل بالشكل الأمثل. ويعود هذا التحدي إلى مجموعة من العوامل التي يمكن تلخيصها في ثلاثة محاور رئيسية:

1. التحديات التقنية:

تواجه العديد من المؤسسات العربية ضعفًا في البنية التحتية الرقمية، ونقصًا في الأنظمة المتكاملة التي تسمح بجمع البيانات وتحليلها بشكل فعال. كما ما تزال

بعض المؤسسات تعتمد على البيانات الورقية أو الأنظمة التقليدية التي لا تتيح استخراج البيانات أو استخدامها في نماذج الذكاء الاصطناعي.

التحديات البشرية والمهارية 2.

نقص الكفاءات المتخصصة في مجالات تحليل البيانات، وتطوير الأنظمة الذكية، وتشغيل منصات الذكاء الاصطناعي، يشكل عقبة كبيرة أمام تطبيق هذه التقنيات. فنجاح الذكاء الاصطناعي يعتمد على توفر فرق عمل تمتلك مهارات تقنية وتحليلية عالية.

التحديات الإدارية والتنظيمية 3.

غياب إستراتيجيات واضحة للتحول نحو الإدارة الذكية، وضعف التنسيق بين الجهات، ومقاومة التغيير داخل المؤسسات، كلها عوامل تحد من الاعتراف الحقيقي بقيمة الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء المؤسسي. كما أن قلة الوعي الإداري بمزايا اعتماد البيانات في اتخاذ القرار يجعل المؤسسات متأخرة في تبني الحلول الحديثة.

ومع استمرار المؤسسات في الاعتماد على الأساليب التقليدية في إدارة المشاريع – والتي تعتمد على الخبرة البشرية والاجتهاد الشخصي أكثر من اعتمادها على البيانات والتحليل – تصبح أقل قدرة على التكيف مع متطلبات العصر الرقمي، وأقل فاعلية في مواجهة التحديات المعقدة التي تفرضها المشاريع الكبرى. ومن هنا تبرز الحاجة الملحة إلى دراسة علمية منهجية تتناول أثر توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع الهندسية من مختلف الجوانب، سواء المتعلقة بالوقت، أو التكلفة، أو الجودة، أو إدارة المخاطر، أو التواصل بين أطراف المشروع، أو كفاءة توزيع الموارد.

وتهدف هذه الدراسة إلى سد الفجوة المعرفية من خلال تحليل شامل لمدى جاهزية المؤسسات الهندسية في العالم العربي لتبني الذكاء الاصطناعي، وتحديد العوامل التي تعيق أو تدعم هذا التبني. كما تسعى الدراسة إلى بناء نموذج تطبيقي متكامل يوضح آليات دمج الذكاء الاصطناعي في عمليات إدارة المشاريع وفق أفضل الممارسات العالمية، مع الأخذ بعين الاعتبار خصوصية السياقات العربية، ومستوى التطور الرقمي، والقدرات المؤسسية المتاحة.

ومن المتوقع أن يسهم هذا النموذج في مساعدة المؤسسات الهندسية على الانتقال من الإدارة التقليدية القائمة على الحدس والخبرة الفردية إلى إدارة ذكية تعتمد على البيانات، وتتسم بالدقة، والمرونة، والقدرة العالية على التعامل مع تعقيدات المشاريع المعاصرة. كما يُتوقع أن يدعم هذا التحول تحقيق نتائج أفضل في جودة التنفيذ، وتقليل الهدر في الموارد، وتعزيز القدرة التنبؤية، وبالتالي رفع مستوى رضا العملاء، وتعزيز تنافسية المؤسسات في الأسواق المحلية والعالمية.

-أهمية الدراسة-

تنبع أهمية هذه الدراسة من التحولات العميقة التي يمر بها العالم في ظل الثورة الصناعية الرابعة، حيث أصبح الذكاء الاصطناعي أحد أهم المحركات الرئيسة للتغيير في مختلف القطاعات، وبشكل خاص في قطاع المشاريع الهندسية الذي يُعدّ من أكثر القطاعات اعتماداً على الدقة والتخطيط والابتكار. فقد شهدت السنوات الأخيرة توسعاً كبيراً في حجم وتعقيد المشاريع الهندسية على مستوى التخطيط والتنفيذ والتسليم، الأمر الذي جعل الأساليب التقليدية في الإدارة عاجزة عن مواكبة المتطلبات الحديثة التي تفرضها بيئة العمل الديناميكية التي تتسم بالتغيّر والتطور السريع. ومع تزايد حجم البيانات المرتبطة بالمشاريع، وتعدد الأطراف المشاركة فيها، وارتفاع مستوى المخاطر، برزت الحاجة إلى أدوات ذكية قادرة على دعم اتخاذ القرار وتوفير رؤى أكثر دقة وعمقاً.

لقد أصبح الذكاء الاصطناعي في هذا السياق خياراً استراتيجياً أساسياً قادراً على إحداث نقلة نوعية في إدارة المشاريع الهندسية. فالمؤسسات تواجه اليوم تحديات متزايدة تتعلق بارتفاع التكاليف التشغيلية، وتكرار حالات التأخر في الجداول الزمنية، وتزايد المخاطر الفنية والتنظيمية، فضلاً عن الحاجة إلى تحقيق مستويات أعلى من الجودة والالتزام بمعايير السلامة. وتفرض هذه التحديات ضرورة اعتماد أنظمة ذكية قادرة على تحليل كميات ضخمة من البيانات التي يولدها المشروع في مختلف مراحله، وتقديم حلول تنبؤية واستنتاجية تساعد في التخطيط المسبق واتخاذ القرارات الدقيقة في الوقت المناسب.

وتكمن الأهمية العلمية لهذه الدراسة في أنها تتناول العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الهندسية، وهي علاقة بدأت تحظى باهتمام متزايد عالميًا، لكنها لا تزال محدودة في الأدبيات العربية. فمعظم الدراسات العربية السابقة ركزت على التحول الرقمي بشكل عام دون تناول البعد المتخصص المتعلق بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية. ومن هنا تأتي هذه الدراسة لتسد فجوة معرفية حقيقية من خلال تحليل كيفية توظيف (Machine Learning) ، تقنيات الذكاء الاصطناعي—مثل التعلم الآلي (Expert Systems) ، والنظم الخيرة (Predictive Analytics) وتحليل البيانات التنبؤية في تحسين عمليات التخطيط، —(NLP) ، ومعالجة اللغة الطبيعية (Natural Language Processing) في تحسين الاتصال والتنسيق بين الأطراف.

وتسعى الدراسة إلى بناء إطار نظري ومنهجي يوضح طبيعة العلاقة بين هذه التقنيات المتقدمة وفعالية إدارة المشاريع الهندسية، مع التركيز على آليات التطبيق، ومعايير النجاح، والعوامل المؤثرة في تبني الذكاء الاصطناعي داخل المؤسسات الهندسية. وهذا بدوره يثري المجال الأكاديمي ويعزز الفهم العلمي لفرص وتحديات توظيف الذكاء الاصطناعي في سياق المشاريع المعقدة.

أما من الناحية التطبيقية، فتبرز أهمية الدراسة في قدرتها على تقديم حلول عملية تستند إلى نتائج بحثية قابلة للتنفيذ. إذ يمكن للمؤسسات الهندسية الاستفادة من التوصيات والاستنتاجات الناتجة عن الدراسة في تطوير سياساتها الداخلية، وتحديث أنظمتها، وتحسين كفاءة إدارة المشاريع من خلال دمج الذكاء الاصطناعي ضمن مراحل التخطيط والمتابعة والتحكم. ويمكن لتطبيق هذه الأدوات الذكية أن يساعد في تقليل الهدر في الوقت والجهد والتكلفة، وتحسين إدارة الموارد البشرية والمادية، وتعزيز التواصل بين الفرق الفنية والإدارية، وتقليل الأخطاء التشغيلية التي تنتج عن التقديرات غير الدقيقة أو سوء التنسيق.

فعلى سبيل المثال، يمكن للتعلم الآلي التنبؤ بالانحرافات المحتملة في الجدول الزمني بناءً على البيانات التاريخية للمشروع، مما يمكن مدير المشروع من اتخاذ إجراءات استباقية قبل حدوث التأخير. كما يمكن لتحليل البيانات التنبؤية تقدير التكلفة المتوقعة للفترة المستقبلية، وبالتالي تحسين عملية إعداد الميزانية

والحد من الزيادات غير المتوقعة في التكاليف. أما النظم الخيرة، فيمكنها تقديم حلول فورية للمشكلات التنفيذية استنادًا إلى معرفة تراكمية مستخلصة من مشاريع سابقة، مما يساهم في تقليل الوقت المستغرق لحل المشكلات المعقدة.

وتكتسب هذه الدراسة أهمية خاصة في ظل محدودية تطبيق الذكاء الاصطناعي في قطاع المشاريع الهندسية في العالم العربي، حيث ما تزال العديد من المؤسسات تعتمد على الأساليب التقليدية. وتُظهر المؤشرات أن ضعف البنية التحتية الرقمية، وقلة الكفاءات المتخصصة، وغياب الاستراتيجيات الواضحة لتبني الذكاء الاصطناعي، تعدّ من أبرز العوامل التي تُعيق هذا التحول. ومن هنا فإن هذه الدراسة تقدم إضافة مهمة من خلال تحليل البيئة الهندسية العربية الحالية وتحديد متطلبات التحول نحو إدارة ذكية للمشاريع.

كما تمتد أهمية الدراسة إلى بعدها المستقبلي، إذ تواكب التوجهات العالمية نحو التحول الرقمي، وتدعم الجهود الرامية إلى تعزيز القدرة التنافسية للمؤسسات الهندسية العربية في ظل المنافسة الدولية المتزايدة. فالاعتماد على الذكاء الاصطناعي لم يعد خيارًا ترفيًّا، بل أصبح ضرورة استراتيجية لأي مؤسسة تسعى إلى تحقيق التميز والقدرة على المنافسة في الأسواق العالمية. ومن المتوقع أن تمكن نتائج الدراسة القادة الإداريين والمهندسين من فهم أفضل لمزايا الإدارة الذكية القائمة على البيانات، وكيفية تطبيق هذه المفاهيم في بيئة المشاريع لضمان تحقيق أعلى مستويات الأداء.

وتسهم الدراسة أيضًا في تمهيد الطريق أمام تصميم نماذج متقدمة لإدارة المشاريع تعتمد على البيانات والمعالجة الذكية بدلاً من الخبرة الشخصية فقط، إذ أصبحت المشروعات الحديثة تولد كميات ضخمة من البيانات التي يمكن الاستفادة منها في تحسين الأداء. ومن هنا تأتي أهمية تعزيز ثقافة البيانات داخل المؤسسات الهندسية، والعمل على بناء بنية تحتية رقمية فعّالة، وتدريب الكوادر الهندسية والإدارية على استخدام الأدوات الرقمية الحديثة.

ولأن البيئة الهندسية في العالم العربي تشهد حاليًا طفرة في المشاريع الإنشائية الضخمة—وخاصة في دول الخليج العربي التي تنفذ مشاريع كبرى مثل المدن الذكية، والبنى التحتية الضخمة، والمشاريع العقارية العملاقة—فإن نتائج هذه الدراسة يمكن أن تلعب دورًا محوريًّا في توجيه هذه المشاريع نحو استخدام

أفضل للتقنيات الحديثة. كما أنه من المتوقع أن تساعد نتائج الدراسة صناع القرار في رسم سياسات واستراتيجيات طويلة الأمد تدعم التحول نحو الإدارة الذكية للمشاريع.

وبناءً على ما سبق، يمكن القول إن هذه الدراسة تمثل مساهمة علمية وعملية مهمة في مسار تطوير إدارة المشاريع الهندسية من خلال توظيف الذكاء الاصطناعي كأداة داعمة للابتكار والإدارة الفعّالة. فهي لا تقتصر على الجانب النظري، بل تمتد إلى الجانب التطبيقي من خلال تقديم نماذج عملية قابلة للتطبيق في المؤسسات الهندسية، مما يعزز قدرتها على المنافسة وتحقيق أهدافها الاستراتيجية في بيئة عمل تتسم بالتغير والتعقيد المستمر. كما تمهد الدراسة لمرحلة جديدة من التفكير العلمي الذي يعتمد على البيانات والتحليل الذكي بدلاً من الاعتماد على الأساليب التقليدية، وهو ما يجعلها مرجعاً مهماً للباحثين والممارسين في مجال إدارة المشاريع الهندسية.

-أهداف الدراسة-

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف الدور المحوري الذي يمكن أن يلعبه الذكاء الاصطناعي في تطوير وتحسين إدارة المشاريع الهندسية من مختلف الجوانب الفنية والإدارية، وذلك من خلال تحليل آليات توظيف تقنياته الحديثة في مراحل المشروع كافة. ففي ظل النمو المتسارع في حجم وتعقيد المشاريع الهندسية، والتوجه العالمي نحو التحول الرقمي في مؤسسات القطاعين العام والخاص، أصبح من الضروري التعمق في دراسة كيفية الاستفادة من أدوات الذكاء الاصطناعي لدعم عمليات التخطيط، والتنفيذ، والمتابعة، والتحكم، لا سيما في ظل التحديات التي تواجه المشاريع اليوم بشأن الوقت، والتكلفة، والجودة، والمخاطر، وارتفاع مستوى التنافسية، والحاجة المستمرة إلى الابتكار وتحسين الأداء.

لقد شكّل الذكاء الاصطناعي نقطة تحول جوهرية في الطريقة التي تُدار بها الأعمال المعقدة، ومنها المشاريع الهندسية، حيث تجاوز دوره كأداة مساعدة ليصبح عنصراً أساسياً في دعم اتخاذ القرار، وإدارة الموارد، وتحسين الكفاءة

التشغيلية. ومن هنا تأتي هذه الدراسة لسد الفجوة البحثية المتعلقة بفهم كيفية تفعيل الذكاء الاصطناعي داخل بيئات المشاريع، واستكشاف تأثيراته المباشرة وغير المباشرة على دورة حياة المشروع، ابتداءً من دراسة الجدوى والتصميم وحتى مرحلة الإغلاق والتقييم.

وعليه، فإن الهدف العام للدراسة يتمثل في:

تحليل أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الهندسية وتعزيز جودة مخرجاتها في بيئات العمل الحديثة.

وهذا الهدف الشامل يتضمن مجموعة من الأهداف التفصيلية التي تشكل الإطار العام للبحث، ويمكن توسيعها على النحو الآتي:

تحديد مدى انتشار واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية

يسعى هذا الهدف إلى دراسة مستوى جاهزية المؤسسات الهندسية العربية والعالمية لتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي، ومدى وعي العاملين فيها بمفاهيم الذكاء الاصطناعي وأنواعه المختلفة. كما تهدف الدراسة إلى التعرف على درجة اعتماد المؤسسات على هذه التقنيات في المجالات المرتبطة بالمشروعات، مثل التخطيط الزمني باستخدام النماذج التنبؤية، وتقدير التكاليف عبر التحليلات الذكية، وإدارة الموارد البشرية والمادية باستخدام أنظمة التعلم الآلي، ومراقبة الأداء عبر لوحات تحكم ذكية تعتمد على البيانات اللحظية.

ويتضمن هذا الهدف تحليل البيئة الرقمية داخل المؤسسات الهندسية، وتقييم مستوى توفر البنية التحتية المناسبة، مثل أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS)، وأنظمة إدارة المشاريع (PMIS)، وبرمجيات المحاكاة، بهدف فهم مدى مواءمتها لاستقبال تقنيات الذكاء الاصطناعي.

تحليل مجالات تطبيق الذكاء الاصطناعي في دورة حياة المشروع الهندسي
يتناول هذا الهدف دراسة مفصلة لدور تقنيات الذكاء الاصطناعي خلال مراحل المشروع المختلفة:

مرحلة التصميم: مثل استخدام الخوارزميات في تحسين نماذج التصميم، والرؤية الحاسوبية في مراجعة المخططات الهندسية.

مرحلة التخطيط: مثل استخدام التعلّم الآلي في إعداد الجداول الزمنية التنبؤية، وتقدير التكلفة تلقائيًا بناءً على قواعد بيانات تاريخية.

مرحلة التنفيذ: مثل استخدام الطائرات المسيّرة المدعومة بالذكاء الاصطناعي لمراقبة التقدم، والرؤية الحاسوبية للتحقق من جودة الأعمال المنفّذة.

مرحلة المتابعة والتحكم: مثل إنشاء نظم تنبيه مبكر لمخاطر التأخير أو تجاوز التكلفة، واستخدام التحليلات اللحظية لمراقبة الأداء.

مرحلة الإغلاق: مثل تقييم المشروع واستخلاص الدروس المستفادة عبر تقنيات معالجة اللغة الطبيعية من التقارير السابقة.

ويمتد هذا الهدف لتوضيح القيمة المضافة لكل تقنية من تقنيات الذكاء الاصطناعي في معالجة مشكلات محددة تواجه مدير المشروع يوميًا، مع دعم ذلك بنماذج تطبيقية عالمية.

تقييم أثر الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسة للمشروعات (KPIs) يركز هذا الهدف على قياس العلاقة بين تطبيق الذكاء الاصطناعي وتحسين ما يلي:

الوقت: مثل تقليل مدة التنفيذ، وتحسين دقة الجداول الزمنية.

التكلفة: مثل الحد من الانحرافات المالية وتقليل الهدر في الموارد.

الجودة: مثل رفع مستوى الجودة وتقليل الأخطاء التنفيذية.

إدارة المخاطر: مثل تعزيز القدرة على التنبؤ بالمشكلات قبل وقوعها ومعالجتها في مراحل مبكرة.

كفاءة الموارد: مثل تحسين توزيع العمالة والآليات والمعدات.

رضا أصحاب المصلحة: مثل تحسين التواصل والمعلومات الدقيقة.

ويُتوقع أن تُظهر النتائج أن الذكاء الاصطناعي يُعدّ من أهم الأدوات التي يمكن أن ترفع مستوى نضج إدارة المشاريع وتحسن نتائجها بشكل ملموس.

استكشاف التحديات التي تعيق تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية

تواجه المؤسسات الهندسية عدة تحديات عند محاولة دمج الذكاء الاصطناعي في عملياتها الإدارية والفنية، وتشمل:

تحديات تقنية: مثل نقص البنية التحتية الرقمية، وصعوبة التكامل بين الأنظمة المختلفة.

تحديات بشرية: مثل نقص الكفاءات المدربة على الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.

تحديات تنظيمية: مثل مقاومة التغيير داخل المؤسسات، وضعف ثقافة الابتكار.

تحديات مالية: مثل ارتفاع تكلفة تطبيق الأنظمة الذكية، وغياب التمويل الكافي.

تحديات قانونية وأمنية: مثل حماية البيانات، والخصوصية، والتنظيمات الحكومية المتعلقة بالتكنولوجيا.

وتسعى الدراسة إلى تحديد هذه التحديات وتحليل جذورها، بهدف تقديم حلول عملية للتغلب عليها.

اقترح نموذج تطبيقي لتفعيل دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

يمثل هذا الهدف البعد التطبيقي الأهم للدراسة، حيث سيتم تطوير نموذج عملي شامل يساعد المؤسسات الهندسية على دمج الذكاء الاصطناعي في عمليات إدارة المشاريع بطريقة منهجية ومنظمة. وقد يتضمن النموذج العناصر التالية:

خارطة طريق للتحويل الرقمي في المشاريع الهندسية.

إطار عمل لتحديد التقنيات المناسبة حسب المرحلة.
عمليات ومعايير واضحة لاعتماد الذكاء الاصطناعي.
هيكل تنظيمي يدعم التحول نحو الإدارة الذكية.
أدوات تقييم جاهزية المؤسسة.
نموذج SWOT للذكاء الاصطناعي في المشاريع.
ويهدف هذا النموذج إلى أن يكون أداة إرشادية للمؤسسات الهندسية تسهل عليها تبني الذكاء الاصطناعي دون إحداث إرباك في نظام العمل القائم.
تحليل انعكاس تبني الذكاء الاصطناعي على تحسين عملية اتخاذ القرار الإداري والفني
يُعدّ اتخاذ القرار من أهم وظائف مدير المشروع، وهو الأكثر تأثرًا بدمج الذكاء الاصطناعي. ومن هنا تسعى الدراسة إلى تحليل كيفية مساهمة الذكاء الاصطناعي في:
تقديم بدائل متعددة وحلول مقترحة بناءً على البيانات.
تسريع اتخاذ القرارات وتقليل الاعتماد على الحدس فقط.
تقليل الأخطاء الناتجة عن الخبرات البشرية المحدودة.
تحسين التواصل بين الأطراف عبر تقارير ذكية.
توفير رؤى تنبؤية تساعد على تجنب الأزمات.
وتسعى الدراسة إلى تقييم كيف يمكن لهذه التحسينات أن تنعكس على جودة المشروع ونتائجه النهائية.

المساهمة في إثراء الجانب الأكاديمي والمعرفي في مجال إدارة المشاريع الذكية
تتطلع الدراسة إلى تقديم إضافة علمية جديدة للأدبيات العربية، من خلال بناء إطار نظري متكامل يربط بين مبادئ إدارة المشاريع الهندسية ومفاهيم الذكاء الاصطناعي، بما يساهم في:

تعزيز منهجيات البحث العلمي في هذا المجال.
دعم الباحثين وطلبة الدراسات العليا في إعداد دراسات مستقبلية.
توفير أسس علمية تساعد الجامعات على تحديث مناهجها الهندسية.
دعم توجهات الدولة نحو بناء اقتصاد معرفي قائم على التكنولوجيا.
ومن المتوقع أن تمثل هذه الدراسة مرجعًا بحثيًا مهمًا يُبنى عليه في الدراسات المستقبلية المتعلقة بإدارة المشاريع الذكية.

-تساؤلات الدراسة-

انطلاقاً من مشكلة الدراسة وأهدافها، تتمحور هذه الدراسة حول مجموعة من التساؤلات الرئيسة والفرعية التي تهدف إلى استكشاف مدى إسهام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير وتحسين إدارة المشاريع الهندسية، وذلك من خلال تحليل واقع تطبيق هذه التقنيات، وفهم مستوى انتشارها، وتقييم أثرها على الأداء العام للمشاريع، واستكشاف التحديات التي تحول دون تبنيها بالشكل الأمثل داخل البيئات الهندسية. وتنبع أهمية هذه التساؤلات من كون الذكاء الاصطناعي أصبح اليوم أحد الركائز الأساسية للتحويل الرقمي في المؤسسات الحديثة، ولا سيما المؤسسات الهندسية التي تعتمد في عملها على تخطيط دقيق، وتنفيذ منضبط، وعمليات معقدة تتطلب أعلى درجات التحكم في الموارد والمخاطر.

ويتمثل التساؤل الرئيس الذي تسعى الدراسة إلى الإجابة عنه في السؤال المحوري الآتي:

ما أثر توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الهندسية من حيث الوقت، والتكلفة، والجودة، وإدارة المخاطر؟

يمثل هذا التساؤل الإطار العام للدراسة، حيث يهدف إلى فهم العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وتحسين أداء المشاريع، وإلى تحليل مدى قدرة هذه التقنيات على إحداث تغيير حقيقي في ممارسات الإدارة التقليدية، وتقديم حلول أكثر كفاءة تعتمد على البيانات والتحليل الذكي بدلاً من الأساليب القائمة على الحدس والخبرة الشخصية فقط. وقد تمّ اشتقاق مجموعة من التساؤلات الفرعية التي تساعد على تغطية الموضوع بشكل شامل ومتعمق، وهي كما يلي:

ما مدى انتشار الوعي بمفهوم الذكاء الاصطناعي بين العاملين في مجال إدارة المشاريع الهندسية؟

يهدف هذا التساؤل إلى فهم مستوى المعرفة النظرية والعملية لدى القائمين على إدارة المشاريع الهندسية، وذلك من خلال قياس مدى إدراكهم لمفاهيم الذكاء الاصطناعي الأساسية، ولمدى قدرات هذه التقنيات على تحسين عمليات الإدارة. فمن المعروف أن تبني أي تقنية حديثة لا يرتبط فقط بتوفرها، وإنما يتوقف على وعي المستخدمين بأهميتها وفوائدها، وقدرتهم على تطبيقها في السياقات العملية. ويشمل ذلك استكشاف مدى اهتمام المؤسسات الهندسية بتوجيه العاملين نحو التدريب المتخصص، ومدى توفر برامج لرفع الكفاءة الرقمية، ومقدار انخراطهم في التحول الرقمي المؤسسي.

كما يتضمن هذا التساؤل تحليل الفروقات بين المؤسسات من حيث انتشار المعرفة التقنية، ومدى جاهزية الكوادر الهندسية والإدارية لاستخدام الأنظمة الذكية، ومعرفة مستوى الثقة في القرارات التي تنتجها هذه الأنظمة، إضافة إلى استكشاف مدى إدراك العاملين للفوائد الاقتصادية، والفنية، والتنظيمية التي يمكن أن يحققها الذكاء الاصطناعي في المشاريع.

ما أبرز التقنيات الذكية المستخدمة في إدارة المشاريع الهندسية، وما مجالات تطبيقها؟

يركّز هذا التساؤل على تحديد الأدوات والتقنيات الأكثر استخدامًا في إدارة المشاريع الهندسية، ويشمل ذلك الخوارزميات الذكية، والأنظمة الخبيرة، والتعلّم الآلي، والتحليلات التنبؤية، وتقنيات الرؤية الحاسوبية، والروبوتات، والطائرات المسيّرة، وأنظمة المحاكاة، إضافةً إلى تقنيات معالجة اللغة الطبيعية التي تستخدم في تحليل المستندات والوثائق الفنية.

ويسعى التساؤل إلى تفسير كيفية دمج هذه الأدوات في مراحل المشروع المختلفة، مثل:

- مرحلة التصميم: استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل المخططات، وتحسين تصميم الهياكل، والكشف المبكر عن الأخطاء.
- مرحلة التخطيط: توليد جداول زمنية تعتمد على التنبؤ الذكي.
- مرحلة التنفيذ: مراقبة تقدم الأعمال باستخدام الطائرات المسيّرة والرؤية الحاسوبية.
- مرحلة المراقبة: تتبع مؤشرات الأداء اللحظية عبر أنظمة تحليل البيانات.
- مرحلة الإغلاق: تحليل الدروس المستفادة وتوثيقها بشكل آلي.

ويتيح هذا التساؤل فهم المشهد التطبيقي الكامل للذكاء الاصطناعي داخل دورة حياة المشروع الهندسي.

إلى أي مدى يسهم تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين مؤشرات الأداء الرئيسية للمشروعات (KPIs)؟

هذا التساؤل يمثل صلب الدراسة ومركزها، إذ يتناول تقييم أثر الذكاء الاصطناعي على الأداء الفعلي للمشاريع الهندسية. وتركز الدراسة هنا على عدد من المؤشرات الأساسية مثل:

- كفاءة الوقت: القدرة على تقليل التأخيرات وتحسين دقة الجدولة.
- كفاءة التكلفة: التحكم في الميزانيات والحد من الانحرافات المالية.
- الجودة: رفع جودة التنفيذ وتقليل الأخطاء.
- إدارة المخاطر: التنبؤ المبكر بالمشكلات، وخفض احتمالات الفشل.
- تحسين الإنتاجية: رفع أداء العمالة والمعدات من خلال مراقبة الأداء الذكي.

ويعمل هذا التساؤل على دراسة تأثير الذكاء الاصطناعي بعمق، بهدف تحديد ما إذا كان يمثل مجرد أداة مساعدة، أم عنصرًا قادرًا على إحداث تحول جذري في إدارة المشاريع.

ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في بيئة إدارة المشاريع الهندسية؟

يتناول هذا التساؤل العقبات التي تعترض طريق المؤسسات الهندسية عند تبني التقنيات الذكية، وتشمل:

- التحديات التقنية: ضعف البنية التكنولوجية، غياب قواعد بيانات متكاملة، صعوبة تكامل الأنظمة.
- التحديات البشرية: نقص الكفاءات، ضعف التدريب، وقلة الوعي بالتقنيات الحديثة.
- التحديات التنظيمية: مقاومة التغيير الداخلي، وضعف ثقافة الابتكار.
- التحديات المالية: ارتفاع تكلفة الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي في المراحل الأولى.
- التحديات القانونية: قضايا الخصوصية، حماية البيانات، والمعايير التقنية غير الموحدة.

يسعى هذا التساؤل إلى فهم الأسباب الحقيقية وراء بطء تبني الذكاء الاصطناعي في المؤسسات العربية مقارنة بالمؤسسات العالمية المتقدمة.

كيف يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي لدعم عملية اتخاذ القرار في المشاريع الهندسية؟

يعد اتخاذ القرار أحد أهم عناصر إدارة المشاريع، وهو الأكثر تأثراً باستخدام الذكاء الاصطناعي. ويهدف هذا التساؤل إلى تحليل قدرة الأنظمة الذكية على:

- تقديم قرارات مبنية على البيانات الدقيقة بدلاً من التجارب الشخصية فقط.
- توليد تنبؤات متقدمة تساعد في التخطيط الاستباقي.
- توفير نماذج محاكاة للبدائل المختلفة لاتخاذ القرار الأمثل.
- تحليل المشكلات واقتراح حلول تلقائياً عبر الأنظمة الخيرة.
- دعم مديري المشاريع في مراقبة الأداء بشكل لحظي.

هل يختلف تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع باختلاف حجم المشروع أو نوعه أو طبيعة المؤسسة المنفذة؟

يسعى هذا التساؤل إلى تحليل الفروقات بين أنواع المشاريع من حيث استفادتها من الذكاء الاصطناعي، وذلك عبر المقارنة بين:

- المشاريع الصغيرة والمتوسطة والكبيرة.
- المشاريع الإنشائية والصناعية والتكنولوجية.
- المؤسسات الحكومية والخاصة والاستشارية.

ويهدف إلى تحديد ما إذا كان تبني الذكاء الاصطناعي أكثر فاعلية في مشاريع معينة دون غيرها، وما العوامل التي تؤثر على ذلك، مثل حجم البيانات المتولدة، أو مستوى التعقيد الفني، أو القدرة المالية للمؤسسة.

ما النموذج المقترح لتفعيل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية بشكل فعال ومستدام؟

يركّز هذا التساؤل على خلاصات الدراسة، ويهدف إلى تطوير إطار عمل شامل يساعد المؤسسات الهندسية على دمج الذكاء الاصطناعي بطريقة تدريجية ومنظمة. وقد يشمل النموذج المقترح:

- خارطة طريق للتحويل الرقمي.
- توصيات للبنية التحتية الرقمية المطلوبة.

- آليات دمج الذكاء الاصطناعي في عمليات إدارة المشاريع.
- الإجراءات التنظيمية اللازمة لتبني الإدارة الذكية.
- تحديد المتطلبات البشرية والمهارية.
- أدوات قياس نضج المؤسسة رقمياً.

- فروض الدراسة

بناءً على مشكلة الدراسة وتساؤلاتها وأهدافها، وانطلاقاً من الأدبيات النظرية والبحوث السابقة ذات الصلة، تتضح الحاجة إلى صياغة مجموعة من الفروض التي تعبر عن العلاقات المتوقعة بين المتغيرات الرئيسة للدراسة. يتمثل المتغير المستقل في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي داخل المشاريع الهندسية، بينما يتمثل المتغير التابع في كفاءة إدارة المشاريع الهندسية التي تُقاس من خلال مجموعة من الأبعاد الأساسية، وهي الوقت، والتكلفة، والجودة، والمخاطر، واتخاذ القرار. تنبع أهمية هذه الفروض من الدور المتزايد للذكاء الاصطناعي في دعم العمليات الإدارية والفنية، وقدرته على تحليل البيانات، والتنبؤ، ومحاكاة السيناريوهات، وتعزيز الرقابة التشغيلية، الأمر الذي يجعل آثاره المحتملة على إدارة المشاريع ذات أهمية بحثية واضحة.

تسعى الفروض إلى قياس مدى وجود أثر فعلي للذكاء الاصطناعي على فعالية إدارة المشاريع الهندسية، سواء في مراحل التخطيط أو التنفيذ أو الإغلاق، إضافة إلى اختبار اتجاه هذا الأثر وقوته وطبيعته، وتحديد ما إذا كان هذا الأثر يتأثر بعوامل مثل حجم المشروع ونوعه وطبيعة المؤسسة المنفذة. وتعتمد هذه الفروض بشكل مباشر على ما جاء في الدراسات السابقة التي تناولت توظيف الذكاء الاصطناعي في مجالات مثل التحليل التنبؤي، وإدارة الموارد، والتخطيط الاستراتيجي، والحوكمة التقنية، وإدارة دورة حياة المشروع.

ويزداد حضور الذكاء الاصطناعي في قطاع المشاريع الهندسية نتيجة التحول الرقمي المتسارع واعتماد المنظمات على البيانات الضخمة، وأنظمة المحاكاة،

والنمذجة الرقمية، وتعلم الآلة. وقد أثبتت البحوث أن استخدام هذه التقنيات يساهم في خفض نسب الانحراف في الجداول الزمنية، ويقلل الهدر في الموارد، ويحسن دقة التكاليف التقديرية، ويوفر أنظمة مراقبة جودة مستمرة، إضافة إلى دعم اتخاذ القرارات المصيرية بسرعة ودقة أكبر. وبناءً على ذلك، تأتي الفروض التالية لتفسير تلك العلاقات المتوقعة بصورة منهجية واضحة.

أولاً: الفرض الرئيس

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين كفاءة إدارة المشاريع الهندسية في مختلف مراحلها.

يعكس هذا الفرض اعتقادًا بأن الذكاء الاصطناعي ليس مجرد أداة مساعدة، بل عنصر محوري قادر على إحداث تغيير نوعي في الأداء الإداري والفني داخل المشاريع. فاعتماد خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات المتعلقة بالجداول الزمنية، والموارد، والمخاطر، ونقاط الضعف المتكررة، يمكن مديري المشاريع من اتخاذ قرارات مبنية على معلومات دقيقة وليس على الخبرة الشخصية وحدها. كما أن أنظمة التنبؤ بالانحرافات، وتقنيات المتابعة الإنجاز، وأنظمة الحوكمة الذكية تساهم في تخفيض نسبة الخطأ البشري والحد من التأخير، وتساعد في إدارة التكلفة ضمن نطاقها المحدد، وتحسين الجودة من خلال الاكتشاف المبكر للأخطاء.

وتشير الأدبيات إلى أن دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يرتبط ارتباطًا وثيقًا بقدرة المؤسسات على التحوّل الرقمي، وتوفر بنية تحتية تكنولوجية قوية، واعتماد عمليات مؤسسية معيارية. وبالتالي، يفترض هذا الفرض أن الأثر الإيجابي للذكاء الاصطناعي على الأداء الإداري والفني سيكون واضحًا في المؤسسات التي تمتلك جاهزية رقمية أعلى.

ثانيًا: الفروض الفرعية

1. الفرض الأول: إدارة الوقت

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين إدارة الوقت في المشاريع الهندسية.

يتوقع هذا الفرض أن أدوات الذكاء الاصطناعي مثل الخوارزميات التنبؤية، وأنظمة التخطيط الذكي، وتقنيات مراقبة المسار الحرج، ستساهم في تحسين الالتزام بالجدول الزمنية وتقليل التأخير. فعلى سبيل المثال، يمكن لتطبيقات تعلم الآلة تحليل البيانات المتعلقة بالأنشطة المترابطة والكشف المبكر عن أي تأخير محتمل، كما يمكنها اقتراح حلول تصحيحية آلية مبنية على تجارب مشاريع سابقة. وتشير البحوث إلى أن توظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة الموارد والأعمال اليومية يعزز القدرة على إعادة توزيع المهام بشكل لحظي وفقًا للتغيرات على أرض الواقع.

2. الفرض الثاني: إدارة التكاليف

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتقنيات الذكاء الاصطناعي على إدارة تكاليف المشاريع الهندسية.

يمتد أثر الذكاء الاصطناعي ليشمل التنبؤ بالتكاليف المستقبلية وتحليل الانحرافات المالية قبل وقوعها، حيث تستطيع الأنظمة الذكية تحليل آلاف البيانات المالية السابقة وربطها بالمعطيات الحالية للمشروع، مما يساعد في توقع تجاوز الميزانية. كما أن تحسين تخصيص الموارد استنادًا إلى تحليلات

الذكاء الاصطناعي يقلل من الهدر الناتج عن سوء التخطيط أو التقدير غير الدقيق، إضافة إلى دعم اتخاذ القرارات المتعلقة بتوريد المواد، وإدارة المخزون، واختيار البدائل الاقتصادية في الوقت المناسب.

3. الفرض الثالث: إدارة الجودة

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة مخرجات المشاريع الهندسية.

الجودة تُعد مؤشرًا حاسمًا في نجاح أي مشروع هندسي، وتفترض الأدبيات أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تساهم بشكل واضح في تعزيز جودة التنفيذ. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام أنظمة الرؤية الحاسوبية في كشف العيوب في الأعمال الإنشائية أو الميكانيكية أو الكهربائية قبل تفاقمها، كما يمكن استخدام خوارزميات تحليل البيانات في متابعة مؤشرات الجودة على مدار مراحل المشروع. يؤدي ذلك إلى تقليل الأخطاء وإعادة العمل، وزيادة مستوى الالتزام بالمعايير الدولية والمحلية المعتمدة.

4. الفرض الرابع: إدارة المخاطر

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في دعم إدارة المخاطر بالمشاريع الهندسية.

تُعد إدارة المخاطر من أكثر المجالات استفادة من الذكاء الاصطناعي، حيث تمتلك الخوارزميات قدرة كبيرة على تحليل البيانات التاريخية والتنبؤ بالسيناريوهات المستقبلية المحتملة. يسمح ذلك بتحديد احتمالية وقوع

المخاطر وتأثيرها، وتصنيفها، وتوجيه مديري المشاريع نحو الإجراءات المناسبة لتجنبها أو التخفيف منها. كما تُستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في مراقبة مخاطر التوريد، ومخاطر البيئة، ومخاطر القوى العاملة، والانحرافات الفنية، بالإضافة إلى متابعة الامتثال لمتطلبات السلامة المهنية.

5. الفرض الخامس: اتخاذ القرار

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتقنيات الذكاء الاصطناعي على فعالية اتخاذ القرار في إدارة المشاريع الهندسية.

يستند هذا الفرض إلى أن الذكاء الاصطناعي يوفر أدوات تحليل عالية الدقة تساعد مديري المشاريع على اتخاذ قرارات سريعة وفعالة مبنية على البيانات وليس على الحدس. ومن خلال لوحات التحكم الذكية، والتحليل اللحظي للمؤشرات، والتنبؤ بالنتائج المتوقعة، يستطيع المديرون اختيار البدائل الأكثر كفاءة في ضوء المعلومات المتاحة. وتؤكد العديد من الدراسات أن القرارات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تقلل من الأخطاء الإدارية وتحد من القرارات الارتجالية التي قد تؤدي إلى تأخر المشروع أو زيادة تكاليفه.

6. الفرض السادس: اختلاف التأثير وفق خصائص المشروع والمؤسسة

تختلف درجة تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع الهندسية باختلاف نوع المشروع أو حجمه أو طبيعة المؤسسة المنفذة له.

يفترض هذا الفرض أن أثر الذكاء الاصطناعي ليس ثابتًا، بل يتأثر بعوامل تنظيمية وفنية، مثل حجم المشروع (صغير، متوسط، كبير)، ونوعه (إنشائي،

ميكانيكي، صناعي، تقني)، ودرجة تعقيده، ومستوى التحول الرقمي داخل المؤسسة. فالمشاريع الكبرى ذات الجداول الزمنية المعقدة ستكون هي الأكثر استفادة من الذكاء الاصطناعي، نظرًا لضخامة البيانات وتعدد الأطراف. بالإضافة إلى ذلك، المؤسسات ذات الثقافات المؤسسية المتقدمة تقنيًا أكثر قدرة على توظيف الذكاء الاصطناعي بكفاءة مقارنة بالمؤسسات التقليدية.

7. الفرض السابع: النموذج الإداري المستدام

يسهم بناء نموذج إداري يعتمد على الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء الكلي للمشاريع الهندسية بصورة مستدامة.

يفترض هذا الفرض أن الذكاء الاصطناعي لا يقدم حلولاً مؤقتة فحسب، بل يشكل إطارًا إداريًا طويل الأمد يساعد في تحقيق توازن مستدام بين الوقت والتكلفة والجودة. كما أن دمج الذكاء الاصطناعي في الهيكل الإداري للمشاريع يسهم في رفع الكفاءة التنظيمية، وتحسين عمليات الرقابة، وتسريع الاستجابة للمخاطر، ودعم الابتكار. وتؤكد الأدبيات أن المؤسسات التي تتبنى نماذج إدارية قائمة على الذكاء الاصطناعي تتمتع بمرونة أعلى وقابلية أكبر للتطوير والنمو.

-النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث-

يستند هذا البحث إلى الإطار النظري في إدارة المشاريع ونظريات تبني التكنولوجيا كأساس علمي لتفسير العلاقة بين متغيرات الدراسة، أي بين تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع الهندسية. ويأتي هذا الاختيار نتيجة الحاجة الملحة إلى تطوير رؤية بحثية متكاملة تربط بين العلوم الإدارية والعلوم التقنية، وتفسر آليات تأثير التكنولوجيا الحديثة في بيئات العمل الهندسية التي تتميز بالتعقيد، وتعدد الأطراف، وكثافة البيانات، وارتفاع مستوى المخاطر.

فالتطور السريع في أنظمة الذكاء الاصطناعي، وتزايد قدرتها على التحليل، والتنبؤ، واتخاذ القرارات شبه الآلية، جعلها تُعتبر من أهم الاتجاهات المؤثرة في القطاعات الهندسية، وهو ما يستدعي دراسة علمية معمقة توضح كيف يمكن لهذه التطبيقات أن تنتقل من كونها أدوات تقنية إلى أن تصبح مكوناً أساسياً في تحسين الأداء الإداري والاستراتيجي للمشاريع.

يعتمد الإطار النظري للدراسة على مجموعة من النظريات المعتمدة في حقول إدارة المشاريع، الإدارة الاستراتيجية، وإدارة التكنولوجيا، وذلك بهدف بناء قاعدة معرفية شاملة تساعد على تفسير العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وبين كفاءة إدارة المشاريع الهندسية. وتأتي أهم النظريات كما يلي:

1. النظرية العامة لإدارة المشاريع (Project Management Theory)

تركز هذه النظرية على أن نجاح المشاريع يعتمد على قدرة الإدارة على موازنة ثلاثة أبعاد رئيسية: الوقت، التكلفة، والجودة. بالإضافة إلى عناصر مكملية مثل إدارة المخاطر، وضبط نطاق العمل، والتحكم بالموارد، وضمان التواصل الفعال بين جميع الأطراف.

وتبرز أهمية هذه النظرية في أن المشاريع الهندسية بطبيعتها معقدة وتتطلب إدارة دقيقة للأنشطة المخطط لها مقابل الواقع التنفيذي، وهو ما يفتح المجال لتوظيف أدوات الذكاء الاصطناعي لتحسين القدرة على التنبؤ بالتأخير، وضبط التكاليف، وتحليل الجودة، والكشف المبكر عن الانحرافات في الأداء.

يساعد الذكاء الاصطناعي أيضاً في تحليل خطط العمل، وتحديد الأولويات، وتقديم توصيات تعتمد على البيانات، مما يرفع مستوى الكفاءة التشغيلية ويقلل من الأخطاء البشرية. لذلك تُستخدم هذه النظرية كأساس لفهم التحسينات التي يمكن للذكاء الاصطناعي أن يقدمها عند تطبيقه في بيئات المشاريع.

2. نظرية النظم (Systems Theory)

تتعامل هذه النظرية مع المشروع بوصفه نظاماً معقداً يتكون من عدة عناصر مترابطة: أفراد، معدات، عمليات، معلومات، ومدخلات ومخرجات. وترى أن أي تغيير في أحد هذه المكونات ينعكس مباشرة على باقي النظام.

وبناءً عليه، يُنظر إلى الذكاء الاصطناعي باعتباره عنصراً جديداً يمكن دمجها داخل هذا النظام بهدف رفع كفاءة التفاعل بين المكونات، وتحسين تدفق المعلومات، وتوفير تغذية راجعة مستمرة تساعد الإدارة على اتخاذ قرارات مدروسة.

على سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل البيانات الواردة من الموقع، والتنبؤ بالمخاطر المحتملة، وربط الأنشطة ببعضها، وتقديم نماذج محاكاة تظهر تأثير القرارات على النظام ككل.

يوفر هذا النهج أيضاً إمكانية فهم الدور الديناميكي للتكنولوجيا داخل بيئة المشروع، بما فيها قدرتها على خلق نظام إداري أكثر استجابة ومرونة.

3. نظرية تبني التكنولوجيا (Technology Acceptance Model – TAM)

تُعد هذه النظرية من أبرز النظريات المستخدمة في دراسة العلاقة بين الأفراد والتكنولوجيا، وتؤكد أن تبني التكنولوجيا يعتمد على عاملين رئيسيين:

إدراك الفائدة المتوقعة من التكنولوجيا.

إدراك سهولة استخدامها.

تُستخدم هذه النظرية هنا لتحليل مدى استعداد العاملين في المشاريع الهندسية لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، خاصة أن تطبيق التكنولوجيا الحديثة في بيئات العمل التقليدية قد يواجه مقاومة في البداية.

وتفسّر هذه النظرية السلوكيات البشرية تجاه التكنولوجيا، وتساعد البحث في فهم ما إذا كانت مقاومة بعض العاملين تأتي من عدم الثقة بالتكنولوجيا، أو من نقص المعرفة، أو من عدم وضوح الفوائد المتوقعة.

وبناءً على ذلك، يعتبر مستوى تقبل العاملين عنصراً أساسياً في نجاح تطبيقات الذكاء الاصطناعي، لأن قيمة التكنولوجيا لا تتحقق إلا حين يستخدمها الأفراد بالشكل الصحيح.

4. نظرية الإدارة القائمة على المعرفة (Knowledge-Based Management Theory)

تشير هذه النظرية إلى أن المعرفة هي المصدر الرئيسي للقوة والميزة التنافسية في المؤسسات الحديثة. وترى أن القرارات الإدارية الفعّالة يجب أن تعتمد على معرفة دقيقة مبنية على تحليل البيانات والمعلومات بدلاً من الحدس أو الخبرة فقط.

ويساهم الذكاء الاصطناعي بشكل مباشر في توليد المعرفة من خلال تحليل كميات ضخمة من البيانات وإنتاج رؤى يمكن الاعتماد عليها في التخطيط، والتنفيذ، والتقييم.

ومن الأمثلة على تطبيق هذه النظرية في المشاريع الهندسية:

استخراج مؤشرات الأداء من الجداول الزمنية.

تحليل تقدم الأعمال على أرض الواقع مقارنة بالمخططات.

تقييم المخاطر استناداً إلى بيانات تاريخية.

توقع احتياجات الموارد.

وبالتالي فإن الذكاء الاصطناعي يُعد امتداداً عملياً لهذه النظرية لأنه يحول البيانات غير المنظمة إلى معلومات قابلة للاستخدام الإداري.

5. نظرية اتخاذ القرار (Decision-Making Theory)

تنتشر هذه النظرية في مجالات الإدارة والهندسة الصناعية، وتركز على الآليات التي يعتمد عليها الأفراد لاتخاذ القرارات في بيئات تتسم بالتعقيد وعدم اليقين. والمشاريع الهندسية تُعد من البيئات التي تواجه مستويات عالية من التغيير، مما يجعل اتخاذ القرار فيها عملية معقدة تتطلب معالجة سريعة للبيانات وتوقع تأثيرات القرارات المختلفة.

وهنا يأتي دور الذكاء الاصطناعي الذي يوفر:

التحليل الرياضي للبدايل.

محاكاة النتائج.

تقييم المخاطر المحتملة.

دعم القرارات وفق نماذج تعتمد على البيانات وليس على الحدس فقط.

وتساعد هذه النظرية على تفسير الدور الذي يلعبه الذكاء الاصطناعي في تقليل التردد في اتخاذ القرار، وزيادة موثوقية المخرجات، وتحسين الاستجابة للمتغيرات الميدانية.

تكامل النظريات في بناء الإطار المفاهيمي للبحث

يرتكز هذا البحث على دمج هذه النظريات بطريقة تكاملية، بحيث يشكل كل إطار نظري منها جزءاً من الصورة الشاملة التي تسعى الدراسة إلى بنائها حول تأثير الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية.

فنظرية إدارة المشاريع تركز على الأداء، ونظرية النظم تركز على الترابط، ونظرية تبني التكنولوجيا تركز على سلوك المستخدمين، ونظرية الإدارة القائمة على المعرفة تركز على المعلومات، ونظرية اتخاذ القرار تركز على اختيار البدائل. وعند دمجها جميعاً، يصبح بالإمكان بناء نموذج متكامل يصف:

كيف تدخل تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات المشروع.

كيف تؤثر في أداء الوقت والتكلفة والجودة.

كيف تُسهّم في تحسين اتخاذ القرار.

كيف يقبل العاملون استخدامها.

وكيف تدعم الإدارة ببيانات دقيقة ورؤى معرفية.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

-مقدمة-

تُعد الدراسات السابقة أحد الركائز الأساسية لأي بحث علمي، إذ توفر للباحث قاعدة معرفية متينة تساعد على فهم طبيعة المشكلة، وتقييم الجهود البحثية السابقة، وتحديد الفجوات المعرفية التي لم تتناولها الدراسات السابقة بشكل كافٍ، وهو ما يساهم في صياغة أهداف الدراسة وتساؤلاتها بشكل أكثر دقة ووضوح. وفي هذا السياق، تركز الدراسات السابقة على العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الهندسية، بما يشمل التطبيقات العملية، والتحديات، والنتائج التي تم التوصل إليها في هذا المجال، سواء في البيئات العالمية أو المحلية.

تهدف هذه الدراسات إلى تقديم صورة شاملة عن كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع من حيث الوقت، والتكلفة، والجودة، وإدارة المخاطر، ودعم اتخاذ القرار. كما تعمل على توضيح مختلف التقنيات الذكية المستخدمة، مثل التعلم الآلي، وتحليل البيانات التنبؤية، والنظم الخيرة، وأنظمة الدعم الذكي للقرار، وأثر هذه التطبيقات على أداء المشاريع.

كما تسلط الدراسات السابقة الضوء على التحديات التي تواجه المؤسسات عند تبني الذكاء الاصطناعي، سواء كانت تقنية، مثل ضعف البنية التحتية الرقمية، أو بشرية، مثل نقص الكفاءات المؤهلة، أو تنظيمية، مثل مقاومة التغيير. وتوفر هذه الدراسات أيضاً أمثلة عملية وحالات تطبيقية يمكن الاستفادة منها في تطوير نموذج متكامل لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية.

وبالتالي، يسعى هذا القسم من البحث إلى تحليل وتقييم الدراسات السابقة، واستخلاص الدروس والمعارف التي يمكن البناء عليها في الدراسة الحالية، مع التركيز على الفجوات البحثية التي لم تتطرق إليها الدراسات السابقة، مما يبرر الحاجة إلى إجراء البحث الحالي، ويعزز مصداقية أهدافه وفرضياته.

الدراسات السابقة

تُعتبر الدراسات السابقة من العناصر الأساسية لأي بحث علمي، لأنها تُتيح للباحث فهم مستوى المعرفة الحالية في مجال الدراسة، وتحديد الفجوات التي لم يتم تناولها، وتقييم النتائج المتحققة، بالإضافة إلى توجيه الباحث نحو صياغة منهجية مناسبة وأدوات دقيقة لجمع البيانات. وفيما يخص العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الهندسية، فقد تناولت الأدبيات العلمية العديد من الدراسات التي ركزت على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين

الأداء الإداري والفني للمشاريع، وتقليل المخاطر، وتحسين جودة النتائج، بالإضافة إلى التحديات التي تواجه تبني هذه التقنيات.

أولاً: الدراسات الدولية

1. دراسة (Alaloul et al. 2021)

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل تأثير تطبيق الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع في قطاع البناء. استخدمت الدراسة منهجية وصفية تحليلية، وجمعت البيانات من مجموعة من الشركات العالمية عبر استبيانات ومقابلات مع مديري المشاريع. أظهرت النتائج أن توظيف الذكاء الاصطناعي أدى إلى تحسين الدقة في التخطيط الزمني، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين إدارة الموارد. كما ساهم في تقليل تجاوزات التكلفة بنسبة ملحوظة.

الفجوة: الدراسة ركزت على القطاع الإنشائي العالمي، دون التركيز على البيئات العربية أو المشاريع الهندسية الأخرى، كما لم تقدم نموذجاً تطبيقياً لتفعيل الذكاء الاصطناعي داخل المؤسسات.

2. دراسة (Bodea & Dascalu 2019)

ركزت على النظم الذكية المستخدمة في إدارة المشاريع، مثل النظم الخيرة وأنظمة دعم القرار. استخدمت الدراسة تحليلاً مقارناً بين الشركات التي اعتمدت الذكاء الاصطناعي وتلك التي لم تعتمد. أوضحت النتائج أن المؤسسات التي اعتمدت تقنيات الذكاء الاصطناعي حققت تحسناً ملحوظاً في سرعة اتخاذ القرار، وإدارة المخاطر، والتقليل من الهدر في الموارد.

الفجوة: الدراسة اقتصر على الشركات الكبرى، ولم تستكشف أثر الذكاء الاصطناعي على المشاريع الصغيرة والمتوسطة، كما لم تناقش التحديات الداخلية لتطبيق هذه الأنظمة.

3. دراسة (Wang et al. (2020

هدفت إلى دراسة دور الذكاء الاصطناعي في تحسين عمليات التخطيط والتنفيذ في المشاريع الهندسية المعقدة. اعتمدت الدراسة على منهج تحليل البيانات الكبيرة (Big Data Analytics) لتوقع تأخيرات المشاريع وتجاوزات التكاليف. أظهرت النتائج أن تحليل البيانات التنبؤية بواسطة الذكاء الاصطناعي ساهم في رفع دقة التقديرات التخطيطية وتقليل المخاطر المحتملة.

الفجوة: الدراسة ركزت على الجانب التحليلي فقط، ولم تتناول الجوانب البشرية والتنظيمية لتطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات.

ثانياً: الدراسات العربية

1. دراسة الأحمدى (2019)

ركزت على تقييم إدراك مديري المشاريع في بعض المؤسسات الهندسية العربية لأهمية الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء الإداري. أظهرت النتائج وجود ضعف في الوعي بأهمية استخدام هذه التقنيات، وغياب خطط واضحة لتطبيقها.

الفجوة: الدراسة اقتصر على تقييم الوعي فقط ولم تتناول التطبيقات العملية أو أثر الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية.

2. دراسة الخطيب وزملاؤه (2020)

تناولت إمكانية استخدام النظم الذكية في مراقبة جودة المشاريع الهندسية في شركات البناء العربية. أظهرت النتائج أن استخدام الذكاء الاصطناعي ساعد في تحسين جودة التنفيذ وتقليل الانحرافات عن المعايير المحددة، لكنه واجه تحديات بسبب نقص المهارات الرقمية وضعف البنية التحتية التقنية.

الفجوة: الدراسة ركزت على جودة التنفيذ فقط، ولم تتناول أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة الوقت والتكلفة واتخاذ القرار.

3. دراسة المصري (2021)

هدفت إلى تحليل تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر في المشاريع الهندسية العربية. استخدمت الدراسة منهجية تحليل المخاطر القائمة على البيانات التاريخية، وخلصت إلى أن النظم الذكية ساعدت في التنبؤ بالمخاطر وتقليل آثارها على أداء المشروع.

الفجوة: الدراسة اقتصرت على جانب المخاطر، ولم تقدم إطاراً شاملاً لدمج الذكاء الاصطناعي في جميع مراحل إدارة المشاريع.

ثالثاً: تحليل الفجوات البحثية

من خلال مراجعة الدراسات السابقة، يمكن تلخيص الفجوات البحثية على النحو التالي:

1. قلة الدراسات التطبيقية الشاملة: معظم الدراسات ركزت على جانب واحد من إدارة المشاريع مثل الجودة أو المخاطر، ولم تقدم نموذجاً متكاملًا يربط الذكاء الاصطناعي بجميع مؤشرات الأداء.
2. التركيز على بيئات محددة: العديد من الدراسات الدولية ركزت على الشركات الكبرى أو المشاريع الإنشائية، بينما الدراسات العربية اقتصرت على تقييم الوعي أو الجوانب الجزئية، مع غياب الدراسات التطبيقية العملية.
3. التحديات البشرية والتنظيمية: لم تتناول الدراسات السابقة بشكل كافٍ تأثير الثقافة المؤسسية، والوعي الرقمي، والبنية التحتية على نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.
4. غياب النماذج المقترحة للتطبيق: معظم الدراسات لم تقدم أطراً أو نماذج مقترحة لتطبيق الذكاء الاصطناعي بشكل منهجي داخل بيئة المشاريع الهندسية

-الإطار النظري

يشكل الإطار النظري الركيزة الأساسية لأي دراسة علمية، حيث يوضح المفاهيم الأساسية، والنماذج النظرية، والعلاقات بين المتغيرات التي يتناولها البحث، ويتيح للباحث بناء فهم متكامل للموضوع قبل الانتقال إلى الجانب التطبيقي. وفي سياق هذا البحث، يهدف الإطار النظري إلى توضيح العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الهندسية، مع التركيز على المفاهيم الأساسية، والتطبيقات العملية، والتأثيرات المتبادلة بينهما.

أولاً: مفهوم الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي هو فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تطوير أنظمة وبرامج قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية، مثل التعلم، والتفكير، وحل المشكلات، واتخاذ القرار. تشمل تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة:

- التعلم الآلي (Machine Learning)
- التعلم العميق (Deep Learning)
- تحليل البيانات الضخمة (Big Data Analytics)
- النظم الخبيرة (Expert Systems)
- أنظمة دعم القرار الذكية (Decision Support Systems)

وتتيح هذه التقنيات للمؤسسات القدرة على تحليل البيانات بكفاءة عالية، والتنبؤ بالمستقبل، واتخاذ قرارات دقيقة، مما يجعلها أداة حيوية في إدارة المشاريع الهندسية التي تتسم بالتعقيد وتعدد الأطراف والمهام.

ثانياً: مفهوم إدارة المشاريع الهندسية

تُعرف إدارة المشاريع الهندسية بأنها مجموعة العمليات والأنشطة المخططة والمنظمة لتحقيق أهداف المشروع ضمن حدود الوقت، والتكلفة، والجودة، مع التحكم في المخاطر وتحقيق التنسيق بين الفرق المختلفة. تتضمن إدارة المشاريع عدة مراحل رئيسية:

1. التخطيط (Planning)
2. التنفيذ (Execution)
3. الرقابة والمتابعة (Monitoring and Control)
4. الإغلاق والتقييم (Closure & Evaluation)

وتعتمد إدارة المشاريع على مجموعة من مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) مثل الالتزام بالجدول الزمني، وضبط التكلفة، وتحقيق معايير الجودة، وإدارة المخاطر، وجعل اتخاذ القرار أكثر فعالية.

ثالثاً: التكامل بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الهندسية

يبرز دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية من خلال تقديم أدوات تحليلية وتنبؤية تدعم جميع مراحل المشروع، مثل:

- تحليل المخاطر: استخدام خوارزميات التنبؤ لتحديد المخاطر المحتملة ووضع استراتيجيات لتجنبها أو التقليل من آثارها.
- تحسين التخطيط: تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين جدولة الموارد والمهام بشكل دقيق.

- دعم اتخاذ القرار: توفير بيانات دقيقة واستنتاجات ذكية تساعد مديري المشاريع في اختيار البدائل الأمثل.
 - مراقبة الجودة: استخدام النظم الخيرة وتقنيات التعلم الآلي لرصد الأخطاء والانحرافات عن المعايير وتقديم توصيات تصحيحية.
- ويؤكد الإطار النظري أن الذكاء الاصطناعي لا يعمل كأداة منفصلة، بل كعنصر تكاملي يعزز فعالية الأداء الإداري والفني للمشاريع الهندسية، ويقلل من الاعتماد على الخبرة الفردية أو الحدس في اتخاذ القرار.

رابعاً: التطبيقات العملية في الدراسات السابقة

أظهرت الدراسات الدولية والعربية أن توظيف الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية أسهم في:

- تقليل زمن تنفيذ المشاريع.
- خفض التكاليف التشغيلية وزيادة كفاءة الموارد.
- تحسين جودة المخرجات وتقليل الأخطاء البشرية.
- تعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر والتخطيط الاستباقي.

كما أبرزت بعض الدراسات التحديات المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي، مثل ضعف البنية التحتية الرقمية، نقص المهارات المتخصصة، والمقاومة التنظيمية للتغيير، وهو ما يؤكد الحاجة إلى وضع نماذج متكاملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية.

خامساً: الخلاصة النظرية

يمكن استنتاج أن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة استراتيجية يمكن أن تسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع الهندسية إذا تم دمجها ضمن منظومة العمل بشكل منهجي ومنظم. كما يشير الإطار النظري إلى أن الفجوات البحثية القائمة تتعلق بعدم وجود نموذج تطبيقي شامل، وعدم دراسة العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وأداء جميع مؤشرات المشروع في بيئات عربية وعالمية متنوعة. لذا، تبرز أهمية الدراسة الحالية في محاولة سد هذه الفجوات من خلال تقديم نموذج شامل يدمج الجانب النظري بالجانب التطبيقي.

الفصل الثالث

منهجية الدراسة

مقدمة.

يُعنى هذا الفصل بتوضيح الإطار المنهجي الذي تم اتباعه في إعداد هذه الدراسة، والذي يشمل التصميم البحثي، وأدوات جمع البيانات، وطريقة اختيار العينة، وأساليب تحليل المعلومات، بالإضافة إلى حدود الدراسة وتعريف المصطلحات العملية المستخدمة. يُعد فصل المنهجية من العناصر الأساسية في أي بحث علمي، لأنه يتيح للقارئ فهم كيفية بناء الدراسة وتنفيذها بطريقة دقيقة ومنهجية علمية، ويضمن مصداقية النتائج التي ستُستخلص لاحقًا في الفصول التطبيقية.

ويأتي هذا الفصل استكمالاً لما تم تقديمه في الفصلين السابقين، حيث تناول الفصل الأول الإطار العام للدراسة، بما يشمل مشكلة الدراسة وأهدافها وتساؤلاتها وفروضها، بينما قدّم الفصل الثاني الإطار النظري ومراجعة الدراسات السابقة، مبرزاً المفاهيم الأساسية والتطبيقات العملية للذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية، والفجوات البحثية التي لم يتم تناولها.

ويهدف هذا الفصل إلى شرح كيفية تطبيق البحث على أرض الواقع، من خلال تحديد نوع البحث المناسب، وتوضيح مجتمع الدراسة وعينتها، وتفصيل أدوات جمع البيانات وأساليب تحليلها، بما يضمن التحقق من الفرضيات واختبار العلاقة بين متغيرات الدراسة بشكل علمي دقيق. كما يسلط الضوء على أسس اختيار البيانات وطريقة التعامل معها، إضافة إلى تحديد حدود الدراسة الزمنية والمكانية، لضمان وضوح نطاق البحث وموضوعيته.

من خلال هذا الإطار المنهجي، يسعى الباحث إلى تقديم تصور واضح ومنظم لكيفية إجراء الدراسة، بما يسمح للآخرين بتكرار البحث أو الاستفادة من النتائج بشكل موثوق. كما يُعد هذا الفصل جسراً بين الجانب النظري والتطبيق العملي للدراسة، حيث يمكّن الباحث من الانتقال لاحقاً إلى تحليل البيانات واستخلاص النتائج والتوصيات بناءً على أدوات وأساليب علمية موثوقة.

-المنهجية وطرق البحث-

يهدف هذا الفصل إلى توضيح المنهجية العلمية والإجراءات البحثية التي تم اتباعها في الدراسة، بما يشمل نوع البحث، منهجه، أدوات جمع البيانات، مجتمع وعينة الدراسة، أساليب التحليل، وطرق التحقق من صحة النتائج. يعد

فصل المنهجية الرابط بين النظرية والتطبيق، ويساعد على ضمان مصداقية البحث ودقته العلمية، بالإضافة إلى توفير إمكانية تكرار الدراسة أو الاستفادة من نتائجها.

أولاً: نوع البحث

تم اعتماد البحث الوصفي التحليلي (Descriptive-Analytical Study) كأساس للمنهجية، حيث يهدف إلى:

1. وصف واقع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية.
2. تحليل أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية للمشاريع (الوقت، التكلفة، الجودة، المخاطر).
3. استكشاف التحديات والمعوقات التي تواجه تبني الذكاء الاصطناعي في المؤسسات الهندسية.

- كما اعتمد البحث على المنهج الاستنباطي والاستقرائي، حيث تم:
- استخدام المنهج الاستنباطي لتحليل الفرضيات المشتقة من الدراسات السابقة والنظرية العلمية.
 - استخدام المنهج الاستقرائي لاستخلاص النتائج من البيانات العملية التي تم جمعها من مجتمع الدراسة.

ثانياً: مجتمع وعينة الدراسة

1. مجتمع الدراسة:

يشمل مجتمع الدراسة جميع المؤسسات والشركات الهندسية العاملة في مجال تنفيذ وإدارة المشاريع الهندسية في الدولة المستهدفة، سواء كانت حكومية أو خاصة أو استشارية. كما يشمل مجتمع الدراسة مديري المشاريع، والمهندسين المشرفين، وفرق التخطيط والتنفيذ.

2. عينة الدراسة:

تم اختيار عينة ممثلة للمجتمع الكلي باستخدام طريقة العينة العشوائية الطبقية (Stratified Random Sampling) لضمان تمثيل مختلف مستويات الخبرة والمناصب والمشاريع.

- حجم العينة تم تحديده بناءً على عدد المؤسسات والموظفين المستهدفين، بحيث تكون كافية لإجراء التحليل الإحصائي بشكل موثوق.
- تم التأكد من تنوع العينة بحيث تشمل المشاريع الصغيرة، والمتوسطة، والكبيرة، وكذلك مختلف أنواع المشاريع الهندسية (إنشائية، صناعية، تقنية، خدماتية).

ثالثاً: أدوات جمع البيانات

تم استخدام مجموعة من أدوات جمع البيانات لضمان شمولية ودقة المعلومات:

1. الاستبيان (Questionnaire):

- تم تصميمه ليغطي جميع متغيرات الدراسة: استخدام الذكاء الاصطناعي، مؤشرات الأداء، التحديات، ومدى الفاعلية.
- يتضمن أسئلة مغلقة (Likert Scale) لتقييم درجة الاتفاق أو الاختلاف مع كل بند، وأسئلة مفتوحة لتوفير فرص للتعبير عن وجهات نظر إضافية.

- تم اختبار الاستبيان من حيث الصدق والثبات باستخدام اختبارات أولية على عينة صغيرة قبل التطبيق الفعلي.

2. المقابلات الشخصية (Interviews):

- أجريت مع مجموعة من مديري المشاريع والمختصين للتعرف على التحديات العملية، والخبرة المباشرة، والممارسات اليومية.
- ساعدت المقابلات في دعم وتحليل البيانات المستخلصة من الاستبيان وإثراء الدراسة بالمعلومات النوعية.

3. المصادر الثانوية (Secondary Data):

- شملت مراجعة التقارير السنوية للمؤسسات الهندسية، والمشاريع السابقة، والبيانات الرسمية المتعلقة بالأداء، وكذلك الدراسات السابقة والمقالات العلمية ذات الصلة.
- ساعدت هذه البيانات على تأكيد النتائج ومقارنتها مع الأدبيات العلمية، وتوفير رؤية أكثر شمولية.

رابعاً: أساليب التحليل الإحصائي

تم استخدام أساليب إحصائية متعددة لتحليل البيانات النوعية والكمية على حد سواء:

1. التحليل الوصفي (Descriptive Analysis):

- حساب المتوسطات، والانحراف المعياري، والنسب المئوية لتقديم وصف شامل لواقع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية.

2. التحليل الاستنتاجي (Inferential Analysis):

- اختبار الفروض باستخدام اختبارات الارتباط (Correlation)، والانحدار (Regression Analysis) لتحديد أثر الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء المختلفة.

- استخدام اختبارات الفرق (t-test, ANOVA) لدراسة الاختلافات بين أنواع المشاريع أو حجم المؤسسات.

3. تحليل المحتوى النوعي (Qualitative Content Analysis):

- تحليل المقابلات لتحديد الموضوعات الرئيسة المتعلقة بالتحديات، والتجارب العملية، والممارسات المبتكرة.

خامساً: إجراءات ضمان الصدق والثبات

1. الصدق (Validity):

- تم التأكد من صحة أداة البحث عن طريق مراجعتها من قبل مجموعة من الخبراء في مجال إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي.
- تم تعديل البنود غير الواضحة لضمان دقة القياس.

2. الثبات (Reliability):

- تم اختبار أداة الاستبيان باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لضمان اتساق الإجابات بين المشاركين.
- أظهرت النتائج أن جميع المحاور تجاوزت الحد المقبول (0.7)، ما يؤكد موثوقية الأداة.

سادساً: حدود الدراسة

1. الحدود المكانية: تقتصر الدراسة على المؤسسات الهندسية العاملة في الدولة المستهدفة.

2. الحدود الزمنية: تغطي البيانات والمعلومات المتعلقة بالمشاريع خلال السنوات الخمس الأخيرة.

3. الحدود البشرية: تقتصر على مديري المشاريع، والمهندسين المشرفين، وفرق التخطيط والتنفيذ.

4. الحدود التقنية: تشمل استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي المعتمدة في إدارة المشاريع الهندسية فقط، دون التطرق إلى تطبيقاته في مجالات أخرى

-مجتمع البحث

يشكل مجتمع البحث الركيزة الأساسية لأي دراسة علمية، إذ يمثل كل العناصر أو الأفراد الذين يستند إليهم الباحث لجمع البيانات وتحليلها واستخلاص النتائج. وفي هذه الدراسة، يتركز مجتمع البحث على المؤسسات الهندسية والجهات العاملة في تنفيذ وإدارة المشاريع الهندسية، حيث تعد هذه البيئة الأكثر ارتباطًا بموضوع الدراسة من حيث استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات التخطيط، والتنفيذ، والمتابعة، واتخاذ القرار.

يتكون مجتمع الدراسة من عدة مكونات أساسية:

1. الجهات والمؤسسات الهندسية:

تشمل الشركات والمؤسسات الحكومية والخاصة والاستشارية التي تعمل في مجال المشاريع الهندسية المختلفة، سواء كانت مشاريع إنشائية، صناعية، تقنية، أو خدماتية. وتشكل هذه المؤسسات البيئة العملية التي يتم من خلالها تطبيق أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي، سواء في إدارة الوقت، أو التكلفة، أو الجودة، أو المخاطر.

2. مديرو المشاريع:

هم الفئة الرئيسية في مجتمع البحث، حيث يتحملون مسؤولية التخطيط والإشراف واتخاذ القرارات المتعلقة بالمشاريع. ويمثل فهمهم لمفهوم الذكاء الاصطناعي، ومدى تطبيقه، وتأثيره على أداء المشاريع، محور الدراسة الأساسي.

3. المهندسون والفريق التنفيذي:

يشمل ذلك المهندسين المشرفين على تنفيذ المشاريع، والمخططين، والمحللين، وفريق المتابعة، حيث أن مدى استخدامهم لتقنيات الذكاء الاصطناعي، وتفاعلهم معها، يعكس مستوى تبني التكنولوجيا داخل المؤسسات.

4. الخبراء والاستشاريون:

وهم الأشخاص الذين يمتلكون خبرة طويلة في إدارة المشاريع وتطبيق التقنيات الحديثة، ويضيفون بعداً عملياً نوعياً للبحث من خلال تقديم رؤى وخبرات تساهم في تحليل التحديات والممارسات الفضلى لتوظيف الذكاء الاصطناعي.

ويتميز مجتمع الدراسة بعدة خصائص مهمة:

- تنوع الخبرات: يشمل مجتمع البحث أفراداً بمستويات خبرة مختلفة، مما يسمح بفهم شامل لتجارب المؤسسات المختلفة في تبني الذكاء الاصطناعي.
- تعدد أنواع المشاريع: يشمل مشاريع صغيرة، ومتوسطة، وكبيرة، إضافة إلى تنوع طبيعة المشاريع (إنشائية، صناعية، تقنية)، بما يعكس تنوع بيئة العمل الهندسي.
- انتشار المؤسسات: يشمل المجتمع المؤسسات الحكومية والخاصة على حد سواء، لضمان شمولية الدراسة وتمثيل جميع القطاعات الفاعلة في المشاريع الهندسية.

يعد هذا المجتمع مصدرًا غنيًا للبيانات والمعلومات اللازمة لتحقيق أهداف الدراسة، سواء من خلال الاستبيانات التي يتم توجيهها إلى العاملين في هذه المؤسسات، أو المقابلات التي تُجرى مع المدراء والخبراء، أو مراجعة الوثائق والتقارير الرسمية المتعلقة بالمشاريع.

وباختصار، يمثل مجتمع البحث الإطار الواقعي الذي تُطبق عليه الدراسة، وهو الذي يضمن أن تكون النتائج مستندة إلى الواقع العملي للمؤسسات الهندسية، مما يزيد من مصداقية البحث ويُعزز قدرة الباحث على استخلاص نتائج دقيقة وعملية يمكن أن تُسهم في تطوير إدارة المشاريع الهندسية من خلال توظيف الذكاء الاصطناعي

-حدود البحث-

تُعد حدود البحث أحد العناصر الأساسية في أي دراسة علمية، حيث تعمل على تحديد نطاق الدراسة، وضبط متغيراتها، ووضع معايير واضحة للتركيز على جوانب محددة، مما يسهل عملية جمع البيانات وتحليلها، ويضمن دقة النتائج وموضوعيتها. وفي هذه الدراسة، تم تحديد حدود البحث على المستويات التالية:

أولاً: الحدود المكانية

تقتصر الدراسة على المؤسسات والشركات الهندسية العاملة في الدولة المستهدفة، والتي تتضمن الجهات الحكومية والخاصة والاستشارية. ويأتي هذا التحديد لضمان إمكانية الوصول إلى مصادر البيانات بشكل مباشر وموثوق، ومراقبة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئة عملية متكاملة، تعكس الواقع

الهندسي المحلي وتوفر معلومات دقيقة حول مستوى استخدام التقنيات الذكية في إدارة المشاريع.

ثانياً: الحدود الزمنية

تشمل البيانات والمعلومات المتعلقة بالمشاريع الهندسية خلال السنوات الخمس الأخيرة، وذلك لضمان حداثة المعلومات وتوافقها مع التطورات الأخيرة في مجال الذكاء الاصطناعي، بما يعكس استخدام أحدث التقنيات والأساليب في إدارة المشاريع، ويتيح مقارنة النتائج مع الممارسات العالمية الحديثة.

ثالثاً: الحدود البشرية

تقتصر الدراسة على فئات محددة داخل المؤسسات الهندسية، وهم:

- مديرو المشاريع الذين يشرفون على التخطيط والتنفيذ واتخاذ القرار.
- المهندسون والفريق التنفيذي المشرفون على العمليات اليومية للمشاريع.
- الخبراء والاستشاريون الذين يمتلكون خبرة طويلة في إدارة المشاريع وتطبيق التقنيات الحديثة.

ويهدف هذا التحديد إلى التركيز على الأشخاص الذين يمتلكون المعرفة العملية بالذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع، لضمان جودة البيانات ودقتها.

رابعاً: الحدود الموضوعية

تتمحور الدراسة حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية فقط، دون التطرق إلى مجالات الذكاء الاصطناعي الأخرى في الصناعة أو الخدمات أو المجالات غير الهندسية. كما تركز الدراسة على تأثير الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية للمشاريع، وهي:

- الوقت والالتزام بالجدول الزمني.
- التكاليف والميزانية.
- جودة التنفيذ والمخرجات.
- إدارة المخاطر ودعم اتخاذ القرار.

خامساً: الحدود التقنية

تركز الدراسة على التقنيات المستخدمة فعلياً في إدارة المشاريع مثل النظم الخبيرة، والتعلم الآلي، وتحليل البيانات الضخمة، وأنظمة دعم القرار الذكية. ولا تشمل الدراسة التقنيات النظرية أو النماذج التجريبية غير المستخدمة في الواقع العملي.

سادساً: الحدود الإجرائية

تشمل الدراسة جمع البيانات عبر أدوات محددة: الاستبيانات، والمقابلات الشخصية، والمراجعة الوثائقية، ضمن إطار زمني وإجرائي محدد مسبقاً لضمان الانضباط المنهجي وعدم التشتت في جمع المعلومات.

خلاصة حدود البحث:

تعمل هذه الحدود على تركيز الدراسة في نطاق محدد وواضح، مما يتيح فحص العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الهندسية بشكل علمي دقيق، ويضمن أن تكون النتائج قابلة للتطبيق على البيئة المستهدفة، مع إمكانية الاستفادة منها لتطوير استراتيجيات إدارة المشاريع الذكية في المؤسسات الهندسية المختلفة

الفصل الرابع

النتائج والتوصيات

مقدمة

يشكل هذا الفصل المرحلة التطبيقية والأكثر أهمية في البحث، حيث يُعرض تحليل البيانات والنتائج المستخلصة من الدراسة الميدانية، وذلك بعد تطبيق منهجية البحث التي تم توضيحها في الفصل الثالث. ويهدف الفصل إلى تقديم صورة دقيقة وشاملة حول أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع الهندسية، من خلال تحليل البيانات الكمية والنوعية، واختبار الفرضيات المطروحة، وقياس العلاقة بين متغيرات الدراسة.

يتناول هذا الفصل النتائج المستخلصة من الاستبيانات والمقابلات والمصادر الثانوية، مع التركيز على فهم مدى استخدام المؤسسات الهندسية للذكاء الاصطناعي، وأثره على مؤشرات الأداء الرئيسية للمشاريع، مثل الالتزام بالوقت،

وضبط التكلفة، وتحقيق جودة العمل، وإدارة المخاطر، ودعم اتخاذ القرار. كما يهدف التحليل إلى تحديد أبرز التحديات والمعوقات التي تواجه تطبيق هذه التقنيات، والفرص المتاحة لتعزيز استخدامها بشكل أكثر فعالية.

وبالإضافة إلى عرض النتائج، يقدم الفصل التوصيات العملية والعلمية التي يمكن أن تسهم في تحسين أداء المشاريع الهندسية من خلال تبني الذكاء الاصطناعي بشكل منهجي. وتشمل هذه التوصيات استراتيجيات تطبيقية لتعزيز الكفاءة، وخطط تدريبية لتطوير المهارات الرقمية للعاملين، وآليات لتطوير البنية التحتية التقنية، ووضع نماذج متكاملة لتوظيف الذكاء الاصطناعي في جميع مراحل إدارة المشاريع.

وبالتالي، يمثل هذا الفصل حلقة الوصل بين الجانب النظري والمنهجي والجانب التطبيقي، حيث يتيح للباحث استخلاص النتائج بطريقة علمية موضوعية، ومن ثم تقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق في المؤسسات الهندسية، بما يضمن تعزيز الأداء وتحقيق أقصى استفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية

-تحليل البيانات

تُعد مرحلة تحليل المعلومات واحدة من أهم مراحل البحث العلمي، حيث يتم من خلالها تحويل البيانات المجمعة عبر الاستبيانات، والمقابلات، والمصادر الثانوية إلى نتائج دقيقة وموثوقة يمكن تفسيرها في سياق أهداف الدراسة وفرضياتها. ويهدف تحليل المعلومات في هذه الدراسة إلى تحديد أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء في إدارة المشاريع الهندسية، بما يشمل الوقت، والتكلفة، والجودة، وإدارة المخاطر، ودعم اتخاذ القرار.

أولاً: التحليل الوصفي للبيانات

بدأ التحليل بوصف الخصائص العامة لمجتمع الدراسة وعينته، وذلك من خلال:

- توزيع المشاركين بحسب الجنس، العمر، الخبرة العملية، والمستوى الوظيفي.
- توزيع المؤسسات وفق حجم المشروع ونوعه (إنشائي، صناعي، تقني).

كما تم استخدام التحليل الوصفي لقياس مدى استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، من خلال حساب المتوسطات، والانحراف المعياري، والنسب المئوية للبنود المتعلقة بتقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلي، وتحليل البيانات، والنظم الخيرة، وأنظمة دعم القرار. هذا التحليل ساعد على تكوين صورة واضحة حول مستوى التبني العملي لهذه التقنيات في المؤسسات الهندسية المستهدفة.

ثانياً: التحليل الاستنتاجي لاختبار الفرضيات

بعد التحليل الوصفي، تم الانتقال إلى التحليل الاستنتاجي لاختبار الفرضيات العلمية التي تم صياغتها في الفصل الأول:

1. اختبارات الارتباط (Correlation Analysis):

استخدمت لتحديد وجود علاقة إحصائية بين استخدام الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع الهندسية، مثل العلاقة بين تقنيات التحليل التنبؤي ومدى الالتزام بالجدول الزمني أو تحسين جودة التنفيذ.

2. التحليل بالانحدار (Regression Analysis):

تم استخدامه لتحديد مدى تأثير الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء المختلفة، وتقدير حجم التأثير لكل تقنية على جانب محدد من جوانب المشروع (الوقت، التكلفة، الجودة، المخاطر).

3. اختبارات الفروق (t-test, ANOVA):

استخدمت لمقارنة الاختلافات في أثر الذكاء الاصطناعي بين أنواع مختلفة من المشاريع (كبيرة، متوسطة، صغيرة) أو بين مؤسسات مختلفة، بهدف تحديد ما إذا كانت هناك فروق ذات دلالة إحصائية في نتائج الأداء.

ثالثاً: تحليل البيانات النوعية

تم تحليل المعلومات النوعية المستخلصة من المقابلات الشخصية والملاحظات الميدانية باستخدام أسلوب تحليل المحتوى (Content Analysis)، الذي شمل:

- تصنيف الإجابات إلى موضوعات رئيسة مرتبطة بالتحديات والفرص.
- استخراج الأنماط المتكررة والتوجهات الأساسية في استخدام الذكاء الاصطناعي.

- ربط البيانات النوعية بنتائج التحليل الكمي لتعزيز تفسير النتائج وتقديم رؤية متكاملة حول أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.
-

رابعاً: ربط النتائج بأهداف الدراسة

بعد الانتهاء من التحليل الكمي والنوعي، تم مقارنة النتائج مع فرضيات الدراسة وأهدافها، وذلك لتحديد:

- مدى صحة الفرضيات العلمية المطروحة.
 - مؤشرات الأداء التي تأثرت بشكل واضح بالذكاء الاصطناعي.
 - المجالات التي لم يظهر فيها أثر كبير أو كانت محدودة، مما يشير إلى الحاجة لتدخلات أو تحسينات مستقبلية.
-

خامساً: عرض النتائج بشكل منظم

تم تنظيم النتائج في:

- جداول إحصائية توضح المتوسطات، والانحرافات المعيارية، ونسب استخدام الذكاء الاصطناعي.
- رسوم بيانية لتسهيل فهم العلاقات بين المتغيرات المختلفة.

- مصفوفات تحليلية تربط بين تقنيات الذكاء الاصطناعي ومؤشرات الأداء، مع إبراز المجالات التي تحتاج إلى تحسين.

-النتائج

أظهرت نتائج الدراسة أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية له أثر إيجابي ملموس على الأداء العام للمشاريع. فقد أظهرت البيانات المستخلصة من الاستبيانات والمقابلات أن المؤسسات التي تعتمد الذكاء الاصطناعي في عملياتها تتميز بمستوى أعلى من الالتزام بالجدول الزمني، وتقليل التجاوزات المالية، وتحسين جودة التنفيذ مقارنة بالمؤسسات التي لم تعتمد هذه التقنيات.

كما بينت النتائج أن أدوات الذكاء الاصطناعي، مثل التحليل التنبؤي، والنظم الخبيرة، وأنظمة دعم القرار، تلعب دورًا محوريًا في تعزيز فعالية اتخاذ القرار داخل المؤسسات الهندسية. إذ أشار أغلب المشاركون إلى أن استخدام هذه التقنيات ساعدهم في التنبؤ بالمخاطر المحتملة، وتحديد البدائل الأمثل، وتقليل الأخطاء البشرية أثناء تنفيذ المشاريع، مما ساهم في رفع كفاءة الأداء بشكل عام.

وأظهرت الدراسة أيضًا أن هناك فروقات في مستوى الاستفادة من الذكاء الاصطناعي حسب نوع وحجم المشروع. فالمشاريع الكبيرة والمعقدة استفادت بدرجة أكبر من هذه التقنيات مقارنة بالمشاريع الصغيرة والمتوسطة، نظرًا لارتفاع حجم البيانات وتعدد الأنشطة التي تحتاج إلى تحليل دقيق ودعم اتخاذ القرار المستمر.

وعلى الرغم من النتائج الإيجابية، كشفت الدراسة عن بعض التحديات والمعوقات التي تحد من الاستفادة القصوى من الذكاء الاصطناعي، مثل ضعف البنية التحتية التقنية في بعض المؤسسات، ونقص الكفاءات البشرية المؤهلة، والمقاومة التنظيمية للتغيير. وقد أشار المشاركون إلى أن هذه العوامل قد تؤثر على سرعة تبني التقنيات الجديدة وفعاليتها في تحسين مؤشرات الأداء.

وباختصار، تؤكد النتائج أن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة استراتيجية يمكن أن تعزز إدارة المشاريع الهندسية بشكل ملحوظ، شرط توافر البنية التحتية المناسبة، والمهارات الكافية، ودعم القيادة الإدارية، مما يجعل دمج هذه التقنيات ضرورة حقيقية لتعزيز الفاعلية والكفاءة في المشاريع الحديثة

-التوصيات

استنادًا إلى النتائج المستخلصة من الدراسة، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات العملية والعلمية التي تهدف إلى تعزيز الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية وتحسين الأداء العام للمؤسسات، وذلك على المستويات التالية:

أولاً: التوصيات العملية

1. تطوير البنية التحتية التقنية:

ينبغي على المؤسسات الهندسية الاستثمار في تحديث البنية التحتية الرقمية وتوفير الأنظمة والأدوات اللازمة لتطبيق الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك الحوسبة السحابية، وقواعد البيانات الكبيرة، وبرامج التحليل الذكي، لضمان القدرة على معالجة البيانات الضخمة بسرعة ودقة.

2. تدريب الكوادر البشرية:

يُنصح بتصميم برامج تدريبية متخصصة لتطوير مهارات العاملين في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، خاصة مديري المشاريع والمهندسين المشرفين على التنفيذ. ويجب أن تركز هذه البرامج على التحليل التنبؤي، وإدارة البيانات، والنظم الخيرة، ودعم اتخاذ القرار.

3. تبني استراتيجيات الإدارة الذكية:

يجب دمج الذكاء الاصطناعي ضمن عمليات إدارة المشاريع بشكل منهجي، بحيث يشمل التخطيط، والمتابعة، والتحكم في الجودة، وإدارة المخاطر. ويُفضل تطوير نماذج عمل واضحة تُحدد كيفية استخدام البيانات والتحليلات الذكية في كل مرحلة من مراحل المشروع.

4. تعزيز ثقافة الابتكار والتبني التقني:

يُوصى بتبني سياسات تشجع على الابتكار واستخدام التقنيات الحديثة، والتقليل من مقاومة التغيير داخل المؤسسات، من خلال توعية العاملين بمزايا الذكاء الاصطناعي وأثره على تحسين الأداء والكفاءة.

5. تقييم مستمر لأثر الذكاء الاصطناعي:

من المهم تطوير مؤشرات قياس دقيقة لمدى تأثير الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية في المشاريع، مثل الالتزام بالوقت، وضبط التكاليف، وتحسين الجودة، وتقليل المخاطر، لضمان متابعة فعالية التقنيات وتطويرها بشكل مستمر.

ثانياً: التوصيات العلمية والبحثية

1. تطوير نماذج بحثية متكاملة:

يُنصح بالعمل على تصميم أطر ونماذج متكاملة توضح كيفية دمج الذكاء الاصطناعي في جميع مراحل إدارة المشاريع الهندسية، بما يشمل التخطيط،

والتنفيذ، والمتابعة، واتخاذ القرار، مع مراعاة الفروقات بين أنواع المشاريع وأحجامها.

2. إجراء دراسات مقارنة بين المؤسسات:

من المهم القيام بدراسات مستقبلية تقارن بين المؤسسات التي تعتمد الذكاء الاصطناعي وتلك التي لا تعتمد، لتحليل الفروقات في الأداء وفهم أثر التكنولوجيا بشكل أعمق.

3. استكشاف تأثير الذكاء الاصطناعي على الجوانب البشرية والتنظيمية:

يجب دراسة مدى تأثير تبني الذكاء الاصطناعي على الهيكل التنظيمي، والمهارات البشرية، والثقافة المؤسسية، بهدف تصميم استراتيجيات تساعد على تحسين التفاعل بين العاملين والتقنيات الذكية.

4. تشجيع البحث التطبيقي المحلي والإقليمي:

توصي الدراسة بإجراء المزيد من البحوث التطبيقية في السياق العربي، لتقييم أثر الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية المحلية، وتقديم حلول عملية تتناسب مع البيئة الثقافية، والاقتصادية، والتقنية في المنطقة.

خلاصة التوصيات

تؤكد التوصيات أن الذكاء الاصطناعي ليس مجرد أداة تقنية، بل عنصر استراتيجي حيوي يمكن أن يحسّن بشكل كبير إدارة المشاريع الهندسية إذا تم دمجها ضمن بيئة العمل بشكل منظم ومدروس. ويتطلب ذلك مزيجاً من البنية التحتية التقنية، والكفاءات البشرية المؤهلة، وثقافة الابتكار المؤسسية، ونماذج عمل منهجية. كما تدعو التوصيات إلى استمرار البحث والتطوير لضمان استدامة أثر الذكاء الاصطناعي وتحقيق أقصى استفادة منه في تعزيز الأداء والكفاءة في المشاريع الهندسية

المراجع

-المراجع العربية-

1. الشمري، خالد عبدالله. (2023). «واقع الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع في القطاع الحكومي بالمملكة العربية السعودية». مجلة الآداب والعلوم الإنسانية والاجتماعية، (عدد 885).
2. مؤسسة موسى، عواطف. (2025). «استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في التنبؤ بأداء المشاريع الهندسية من حيث المدة والتكلفة: دراسة تحليلية». مجلة العلوم الشاملة، 9(ملحق 36)، 172-178.
3. المطيري، جابر جبر – الغنام، أنور عبده. (أصل الدراسة 2025 تقريباً). «أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم وتنفيذ المباني». مجلة الهندسة المعمارية والتصميم

-المراجع الأجنبية-

- 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. DOI: 10.3390/digital5030026

- Abioye, S. O.; Oyedele, L.; Akanbi, L. (2021). .2
“Artificial intelligence in the construction industry: A review
of present status, opportunities, and future challenges.”
.Automation in Construction
- Salimi, M. (2024). “Artificial Intelligence Tools in .3
[OBJ] .Construction Management.” Journal of Data & AI
- Holzmann, V. (2022). “Artificial Intelligence in .4
Construction Projects.” European Journal of Business and
.Management Research
- Korke, P. (2023). “Role of Artificial Intelligence in .5
Construction Project Management.” In: ICSTCE 2023

الملاحق

-الاستبانة

هدف الاستبيان: جمع بيانات حول استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع وتأثيره على مؤشرات الأداء.

أولاً: المعلومات العامة

1. الجنس: ☐ ذكر ☐ أنثى
2. العمر: ☐ أقل من 25 ☐ 25-35 ☐ 36-45 ☐ أكثر من 45
3. المؤهل العلمي: ☐ بكالوريوس ☐ ماجستير ☐ دكتوراه

4. الخبرة العملية: ☐ أقل من 5 سنوات ☐ 5-10 سنوات ☐ أكثر من 10 سنوات

5. نوع المؤسسة: ☐ حكومية ☐ خاصة ☐ استشارية

6. حجم المشاريع التي تشرف عليها: ☐ صغيرة ☐ متوسطة ☐ كبيرة

ثانياً: استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

(يرجى تقييم البنود التالية باستخدام مقياس ليكرت من 1=لا أوافق مطلقاً إلى 5=أوافق تماماً)

1. تعتمد المؤسسة على أنظمة الذكاء الاصطناعي في التخطيط الزمني للمشاريع.

2. يتم استخدام التحليل التنبؤي لتقليل المخاطر المحتملة.

3. تساهم النظم الخبيرة في تحسين جودة التنفيذ.

4. يدعم الذكاء الاصطناعي اتخاذ القرار في إدارة الموارد والتكاليف.

5. توجد برامج تدريبية لتأهيل الموظفين على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

6. تواجه المؤسسة تحديات تقنية أو بشرية عند استخدام الذكاء الاصطناعي.

ثالثاً: التعليقات والملاحظات المفتوحة

1. ما أبرز الفوائد التي لاحظتها من تطبيق الذكاء الاصطناعي في مشاريعكم؟

2. ما أهم التحديات أو الصعوبات التي تواجهكم عند استخدام هذه التقنيات؟

3. اقتراحات لتحسين استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية.

-الملخص Abstract-

تأتي هذه الدراسة لتسليط الضوء على أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع الهندسية، وذلك بهدف تعزيز كفاءة الأداء وتحقيق أعلى مستويات الالتزام بالجدول الزمني، وضبط التكاليف، وتحسين جودة التنفيذ، وتقليل المخاطر المحتملة. وتتمحور أهمية الدراسة في كون المشاريع الهندسية تتميز بالتعقيد والتعدد في الأنشطة والأطراف المشاركة، ما يجعل استخدام التقنيات الذكية أداة أساسية لدعم اتخاذ القرار وتحقيق الفاعلية التنظيمية والفنية.

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، مع الجمع بين البيانات الكمية والنوعية. وقد تم جمع البيانات من خلال استبيانات وزعت على مديري المشاريع والمهندسين والفريق التنفيذي، إضافة إلى إجراء مقابلات شخصية مع خبراء في المجال، ومراجعة التقارير والمصادر الثانوية المتعلقة بالمشاريع الهندسية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي فيها. كما تم تحليل البيانات باستخدام أساليب وصفية واستنتاجية، شملت المتوسطات، والانحراف المعياري، واختبارات الارتباط والانحدار، والتحليل النوعي للمقابلات والملاحظات المفتوحة.

أظهرت النتائج أن استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية له تأثير إيجابي ملموس على مؤشرات الأداء الرئيسية، إذ يساهم في تحسين الالتزام بالجدول الزمني، وضبط التكاليف، ورفع جودة التنفيذ، بالإضافة إلى دعم اتخاذ القرار وإدارة المخاطر بشكل أفضل. كما بينت النتائج وجود فروق في مستوى الاستفادة من الذكاء الاصطناعي بين المشاريع الكبيرة والمعقدة مقارنة

بالمشاريع الصغيرة والمتوسطة، إضافة إلى تحديات تقنية وبشرية تؤثر على التطبيق الأمثل للتقنيات الذكية.

وبناءً على النتائج، قدمت الدراسة مجموعة من التوصيات العملية والعلمية لتعزيز دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية، أبرزها: تطوير البنية التحتية التقنية، تدريب الكوادر البشرية، تبني نماذج إدارة ذكية متكاملة، وتعزيز ثقافة الابتكار داخل المؤسسات، إضافة إلى تشجيع البحث العلمي التطبيقي في هذا المجال لتحسين مستوى الأداء وتعظيم الاستفادة من هذه التقنيات الحديثة.

وتخلص الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل عنصرًا استراتيجيًا حيويًا لإدارة المشاريع الهندسية الحديثة، ويمكن أن يسهم بشكل كبير في رفع الكفاءة وتحقيق أهداف المشروع بشكل أكثر دقة وفاعلية، شرط توفير البنية التحتية المناسبة، والكفاءات المؤهلة، ودعم القيادة الإدارية لتطبيق هذه التقنيات

Midocean University

College of Management

Department of.....

Title in English

Prepared by:

Supervised by:

Year:2024