

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

تخصص إدارة المشاريع

عنوان البحث

دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر المشاريع وتحسين كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية

إعداد الطالب:

شادي مصطفى عبدالعزيز السيد يوسف

إشراف:

العام الدراسي:

2026

فهرس المحتويات

3	مقدمة.....
4	مشكلة الدراسة.....
6	أهمية الدراسة.....
9	أهداف الدراسة.....
10	تساؤلات الدراسة.....
10	فروض الدراسة.....
12	الدراسات السابقة.....
13	الفجوة البحثية.....
14	المنطلقات النظرية للدراسة.....
16	المنهجية وطرق البحث.....
17	أدوات الدراسة.....
18	حدود الدراسة.....
19	المراجع.....

مقدمة

شهد العقد الحالي تطوراً متسارعاً وغير مسبوق في تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) وتحليلات البيانات الضخمة (Big Data)، الأمر الذي تجاوز كونه مجرد تطور تكنولوجي ليصبح قوة دافعة لإعادة تشكيل ملامح العديد من القطاعات الإدارية والهندسية الخدمية. فقد انتقل الذكاء الاصطناعي من كونه موضوعاً أكاديمياً بحثياً إلى أداة تطبيقية فاعلة تقدم حلولاً مبتكرة لتحديات معقدة. ويبرز مجال إدارة المشاريع، وبالأخص تلك المعقدة وكبيرة الحجم مثل مشاريع البنية التحتية (كالجسور والطرق والسدود وشبكات المياه والكهرباء)، كواحد من أكثر المجالات الواعدة لتوظيف هذه التقنيات لتحقيق نقلة نوعية في الأداء. تواجه مشاريع البنية التحتية الحديثة بيئة تشغيلية بالغة التعقيد والديناميكية، تتسم بدرجة عالية من عدم اليقين (Uncertainty) فهي عرضة لتقلبات مستمرة ومتداخلة تشمل تغيرات حادة في أسعار المواد الخام، تقلبات في أسعار صرف العملات، تحولات في المتطلبات التنظيمية والحكومية، اضطرابات في سلاسل التوريد العالمية، وحتى مخاطر جيوسياسية أو بيئية غير متوقعة. هذه العوامل مجتمعة تخلق أرضاً خصبة لنشوء المخاطر (Risks) التي تهدد أهداف المشروع الأساسية: الوقت، التكلفة، الجودة، النطاق. والفشل في إدارة هذه المخاطر بشكل استباقي غالباً ما يؤدي إلى تجاوزات كبيرة في التكاليف، تأخيرات زمنية فادحة، أو في أسوأ الحالات فشل ذريع للمشروع.

تقليدياً، اعتمدت إدارة المخاطر في المشاريع بشكل كبير على الخبرات الشخصية لمديري المشاريع وفريق العمل، مستخدمة أدوات تحليل يدوية وتقليدية مثل سجلات المخاطر (Risk Registers)، تحليل الاحتمالية والتأثير (Probability & Impact analysis) وعقد جلسات العصف الذهني (Brain Storming). ورغم أهمية هذه المنهجيات، إلا أنها تظهر قصوراً واضحاً عند تطبيقها على المشاريع العملاقة التي تولد كميات هائلة من البيانات (سواء كانت منظمة أو غير منظمة) وتتفاعل فيها مئات المتغيرات بشكل معقد. فالتحليل اليدوي يصبح غير قادر على استيعاب هذا الكم الهائل من البيانات أو اكتشاف الأنماط الخفية والعلاقات غير المباشرة بين المتغيرات التي قد تنذر بمخاطر جسيمة.

هنا يبرز دور الذكاء الاصطناعي كأداة تحليلية متقدمة. يقدم الذكاء الاصطناعي مجموعة من التقنيات الواعدة، وعلى رأسها التعلم الآلي (Machine Learning) بفروعه المختلفة (مثل التعلم الخاضع للإشراف وغير الخاضع للإشراف)، الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks) القادرة على محاكاة طريقة عمل الدماغ البشري في التعلم والربط، وتحليل المشاعر (Sentiment Analysis) لتقييم تقارير الحالة، وخوارزميات التنقيب في البيانات (Data Mining) تمكن هذه التقنيات المؤسسات من تجاوز حدود التحليل التقليدي، وذلك بالغوص في البيانات المتراكمة للمشاريع المماثلة، وتحليل بيانات الأداء الحالية بشكل لحظي، واكتشاف أنماط معقدة ودقيقة سبق أن ارتبطت بحدوث مخاطر معينة. هذه القدرة التنبؤية الفائقة تزود مديري

المشاريع برؤى ثاقبة (Insights) تمكنهم من اكتشاف المخاطر قبل حدوثها، واتخاذ قرارات استباقية أكثر دقة وفعالية لتفاديها أو التخفيف من آثارها.

بناءً على ما تقدم، يهدف هذا البحث إلى دراسة وتحليل دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية، وتقييم تأثير استخدام هذه التقنيات على تحسين كفاءة إدارة هذه المشاريع، وبالتالي المساهمة في تقليل احتمالية فشلها وزيادة معدلات نجاحها في تحقيق أهدافها.

مشكلة الدراسة

بالرغم من التطور في منهجيات إدارة المشاريع (مثل PMBOK، PRINCE2)، والمنهجيات الرشيقة (Agile Management)، وظهور آليات وأدوات إدارة مشاريع حديثة، لا تزال الإحصاءات العالمية تشير إلى أن نسبة كبيرة من المشاريع، وخاصة الكبرى منها تفشل في تحقيق أهدافها ضمن القيود المحددة. تقارير مؤسسات مرموقة مثل معهد إدارة المشاريع (PMI) ومجموعة بوسطن الاستشارية (BCG) تؤكد باستمرار أن مشاريع البنية التحتية والإنشاءات الكبرى هي الأكثر عرضة لتجاوز التكاليف والجدول الزمنية حيث أن نسبة كبيرة منها لا يتم تسليمها في الوقت المحدد أو ضمن الميزانية المقررة.

يعود السبب الجذري لهذه المشكلة المزمنة، في كثير من الحالات، إلى ضعف القدرة على التنبؤ بالمخاطر بشكل مبكر ودقيق. فإما أن يتم تحديد المخاطر بشكل سطحي، أو يتم تجاهل مؤشرات إنذار مبكرة كانت موجودة في بيانات المشروع، أو يتم تحليل أثر المخاطر المحتملة بشكل غير دقيق يعتمد على تخمينات وخبرات محدودة، مما يؤدي إلى استعداد غير كافٍ أو استجابات غير مناسبة عند وقوع الحدث.

تعتمد الغالبية العظمى من المؤسسات حتى اليوم على أدوات وأساليب تقليدية في إدارة المخاطر. هذه الأدوات، كسجلات المخاطر وتحليل الاحتمالية والتأثير، تعتمد بشكل جوهري على المدخلات البشرية والخبرات الذاتية. ورغم أهميتها كأساس للعمل، إلا أنها تعاني من قصور جوهري يتمثل في العوامل التالية:

■ عدم تعريف المخاطر المحتملة بشكل دقيق:

قد يغفل الفريق تعريف مخاطر حدثت في مشاريع سابقة، أو لا يمتلك الخبرة الكافية لتحديد كافة أنواع المخاطر المحتملة، أو عدم اتباع الطرق المتعارف عليها لتعريف المخاطر مثل العصف الذهني (Brainstorming)، مراجعة الوثائق والبيانات السابقة (Documentation Review)، استطلاع آراء الخبراء باستخدام طريقة دلفي (Delphi Technique)، تدقيق قوائم المراجعة (Checklists)، الملاحظة المباشرة وإجراء الجولات التفتيشية.

■ عدم استمرارية مراجعة وتحديث سجل المخاطر :

غالباً ما يتم تحديث سجل المخاطر بعد وقوع المخاطر (Reactive). وليس بطريقة استباقية (Proactive) قبل حدوث المخاطر، وذلك بسبب ضعف القدرة على التنبؤ أو عدم الالمام بمجريات وتقدم العمل بالمشروع والمستجدات التي تطرأ خلال دورة حياة المشروع والتي من شأنها ان تؤثر على المخاطر المعروفة بالمشروع خلال مرحلة التخطيط.

■ عدم الاكتراث الى المخاطر الثانوية (Secondary risk):

غالباً ما يتم أغفال إثر المخاطر الثانوية التي قد تنشأ نتيجة إجراء معالجة للمخاطر الأساسية (Primary risk) المعروفة بالمشروع. حيث تحدث المخاطر الثانوية نتيجة لتنفيذ استجابة لمخاطر أخرى. إذا كانت استجابة التخفيف/ المعالجة غير مدروسة جيداً، فقد تؤدي إلى خطر جديد ذو تأثير مرتفع على مخرجات واهداف المشروع، والتي يتوجب ادراجها بسجل المخاطر وتحليلها ومراقبتها وإدارتها بفعالية.

■ عدم القدرة على تحليل الحجم الهائل للبيانات:

لا يمكن باستخدام الأدوات التقليدية معالجة وتحليل كميات البيانات الضخمة والمتنوعة التي تنتجها المشاريع الحديثة والتي تشمل (تقارير يومية- اجتماعات دورية – اختبارات موقعية، تغييرات في نطاق الاعمال - تواصل فريق العمل، عقود الموردين، تغيرات الأسعار- تغير في الظروف المحيطة - ... إلخ).

■ تدخل الإدارة العليا بالمؤسسة لتقليل تصنيف بعض المخاطر:

قد تتدخل الادارة العليا في الشركة بالتأثير على الطاقم الفني المعني بدراسة المخاطر بحيث يتم توجيههم الى تخفيض تقييم بعض المخاطر لأسباب تتعلق بالسمعة أو لتقليل تكلفة الإجراء الاحترازي المترتب على الاستعداد لمثل تلك المخاطر، في هذه الحالة فإن المؤسسة تعطي أولوية للحصول على راحة مؤقتة مقابل مخاطر مرتفعة للغاية يتم إغفالها عمداً والتي قد تسبب خسائر فادحة في حال حدوثها. تعتقد الإدارة العليا في هذه الحالة أنها تحمي المؤسسة، لكنها في الواقع تحرمها من القدرة على التنبؤ والاستعداد.

في المقابل، مع النضوج المتزايد لتقنيات الذكاء الاصطناعي، أصبح من الممكن علمياً وتقنياً بناء وتدريب نماذج تحليلية متقدمة قادرة على التعلم من البيانات التاريخية لآلاف المشاريع، وتحليل البيانات الحالية بشكل شبه فوري، والتنبؤ باحتمالية حدوث مخاطر محددة (مثل التأخير أو تجاوز التكلفة) بدقة تفوق القدرات البشرية التقليدية. ومع ذلك، وعلى الرغم من هذا الإمكانيات الهائلة، فإن التطبيق الفعلي والمنهجي لهذه التقنيات في إدارة مخاطر المشاريع لا يزال محدوداً، ومقتصر على عدد قليل من الشركات الكبرى أو في قطاعات معينة مثل التكنولوجيا. لا تزال هناك فجوة معرفية وتطبيقية واسعة تحول دون استفادة قطاع مشاريع البنية التحتية من هذه الثورة التحليلية لذلك، تتمثل مشكلة الدراسة الرئيسية في الحاجة الملحة إلى فهم وتقييم الدور

الفعلي الذي يمكن أن يلعبه الذكاء الاصطناعي في تعزيز عملية التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية، وقياس مدى تأثير هذا التوظيف على تحسين كفاءة وفعالية إدارة هذه المشاريع بشكل عام.

أهمية الدراسة

أولاً: الأهمية العلمية (النظرية):

تنبع الأهمية العلمية لهذه الدراسة من مساهمتها في تطوير الإطار المعرفي لكل من مجال إدارة المشاريع وتقنيات الذكاء الاصطناعي، من خلال الربط بينهما في سياق مشاريع البنية التحتية التي تتسم بالتعقيد وارتفاع مستوى المخاطر. ويمكن توضيح هذه الأهمية من خلال النقاط التالية:

1. سد الفجوة البحثية

تسهم الدراسة في تقليص الفجوة بين النماذج التقليدية لإدارة المخاطر في المشاريع، التي تعتمد غالباً على الخبرة البشرية والتقديرية الاحتمالية، وبين النماذج الحديثة القائمة على الذكاء الاصطناعي، والتي تعتمد على تحليل البيانات الضخمة والتعلم الآلي.

2. تطوير نماذج نظرية متقدمة لإدارة المخاطر

تقدم الدراسة إطاراً نظرياً يدمج تقنيات مثل التعلم الآلي (Machine Learning) وتحليل البيانات التنبؤية ضمن عمليات إدارة المخاطر، مما يسهم في تطوير نماذج أكثر دقة وموضوعية في التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها.

3. إثراء الأدبيات العلمية في مجال البنية التحتية

تضيف الدراسة بعداً علمياً جديداً للأدبيات المرتبطة بمشاريع البنية التحتية، من خلال التركيز على استخدام التقنيات الذكية في تحسين كفاءة التخطيط والتنفيذ والمتابعة، وهو مجال لا يزال بحاجة إلى مزيد من الدراسات المتعمقة.

4. تعزيز التكامل بين التخصصات

تبرز الدراسة أهمية التكامل بين تخصصات متعددة مثل إدارة المشاريع، هندسة البنية التحتية، وعلوم البيانات، مما يدعم التوجهات الحديثة نحو البحث متعدد التخصصات (Interdisciplinary Research).

5. تقديم إطار مفاهيمي قابل للتطبيق والتطوير

تسهم الدراسة في بناء إطار مفاهيمي (Conceptual Framework) يوضح العلاقة بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ومستوى كفاءة إدارة المشاريع وقدرتها على التنبؤ بالمخاطر، بما يمكن الباحثين مستقبلاً من تطويره أو اختباره في بيئات مختلفة.

6. تحسين دقة التنبؤ واتخاذ القرار

من الناحية النظرية، توضح الدراسة كيف يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي أن تعزز من دقة التنبؤ بالمخاطر مقارنة بالأساليب التقليدية، مما يدعم تطوير نظريات اتخاذ القرار في ظل عدم اليقين.

7. إعادة تعريف مفهوم إدارة المخاطر

تسهم الدراسة في إعادة صياغة مفهوم إدارة المخاطر في المشاريع، من كونه عملية تصحيحية (Reactive) إلى عملية استباقية (Proactive) قائمة على التنبؤ والتحليل الذكي.

ثانياً: الأهمية التطبيقية (العملية):

تنبع الأهمية التطبيقية لهذه الدراسة من قدرتها على تقديم حلول عملية قابلة للتنفيذ تسهم في تحسين أداء مشاريع البنية التحتية ورفع كفاءتها التشغيلية، وذلك من خلال توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر واتخاذ القرار. ويمكن توضيح ذلك من خلال ما يلي:

1. تحسين القدرة على التنبؤ بالمخاطر

تساعد مخرجات الدراسة الجهات المعنية على استخدام نماذج الذكاء الاصطناعي للتنبؤ المبكر بالمخاطر المحتملة (مثل التأخيرات، تجاوز التكاليف، أو المشاكل التشغيلية)، مما يتيح اتخاذ إجراءات استباقية تقلل من آثارها.

2. دعم متخذي القرار بمعلومات دقيقة

توفر الدراسة أدوات تحليلية قائمة على البيانات تدعم مديري المشاريع وصناع القرار بمؤشرات دقيقة وفورية، مما يعزز جودة القرارات ويقلل من الاعتماد على التقديرات الشخصية.

3. رفع كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية

تسهم في تحسين كفاءة التخطيط والتنفيذ والمتابعة من خلال استخدام أنظمة ذكية قادرة على تحليل الأداء وتحديد الانحرافات بشكل مستمر.

4. تقليل التكاليف التشغيلية والهدر

من خلال التنبؤ بالمشكلات قبل حدوثها، يمكن تقليل التكاليف الناتجة عن الأخطاء، إعادة العمل، أو التأخيرات، وبالتالي تحسين كفاءة استخدام الموارد.

5. تعزيز إدارة الوقت والالتزام بالجدول الزمنية

تساعد النماذج التنبؤية في توقع التأخيرات المحتملة واقتراح حلول بديلة، مما يدعم الالتزام بالجدول الزمنية للمشاريع.

6. تحسين جودة المشاريع ومخرجاتها

يساهم الاستخدام الفعال للذكاء الاصطناعي في مراقبة الجودة بشكل مستمر، مما يؤدي إلى تحسين مستوى جودة الأعمال المنفذة في مشاريع البنية التحتية.

7. دعم التحول الرقمي في الجهات الحكومية والخاصة

توفر الدراسة نموذجاً عملياً يمكن للجهات تبنيه ضمن استراتيجيات التحول الرقمي، خاصة في قطاعات البلديات، النقل، والمرافق العامة.

8. تعزيز الشفافية وإدارة الأداء

من خلال أنظمة تعتمد على البيانات، يمكن تتبع الأداء بشكل واضح وشفاف، مما يساهم في تحسين الحوكمة والمساءلة في المشاريع.

9. إمكانية التطبيق في بيئات متعددة

يمكن تطبيق نتائج الدراسة في مختلف أنواع مشاريع البنية التحتية (طرق، شبكات صرف صحي، محطات ضخ، حدائق، وغيرها)، مما يزيد من قيمة الدراسة التطبيقية.

أهداف الدراسة

الهدف العام

يهدف هذا البحث إلى دراسة وتحليل دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين القدرة على التنبؤ بمخاطر المشاريع، وتقييم أثر ذلك على رفع كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية، من خلال تطوير نموذج أو إطار تحليلي يدعم متخذي القرار في التخطيط الاستباقي، وتقليل المخاطر، وتعزيز كفاءة الأداء في مختلف مراحل دورة حياة المشروع.

الأهداف التفصيلية:

1. تأصيل المفاهيم:

تقديم شرح وافٍ ومتعمق لمفهوم الذكاء الاصطناعي وتقنياته الرئيسية (التعلم الآلي، الشبكات العصبية، تحليل البيانات الضخمة) واستعراض تطبيقاتها المعاصرة والمحتملة في مجال إدارة المشاريع بشكل عام.

2. تحليل الدور التنبؤي:

تحليل وتنفيذ كيفية قيام تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة بتحسين عملية التنبؤ بالمخاطر، من خلال قدرتها على تحليل البيانات التاريخية، واكتشاف الأنماط المعقدة، وتحديد العلاقات السببية بين المتغيرات.

3. تقييم الأثر:

إجراء تقييم كمي ونوعي للأثر المباشر لاستخدام الذكاء الاصطناعي على المؤشرات الرئيسية لأداء المشروع، وخاصة فيما يتعلق بتقليل حالات التأخير، والحد من تجاوز التكاليف المخطط لها، وتحسين جودة المخرجات.

4. تشخيص التحديات:

تحديد وتصنيف أبرز التحديات (التقنية، البشرية، المالية، التنظيمية، الأخلاقية) التي تواجه المؤسسات عند محاولتها تبني وتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات إدارة المخاطر لديها.

5. تقديم نموذج مقترح:

بناء على نتائج التحليل النظري والتطبيقي، سيتم اقتراح نموذج عمل أو إطار مرجعي مبسط يمكن للمؤسسات العاملة في قطاع البنية التحتية الاسترشاد به عند الشروع في تبني حلول الذكاء الاصطناعي لتحسين إدارة مخاطرها.

تساؤلات الدراسة

1. السؤال الرئيسي: ما هو دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز القدرة على التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية، وكيف يمكن قياس هذا الدور.
2. ما هي أهم تقنيات الذكاء الاصطناعي (مثل خوارزميات التعلم الآلي، الشبكات العصبية) التي أثبتت الدراسات فعاليتها في تحليل مخاطر المشاريع والتنبؤ بها.
3. كيف يؤثر تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر على مؤشرات نجاح المشروع الرئيسية، وتحديدًا الالتزام بالجدول الزمني والميزانية المخصصة.
4. ما هي أبرز المعوقات والتحديات التي تحول دون تبني وتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر من قبل المؤسسات المنفذة لمشاريع البنية التحتية.

فروض الدراسة

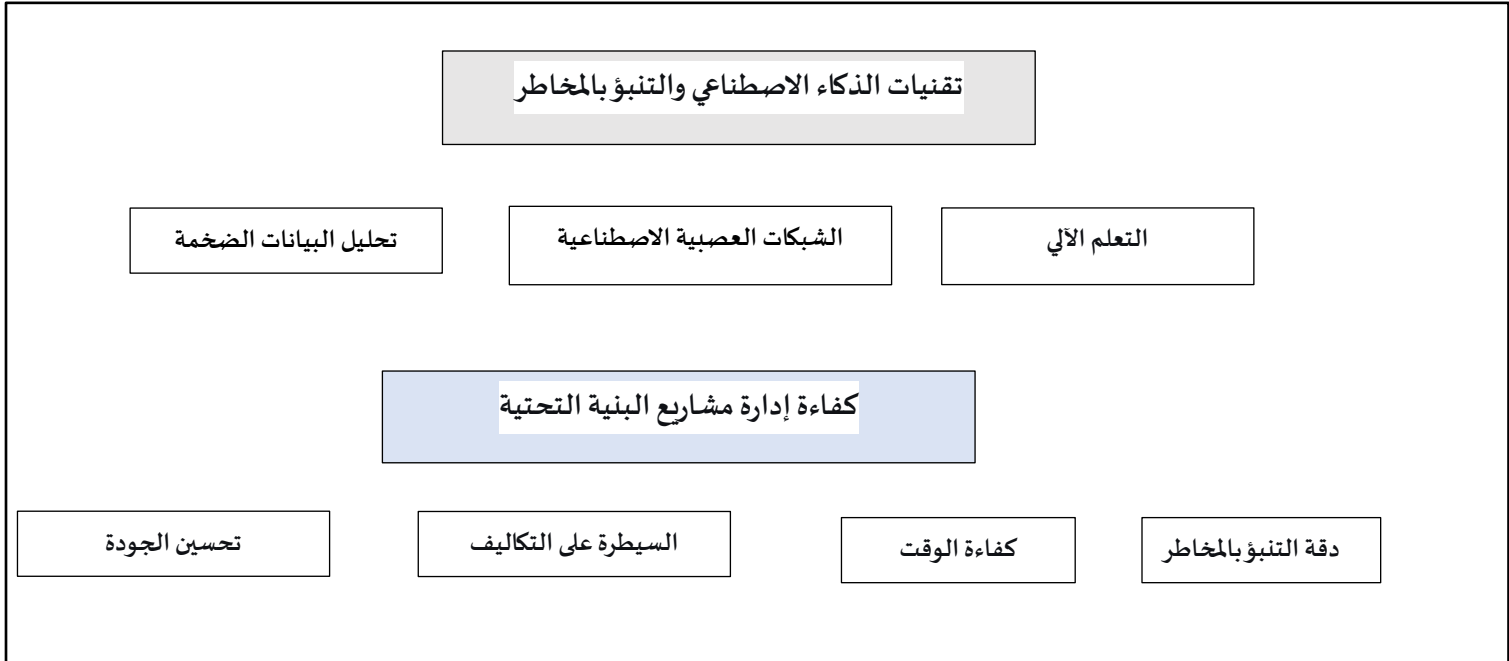
الفرضيات الرئيسية:

- H0: لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتنبؤ بمخاطر المشاريع وبين تحسين كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية.
- H1: توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتنبؤ بمخاطر المشاريع من جهة، وتحسين كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية من جهة أخرى.

الفرضيات الفرعية:

- H1: يؤدي استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي إلى تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر في مشاريع البنية التحتية بشكل أكبر مقارنة بالأساليب التقليدية.
- H2: يساهم توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر في تقليل معدلات التأخير في الجدول الزمني لمشاريع البنية التحتية.
- H3: يؤدي تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى تقليل نسبة تجاوز التكاليف المخطط لها في مشاريع البنية التحتية.
- H4: يساهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل احتمالية حدوث المخاطر في مشاريع البنية التحتية.
- H5: توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الذكاء الاصطناعي وتحسين جودة مخرجات المشاريع.
- H6: يساهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة دعم اتخاذ القرار الفعال في إدارة مشاريع البنية التحتية.

بناءً على مشكلة الدراسة وفرضياتها الموضحة اعلاه، تم تطوير نموذج مفاهيمي يوضح المسارات المفترضة للعلاقة بين المتغيرات. يعكس هذا النموذج الدور التنبؤي لتقنيات الذكاء الاصطناعي كعامل محرك لتحقيق الكفاءة في مشاريع البنية التحتية، كما يظهر في الشكل رقم (1) ادناه:



1. المتغير المستقل: (Independent Variable) :

يتمثل في "تقنيات الذكاء الاصطناعي والتنبؤ بالمخاطر"، ويشير إلى الأدوات والخوارزميات (مثل التعلم الآلي والشبكات العصبية) التي تُستخدم لتحليل البيانات الضخمة للمشاريع التاريخية بهدف التنبؤ بالانحرافات المحتملة قبل وقوعها.

2. المتغير التابع (Dependent Variable) :

يتمثل في "كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية"، وهو المتغير الذي يُتوقع تأثره بالذكاء الاصطناعي. ويُقاس من خلال عدة أبعاد تشغيلية (كما ورد في الفرضيات الفرعية) وهي:

- دقة التنبؤ: تقليل الفجوة بين التقديرات والواقع.

- كفاءة الوقت: تقليل التأخير في الجداول الزمنية.
- السيطرة على التكاليف: الحد من التجاوزات المالية.
- الجودة: تحسين المخرجات النهائية للمشروع.

3. المسار والعلاقة (The Relationship) :

يشير السهم المنطلق من المتغير المستقل نحو المتغير التابع إلى وجود أثر مباشر (Direct Effect) ذو دلالة إحصائية، وهو ما تسعى الدراسة لاختباره وإثباته (الفرضية H₁). يشير هذا المسار إلى أن تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي ليس مجرد إضافة تقنية، بل هو وسيلة لتحسين الأداء الكلي للمشروع.

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات الحديثة موضوع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، ويمكن تصنيفها في مجموعات رئيسية.

المجموعة الأولى: دراسات حول التنبؤ بفشل المشاريع وتأخرها دراسة (Smith et al., 2021):

هدفت الدراسة إلى استخدام خوارزميات الغابات العشوائية (Random Forest) والانحدار اللوجستي (Logistic Regression) لتحليل بيانات أكثر من 500 مشروع إنشائي. أظهرت النتائج أن النماذج المدربة كانت قادرة على تحديد المشاريع المعرضة لخطر التأخير بدقة وصلت إلى 85%، وذلك من خلال تحليل عوامل مثل أداء المقاولين، وتذبذب أسعار المواد، وتكرار تغييرات التصميم. أوصت الدراسة بدمج هذه النماذج في أنظمة المعلومات الإدارية للمشاريع.

المجموعة الثانية: دراسات حول استخدام الشبكات العصبية دراسة (Chen & Zhang, 2022):

ركزت هذه الدراسة على وجه التحديد على مخاطر السلامة في مشاريع الأنفاق الكبرى. تم تطوير نموذج قائم على الشبكات العصبية العميقة (Deep Neural Networks) وتم تدريبه باستخدام بيانات تاريخية من 200 مشروع. شملت البيانات تقارير الحوادث، بيانات جيولوجية، وبيانات عن ظروف العمل. توصلت الدراسة إلى أن النموذج كان قادراً على التنبؤ بمناطق وأنشطة محددة ذات احتمالية عالية لحدوث مخاطر السلامة، متجاوزاً دقة الطرق التقليدية القائمة على التفيتش البشري الدوري.

دراسة (El-Gohary, 2020): قامت هذه الدراسة بتطبيق الشبكات العصبية لتحليل مخاطر التكلفة في المراحل المبكرة من مشاريع الطرق. أظهرت النتائج أن النموذج كان قادراً على تقدير احتمالية تجاوز التكلفة بهامش خطأ أقل بكثير من تقديرات الخبراء، خاصة عندما تتوفر بيانات كافية عن مشاريع سابقة مماثلة.

المجموعة الثالثة: دراسات حول تحليل البيانات الضخمة:

دراسة (Bilal et al., 2023): استعرضت هذه الدراسة كيفية استخدام تقنيات تحليل البيانات الضخمة (Big Data Analytics) لتحسين عملية اتخاذ القرار في مشاريع البنية التحتية الذكية. أشارت النتائج إلى أن تحليل البيانات غير المنظمة مثل تقارير الحالة اليومية (المكتوبة بلغة حرة)، ومحادثات البريد الإلكتروني بين فريق العمل، ومنشورات وسائل التواصل الاجتماعي المتعلقة بالمشروع، يمكن أن يوفر مؤشرات إنذار مبكر قيّمة عن مشاكل محتملة في التواصل، أو نزاعات مع المجتمع المحلي، أو مخاطر تتعلق بالسمعة، وهي مخاطر يصعب قياسها كمياً بالطرق التقليدية.

الفجوة البحثية

على الرغم من القيمة العلمية المضافة للدراسات السابقة، إلا أن استعراضها يكشف عن وجود فجوة بحثية واضحة يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

1. التركيز على الجوانب النظرية أو قطاعات محددة:
لاحظ الباحث أن معظم الدراسات السابقة إما تناولت الموضوع من زاوية نظرية بحتة، أو ركزت على تطبيقات محددة للذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع بشكل عام أو في قطاع التشييد والبناء دون تمييز.
2. نقص الدراسات التطبيقية في مشاريع البنية التحتية:
هناك ندرة ملحوظة في الدراسات التطبيقية التي تتناول بشكل خاص ونوعي قطاع مشاريع البنية التحتية بمشاكله الفريدة مثل الفترة الزمنية الطويلة للمشروع، تعدد الجهات الحكومية المتداخلة، التمويل الحكومي، التأثير البيئي والاجتماعي الواسع.
3. غياب إطار مفاهيمي متكامل:
تفتقر الأدبيات الحالية إلى رؤية تكاملية تربط بشكل متناسق بين تقنيات الذكاء الاصطناعي (كمدخلات) وإدارة المخاطر (كعمليات) وكفاءة التنفيذ (كمخرجات قياسية)، حيث أن أغلب الدراسات السابقة تركز على عنصر واحد بمعزل عن المنظومة الكلية لمشاريع البنية التحتية.
4. قلة الدراسات في النطاق الاقليمي:

يلاحظ الباحث قلة الدراسات الميدانية التي تناولت هذا الموضوع في المنطقة العربية بشكل عام، على الرغم من النهضة العمرانية ومشاريع البنية التحتية الضخمة التي تشهدها العديد من الدول العربية، مما يجعل فهم واقع التطبيق وتحدياته في هذا السياق الثقافي والإداري أمراً بالغ الأهمية. لذلك، تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال القيام بدراسة تطبيقية ميدانية تركز بشكل خاص على استخدام الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر في مشاريع البنية التحتية، محاولة فهم واقع الممارسة، وقياس الأثر، وتحديد المعوقات في هذا السياق الحيوي والمهم.

المنطلقات النظرية للدراسة

تستند هذه الدراسة إلى مجموعة من النظريات والمفاهيم الأكاديمية الراسخة التي تشكل الإطار الفكري الذي يوجه البحث ويحلل نتائجه.

1. نظرية إدارة المخاطر (Risk Management Theory):

تشكل هذه النظرية الركيزة الأساسية للدراسة. تركز على عملية منهجية تتكون من خطوات متسلسلة: تحديد المخاطر، تحليلها (نوعياً وكمياً)، تخطيط الاستجابات المناسبة لها، وأخيراً مراقبتها والتحكم فيها طوال دورة حياة المشروع. تسعى الدراسة لاختبار كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يعزز كل خطوة من هذه الخطوات، خاصة خطواتي التحديد والتحليل الكمي، لجعلها أكثر دقة واعتماداً على البيانات.

2. نظرية الابتكار التكنولوجي (Technological Innovation Theory) ونموذج قبول التكنولوجيا (TAM):

تساعد هذه النظريات في تفسير كيفية تبني المؤسسات والأفراد للتقنيات الجديدة مثل الذكاء الاصطناعي. سيتم استخدامها كإطار لفهم وتحليل العوامل التي تؤثر على قرار المؤسسات في تبني هذه التقنيات في إدارة مشاريعها (مثل سهولة الاستخدام المدركة، والفائدة المدركة)، وكذلك لتفسير التحديات المرتبطة بعملية التبني.

3. نظرية اتخاذ القرار المعتمد على البيانات (Data-Driven Decision Making theory):

تؤكد هذه النظرية على أهمية الانتقال من الاعتماد على الحدس والخبرة فقط إلى الاعتماد على تحليل البيانات الكمية والنوعية لدعم القرارات الإدارية.

تتسق هذه النظرية بشكل مباشر مع جوهر الدراسة، حيث أن الذكاء الاصطناعي هو أداة تمكين رئيسية لاتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات في مجال إدارة مخاطر المشاريع، مما يزيد من موضوعيتها وفعاليتها.

4. نظرية الأنظمة (Systems Theory):

تنظر إلى المشروع كنظام مفتوح يتفاعل مع بيئته الخارجية ويتكون من أجزاء مترابطة (الموارد، الجدول الزمني، فرق العمل، الموردين... إلخ). يمكن للذكاء الاصطناعي، من خلال تحليل البيانات المتدفقة من هذه الأجزاء وبيئة المشروع، أن يساعد في فهم ديناميكيات هذا النظام المعقد والتنبؤ بكيفية تأثير تغير في جزء ما (مثل تأخر مورد) على الأجزاء الأخرى (مثل التكلفة الإجمالية).

استناداً إلى المنطلقات النظرية السابقة (نظرية إدارة المخاطر، نظرية الابتكار التكنولوجي، نظرية اتخاذ القرار المعتمد على البيانات)، نستعرض مقترحاً يوضح الآلية التطبيقية لتوظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية. يتكون هذا الإطار من أربع مراحل متكاملة، تبدأ بجمع البيانات من مصادرها المختلفة، ثم معالجتها باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مروراً بإنتاج مخرجات تدعم التنبؤ بالمخاطر واتخاذ القرار، وانتهاءً بمؤشرات تحسين كفاءة المشروع التي تم صياغتها في فرضيات الدراسة. يوضح الجدول (1) ادناه هذه المراحل بالتفصيل:

المرحلة	المدخلات	التقنيات المستخدمة	المخرجات	مؤشرات الكفاءة
المدخلات	- البيانات التاريخية. - بيانات الأداء الحالية. - البيانات البيئية والمناخية. - بيانات السوق والمالية.	-	قاعدة بيانات متكاملة	-
المعالجة	قاعدة البيانات المتكاملة	- التعلم الآلي. - الشبكات العصبية. - تحليل البيانات الضخمة	- نماذج تنبؤية. - أنماط مكتشفة. - مؤشرات إنذار مبكر.	-
المخرجات	النماذج التنبؤية	- أنظمة الإنذار المبكر. - محاكاة السيناريوهات.	- تنبؤ بالمخاطر. - توصيات استباقية. - تقارير ذكية.	-
المؤشرات	مخرجات دعم القرار	لوحات القيادة (Dashboards)	قرارات محسنة	- دقة التنبؤ. - كفاءة الوقت. - السيطرة على التكاليف. - تحسين الجودة.

المنهجية وطرق البحث

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها واختبار فروضها، ستعتمد هذه الدراسة على المنهج المختلط (Mixed-Methods Approach) الذي يجمع بين الأساليب الكمية والنوعية لتعميق الفهم وتقديم رؤية شاملة للمشكلة.

المنهج الوصفي التحليلي (Descriptive Analytical Approach):

سيتم استخدام هذا المنهج لوصف وتحليل العلاقة بين متغيرات الدراسة الرئيسية: استخدام الذكاء الاصطناعي (كمتغير مستقل) وإدارة مخاطر المشاريع وكفاءتها (كمتغير تابع). سيتمكن هذا المنهج من رسم صورة واضحة لواقع استخدام هذه التقنيات في قطاع البنية التحتية وتحليل العوامل المرتبطة به.

المنهج الكمي (Quantitative Approach):

سيتم الاعتماد على هذا المنهج لاختبار الفرضيات إحصائياً وتعزيز إمكانية تعميم النتائج. وسيتم ذلك من خلال تصميم استبيان إلكتروني يتم توزيعه على عينة واسعة من مجتمع الدراسة.

المنهج النوعي (Qualitative Approach):

لتعميق الفهم وتفسير النتائج الكمية، سيتم إجراء مقابلات شبه منظمة (Semi-structured interviews) مع عدد محدود من الخبراء ومديري المشاريع ممن لديهم خبرة عملية في تطبيق الذكاء الاصطناعي. سيساعد هذا في الحصول على رؤى ثرية حول التحديات العملية وأفضل الممارسات التي قد لا تظهر في الاستبيان.

على الرغم من الإمكانيات الهائلة للذكاء الاصطناعي، إلا أن تطبيقه في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية يواجه مجموعة من التحديات التي يجب الاعتراف بها ومعالجتها:

أولاً: تحديات تقنية:

- جودة البيانات: تعتمد دقة النماذج بشكل كامل على جودة البيانات المستخدمة في التدريب. مشاريع البنية التحتية تعاني غالباً من بيانات مفقودة، غير مكتملة، أو غير موحدة.
- التكامل مع الأنظمة القديمة: تعاني الكثير من المؤسسات من أنظمة تقنية معلومات قديمة (Legacy Systems) لا تدعم التكامل السهل مع تطبيقات الذكاء الاصطناعي الحديثة.

- الحاجة إلى بنية تحتية تقنية: تتطلب نماذج الذكاء الاصطناعي قوة حاسوبية وتخزيناً كبيرين للبيانات، وهو استثمار قد لا يكون متاحاً لجميع المؤسسات.

ثانياً: تحديات بشرية وتنظيمية:

- مقاومة التغيير: قد يقابل الموظفون هذه التقنيات بالخوف من استبدالهم أو عدم الثقة في المخرجات الآلية، خاصة إذا لم يتم إشراكهم في عملية التبني.
- الفجوة المهارية: هناك ندرة في الكوادر البشرية التي تمتلك مزيجاً من مهارات إدارة المشاريع وفهم تقنيات الذكاء الاصطناعي. يحتاج مدير المشروع التقليدي إلى تدريب مكثف ليصبح "مدير مشروع رقمي".
- تكلفة التبني: تشمل التكاليف ليس فقط شراء البرمجيات، بل أيضاً تكاليف التدريب، الاستشارات، وتحديث البنية التحتية.

ثالثاً: تحديات أخلاقية وقانونية:

- مسؤولية القرار: من يتحمل مسؤولية القرار الخاطئ إذا كان مبنياً على توصية من نظام ذكاء اصطناعي؟ هل هي المؤسسة أم مطور النظام؟ هذه الإشكالية القانونية لا تزال غير محسومة بوضوح.
- التحيز في البيانات: إذا كانت البيانات التاريخية تحتوي على تحيزات (مثل تفضيل مقاولين معينين أو تجاهل مخاطر متعلقة بفئة معينة)، فإن النماذج ستتعلم وتكرس هذه التحيزات.
- خصوصية البيانات: تتضمن بيانات المشاريع غالباً معلومات حساسة عن الموردين والموظفين والتكاليف، مما يتطلب سياسات صارمة لحماية البيانات.

أدوات الدراسة

1. الاستبيان (Questionnaire):

الأداة الرئيسية لجمع البيانات الكمية. سيتم تصميم الاستبيان بناءً على مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة، وسيخضع لاختبارات الصدق (بتحكيمة من قبل خبراء) والثبات (باستخدام معامل ألفا كرونباخ). سيتكون الاستبيان من الأقسام الرئيسية التالية.

- القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية: ويشمل (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، طبيعة المؤسسة، حجم مشاريع التي يديرها).
- القسم الثاني: مستوى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي: ويقاس مدى معرفة واستخدام المؤسسة لتقنيات مثل التعلم الآلي، تحليل البيانات الضخمة، أنظمة دعم القرار الذكية في إدارة مشاريعها بشكل عام والمخاطر بشكل خاص.

- القسم الثالث: تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر: وقياس تصورات الباحثين حول تأثير استخدام هذه التقنيات (إذا كانت مستخدمة) على دقة التنبؤ بالمخاطر، سرعة الاستجابة، خفض التأخير، والتحكم في التكاليف.
- القسم الرابع: تحديات التطبيق: وقياس أهم المعوقات التي تحول دون تبني هذه التقنيات (تكلفة، نقص خبرة، قلق تنظيمي... إلخ).

2. دليل المقابلة (Interview Guide) :

أداة لجمع البيانات النوعية، تحتوي على مجموعة من الأسئلة المفتوحة التي تهدف إلى استكشاف تجارب الخبراء بعمق حول الموضوع.

سيتم تحليل البيانات الكمية من خلال تطبيق أساليب إحصائية متنوعة: التكرارات والنسب المئوية، المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية، تحليل الانحدار (Regression Analysis) لاختبار الفرضيات، وربما استخدام نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM) لاختبار النموذج المقترح. أما البيانات النوعية فسيتم تحليلها باستخدام أسلوب التحليل الموضوعي (Thematic Analysis).

حدود الدراسة

الحدود البشرية: ستقتصر الدراسة على عينة من مديري المشاريع، وكبار المهندسين العاملين في المؤسسات التي تقوم بتنفيذ وإدارة والإشراف على مشاريع البنية التحتية.

الحدود المكانية: سيتم تطبيق الدراسة ضمن نطاق مسؤوليات بلدية مدينة أبوظبي العاملة في تنفيذ مشاريع البنية التحتية في مدينة أبوظبي بدولة الإمارات العربية المتحدة، وذلك لتحديد الإطار الجغرافي للدراسة وإمكانية تعميم نتائجها.

الحدود الزمنية: سيتم تنفيذ مرحلة جمع البيانات الميدانية (توزيع الاستبيانات وإجراء المقابلات) خلال الفصل الدراسي من العام الجامعي 2026.

ج) المجال الزمني:

- فترة جمع البيانات (الربع الثاني 2026)
- فترة الدراسة (2026)

المراجع

- Kerzner, H., & Kerzner, H. R. (2017). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. John Wiley & Sons.
- Project Management Institute. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition. Project Management Institute.
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
- Smith, J., et al. (2021). Predicting Project Delays Using Machine Learning Algorithms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147.(5)
- Chen, L., & Zhang, Y. (2022). Deep Learning for Safety Risk Prediction in Tunnel Construction Projects. *Automation in Construction*, 135, 104-127.

(Journal Articles):

- Akomea-Frimpong, I., Dzagli, J. R. A. D., Eluerkeh, K., et al. (2025). A systematic review of artificial intelligence in managing climate risks of PPP infrastructure projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(4), pp. 2430-2454. [Citation:1]
- Aladağ, H. (2025). Exploring Large Language Model AI tools in Construction Project Risk Assessment: Chat GPT Limitations in Risk Identification, Mitigation Strategies, and User Experience. *Journal of Construction Engineering and Management*, 151(9). [Citation:2]
- Ivić, I., & Cerić, A. (2026). Intelligent Risk Identification in Construction Projects: A Case Study of an AI-Based Framework. *Buildings*, 16(2), 409. [Citation:4]
- Khalilnezhady, F., Teo, P., & Trigunarysyah, B. (2025). Data-driven risk assessment in public-private partnership (PPP) projects: a systematic review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(13), pp. 406-425. [Citation:5]
- Le, L. Q., Teo, P., & Gajanayake, A. (2025). Exploring the Current Landscape of Explicit Corporate Social Responsibility Communication via Webpages by Small and Medium Enterprises in the Construction Industry. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 1-17. [Citation:5]

- Love, P., Matthews, J., Ika, L., & Teo, P. (2023). From quality-I to quality-II: cultivating an error management culture to mitigate rework in infrastructure projects. *Production Planning & Control*, 34(9), pp. 812-829. [Citation:5]
- Ndiulor, T. C., et al. (2025). Generative AI for Sustainable Project Management in the Built Environment: Trends, Challenges, and Future Directions. *Sustainability*, 17(20). [Citation:7]
- Rossignol, K. (2026). AI-Augmented Plan Review: Practical Lessons from the Field. *PM World Journal*, Vol. XV, Issue I. [Citation:8]

(Reports, Theses & Practical Sources):

- Branthonne, D. (2025). How Novade's AI Is Transforming Construction from the Ground Up. *Building Review Journal*. [Citation:10]
- Kanner, J. (2026). Oracle Construction and Engineering Advisor for Safety: A Predictive Analytics Platform. *Construction Briefing*. [Citation:6]
- Wieringa, K. (2025). *Exploring the Potential Impact of Generative Artificial Intelligence on Public Infrastructure Project Management* (Master's thesis). University of Groningen. [Citation:9]

إعداد:

المهندس / شادي مصطفى عبدالعزيز السيد يوسف