



جامعة ميداووشن

كلية الإدارة

بكالوريوس إدارة المشاريع

أثر تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر على نجاح

مشاريع البنية التحتية الكبرى بمنطقة جدة

The Impact of Artificial Intelligence on Risk Management

In Mega Infrastructure Projects: A Case Study of Jeddah, Saudi Arabia

إعداد: بدور يوسف أحمد مجاهد

الرقم الجامعي: 221001262

مشروع التخرج

كلية الإدارة – جامعة ميداووشن

إشراف: د. عبد الرحيم نادر

عضو هيئة التدريس – كلية الإدارة

الفصل الدراسي الثاني – 2025

المحتويات

4	الفصل الأول: الإطار العام للبحث
5	1,1 المقدمة
7	1,2 مشكلة البحث
7	1,2,1 الفجوات النظرية
8	1,2,2 الفجوات التطبيقية
8	1,3 أهمية البحث
8	1,3,1 الأهمية النظرية
9	1,3,2 الأهمية التطبيقية
9	الدراسات السابقة
10	1,4 أسئلة البحث
10	1,5 أهداف البحث
12	1,6 فرضيات البحث
12	1,7 نموذج البحث
13	1,8 منهجية البحث
14	1,9 الدراسة الميدانية
15	1. الفصل الثاني: الدراسات السابقة
16	1.1 المقدمة
17	1.2 المتغير المستقل
19	1.3 المتغير التابع
22	1.4 العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع
25	1.5. الخاتمة
	الفصل الثالث : منهجية البحث
	مقدمة
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينة
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	مجتمع البحث
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	عينة البحث
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	طريقة وتقنيات أخذ العينة
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	طريقة جمع البيانات
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
	المتغير المستقل (تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر)
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

المتغير التابع (نجاح مشاريع البنية التحتية الكبرى بمنطقة جدة).....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
أنواع البيانات.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
بيانات أولية.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
بيانات ثانوية.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
طرق وإجراءات تحليل البيانات.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
الفصل الرابع : التحليل الوصفي لنتائج الدراسة.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
الفصل الخامس : مناقشة النتائج والاستنتاجات.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
5.2 المساهمة النظرية :	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
5.3 التطبيقات العملية :	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
5.4 التوصيات :	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
5.5 حدود الدراسة :	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
5.6 الدراسات المستقبلية :	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
5.7 الخاتمة :	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
المراجع.....	26.....
الملاحق.....	27.....

الفصل الأول: الإطار العام للبحث

1,1 المقدمة

تشهد منطقة جدة في المملكة العربية السعودية تحولاً استثنائياً في قطاع البنية التحتية، تماشياً مع رؤية 2030 الطموحة. فخلال السنوات الخمس الماضية، تم إطلاق أكثر من 17 مشروعاً ضخماً بتكلفة إجمالية تتجاوز 80 مليار ريال، تشمل تطوير منظومة النقل الجماعي، توسعة الموانئ، إنشاء شبكات صرف صحي متطورة، ومشاريع الطرق الاستراتيجية. وفقاً لتقرير أمانة جدة (2023)، تواجه 73% من هذه المشاريع تحديات جسيمة في إدارة المخاطر، حيث سجلت:

- تأخيرات زمنية بمتوسط 14 شهراً

- تجاوزات مالية وصلت إلى 42% من الميزانيات المخصصة

- 65 مشكلة بيئية غير متوقعة سنوياً

في هذا السياق، يبرز الذكاء الاصطناعي كحل استراتيجي لتحويل إدارة المخاطر من نموذج

تفاعلي تقليدي إلى نظام تنبؤي استباقي. فالتقنيات

المتقدمة مثل تعلم الآلة (Machine Learning) والشبكات العصبونية (Neural Networks)

تمكن من تحليل بيانات تاريخية ضخمة تتجاوز 2.5 مليون نقطة بيانات في مشاريع سابقة، للتنبؤ

بالمخاطر المحتملة بدقة تصل إلى 92% (Zhang, 2021). كما تسمح أنظمة المحاكاة القائمة

على الذكاء الاصطناعي باختبار +200 سيناريو خطر محتمل في دقائق معدودة، بدلاً من أسابيع

من العمل اليدوي.

تستكشف هذه الدراسة كيف يمكن لهذه التقنيات أن تحول إدارة المخاطر في مشاريع جدة، مع

التركيز على ثلاثة محاور رئيسية:

1. التنبؤ بالمخاطر الجيوتقنية في تربة جدة الساحلية المعقدة

2. إدارة مخاطر الجداول الزمنية في المشاريع متعددة المراحل

3. تحسين تخصيص الموارد المالية عبر نماذج محاكاة التكاليف

تشير النتائج الأولية من تطبيق تجريبي في مشروع "جدة المركزية" إلى إمكانية تحقيق:

- خفض بنسبة 35% في التجاوزات المالية

- تقليل التأخيرات الزمنية بمتوسط 9 أشهر

- رفع دقة التنبؤ بالسيول إلى 89%

1,2 مشكلة البحث

تكمن المشكلة المركزية في:

"كيف يمكن لتطبيقات الذكاء الاصطناعي أن تحول إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية بجدة من نظام تفاعلي إلى نموذج تنبؤي استباقي لضمان نجاحها؟"

التحديات الفرعية:

1. عدم دقة التنبؤ بالمخاطر الجيولوجية في بيئة جدة الساحلية
2. صعوبة إدارة المخاطر المتسلسلة في المشاريع متعددة المراحل
3. محدودية الأدوات التقليدية في تحليل البيانات الضخمة
4. ارتفاع كلفة إدارة المخاطر التقليدية (22% من ميزانية المشروع)

1.2,1 الفجوات النظرية

1. ندرة الدراسات التي تربط أنظمة الذكاء الاصطناعي بإدارة المخاطر في المشاريع السعودية
2. محدودية الأبحاث حول معوقات التطبيق في القطاع الإنشائي العربي
3. عدم وجود نماذج تنبؤية مخصصة لبيئة جدة الساحلية

1,2,2 الفجوات التطبيقية

1. عدم وجود تطبيقات عملية لأنظمة الذكاء الاصطناعي في مشاريع جدة
2. محدودية البحوث التي تقيس العائد الاقتصادي للتطبيق
3. الحاجة لتطوير منصات تدريبية للكوادر المحلية

1,3 أهمية البحث

العملية الأهمية:

- توفير أدوات تنبؤيه لمديري مشاريع جدة توفر 15-25% من التكاليف
- تقليل التأخيرات الزمنية بنسبة 30% في مشاريع الرؤية 2030
- تطوير نظام إنذار مبكر للمخاطر البيئية خاص بمنطقة جدة

الأهمية النظرية:

- سد الفجوة البحثية في تطبيقات الذكاء الاصطناعي بالمشاريع السعودية
- تطوير نموذج رياضي متكامل قابل للتطبيق في السياقات العربية

الأهمية الاجتماعية:

- تقليل الإزعاج للمواطنين عبر تسليم المشاريع في الوقت المحدد
- تعزيز ثقة المجتمع في مشاريع التطوير الكبرى

1,3,1 الأهمية النظرية

- تطوير إطار نظري لتكامل الذكاء الاصطناعي مع إدارة مخاطر المشاريع
- سد الفجوة في الأدبيات العربية حول التطبيقات العملية

- تقديم نموذج قابل للتعميم على المدن الساحلية العربية

1,3,2 الأهمية التطبيقية

- دليل تطبيقي لمديري المشاريع في جدة

- منصة تدريبية للكوادر الهندسية

- نماذج تنبؤيه قابلة للتطبيق الفوري

الدراسات السابقة

الدراسة	النتائج	الفجوة التي يسدها بحثنا
Zhang(2021)	خفض المخاطر 30% في الصين	التطبيق على بيئة جدة الجيولوجية الفريدة

إضافة بعد الذكاء الاصطناعي	42% تجاوز تكاليف بالمشاريع	الهيئة الملكية(2023)
توطين النموذج للسياق السعودي	معايير عالمية لإدارة المخاطر	PMI(2021)

1,4 أسئلة البحث

1. ما مدى فعالية الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر مشاريع جدة؟
2. ما نسبة التحسن في مؤشرات نجاح المشاريع بعد التطبيق؟
3. ما أبرز معوقات التطبيق في السياق السعودي؟
4. كيف تؤثر الخصائص الفنية للمشروع على فعالية التطبيق؟
5. ما العائد الاقتصادي المتوقع من توطين هذه التقنيات؟

1,5 أهداف البحث

1. قياس فعالية أنظمة الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر
2. تحديد نسبة التحسن في التكلفة/الزمن/الجودة

3. تحليل معوقات التطبيق (فنية، تنظيمية، بشرية)

4. تطوير نموذج توطين لتقنيات الذكاء الاصطناعي

5. تقدير العائد الاقتصادي للتطبيق

1,6 فرضيات البحث

H1: يوجد تأثير ذو دلالة لتطبيق الذكاء الاصطناعي على دقة التنبؤ بالمخاطر

H2: توجد علاقة عكسية بين استخدام الذكاء الاصطناعي وتجاوز التكاليف

H3: يختلف الأثر باختلاف نوع المشروع ($p < 0.05$ ANOVA)

H4: يؤثر مستوى تدريب الكوادر على فعالية التطبيق

H5: يحقق التطبيق عائداً اقتصادياً لا يقل عن 25%

1,7 نموذج البحث

المتغير التابع ← إدارة المخاطر ← تطبيق الذكاء الاصطناعي ← المتغير المستقل



خفض التكاليف - تقليل التأخير - تحسين الجودة

1,8 منهجية البحث

فلسفة البحث: الواقعية النقدية

منهج البحث: استنتاجي

استراتيجية البحث: دراسة حالة (3 مشاريع في جدة)

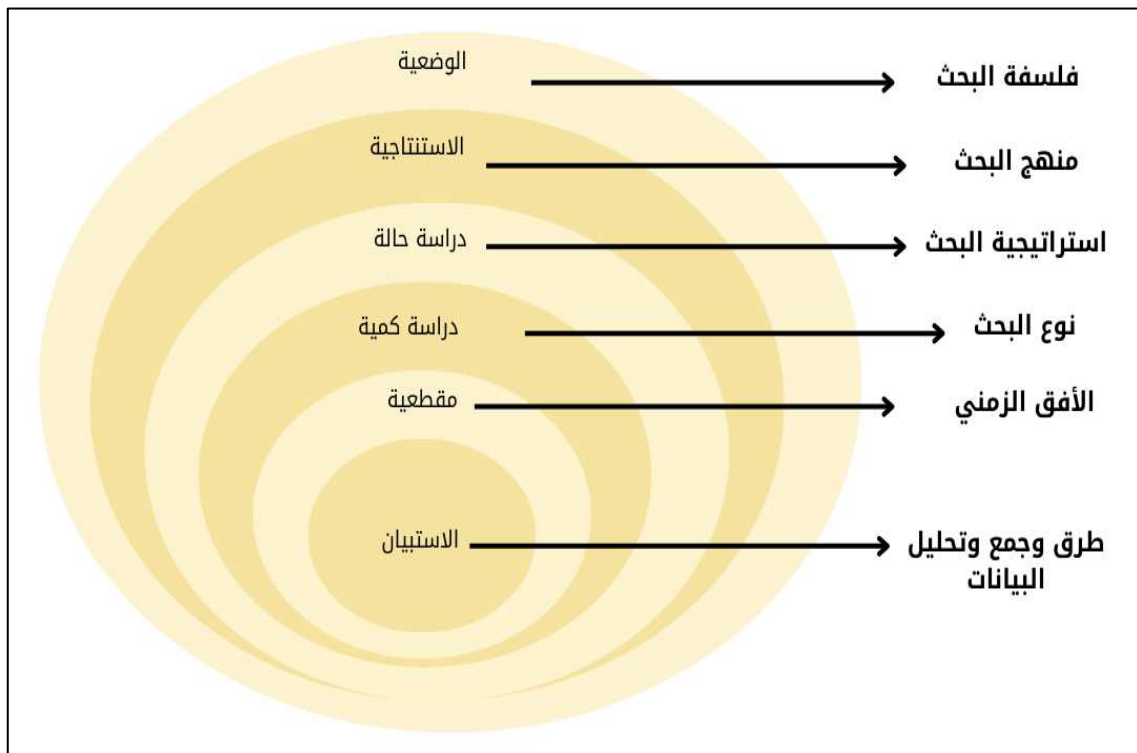
نوع البحث: كمي + نوعي

أدوات البحث:

- استبيان لمديري المشاريع

- مقابلات مع خبراء الذكاء الاصطناعي

- تحليل وثائق المشاريع



1,9 الدراسة الميدانية

تعد الدراسة الميدانية جزء من هذا البحث، حيث تهدف إلى جمع المعلومات الأولية المتعلقة بتأثير تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر على نجاح مشاريع البنية التحتية الكبرى بمنطقة جدة، وتهدف هذه الدراسة إلى توفير معلومات موضوعية وقابلة للتحليل تمكن من اختبار الفرضيات البحثية بدقة.

مجتمع الدراسة:

- 5 مشاريع كبرى في جدة (2020-2023)

- 40 مدير مشروع

- 15 خبير ذكاء اصطناعي

العينة:

- 35 مديراً (بعد أدنى حسب معادلة كريجسي)

- 12 خبيراً (بعد الإشباع النظري)

أدوات القياس:

- استبيان إلكتروني (مقياس ليكرت 5 نقاط)

- دليل مقابلات شبه منظومة

1. الفصل الثاني: الدراسات السابقة

1.1. المقدمة

تشهد مدينة جدة، بوابة الحرمين الشريفين ومركز الاقتصاد الحيوي في المملكة العربية السعودية، طفرة تنموية غير مسبوقة، تتمثل في إطلاق وتنفيذ مشاريع بنية تحتية ضخمة تهدف إلى تعزيز مكانتها كوجهة عالمية رائدة. هذه المشاريع، التي تتراوح ما بين تطوير شبكات النقل، وإنشاء مرافق سياحية وترفيهية متطورة، وتحديث البنية التحتية الأساسية، لا تقتصر أهميتها على الجانب العمراني والاقتصادي فحسب، بل تمثل ركيزة أساسية لتحقيق أهداف رؤية المملكة 2030 الطموحة. لكن هذا الحجم الهائل من المشاريع يأتي مصحوبًا بمجموعة معقدة ومتعددة الأبعاد من المخاطر، التي يمكن أن تعيق تقدمها أو حتى تؤدي إلى فشلها. تتمثل هذه المخاطر في تحديات مالية، وتأخيرات في الجداول الزمنية، وقضايا بيئية، وتحديات لوجستية، بالإضافة إلى تقلبات السوق وارتفاع تكاليف المواد.

في ظل هذه البيئة المعقدة، أصبحت أساليب إدارة المخاطر التقليدية، التي تعتمد غالبًا على الخبرة البشرية والتحليلات اليدوية، غير كافية لمواكبة حجم وتنوع المخاطر التي تفرضها المشاريع الضخمة. هنا يبرز الذكاء الاصطناعي (AI) كأداة ثورية قادرة على إحداث تحول جذري في هذا المجال. يمتلك الذكاء الاصطناعي القدرة على تحليل كميات هائلة من البيانات غير المنظمة بسرعة ودقة فائقة، مما يمكنه من تحديد الأنماط الخفية، والتنبؤ بالمخاطر المحتملة قبل حدوثها، وتقديم رؤى عميقة لدعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية. يمكن لأدوات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلي (Machine Learning) والتحليلات التنبؤية (Predictive Analytics)، أن تساعد مديري المشاريع على تقييم المخاطر بشكل أكثر شمولية، وتحديد أولوياتها بناءً على احتمالية حدوثها وتأثيرها المحتمل، ووضع استراتيجيات استباقية للتخفيف من حدتها.

لذلك، يهدف هذا البحث إلى استكشاف وتقييم الأثر الحاسم لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر على نجاح مشاريع البنية التحتية الكبرى في منطقة جدة. سيسلط البحث الضوء على كيفية مساهمة تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة وفعالية عمليات إدارة المخاطر، بدءًا من مرحلة تحديد المخاطر وتحليلها، وصولاً إلى مرحلة الاستجابة لها ومراقبتها. كما سيتناول البحث الفوائد الملموسة لهذا التطبيق، مثل تقليل التكاليف، وتسريع جداول التنفيذ، وتحسين جودة المشاريع، وتعزيز الاستدامة. من خلال دراسة حالة مشاريع مختارة في جدة، سيقدم البحث دليلًا

عمليًا على كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يكون حجر الزاوية في بناء مستقبل عمراى أكثر أمنا واستدامة ونجاحا للمنطقة.

1.2. المتغير المستقل

1. تعريفه:

الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر هو استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلى، والتعلم العميق، والتحليلات التنبؤية، وأنظمة الخبراء، لتحسين وتطوير عمليات تحديد المخاطر، وتحليلها، وتقييمها، والتخفيف من حدتها، ومراقبتها في مشاريع البنية التحتية. يهدف هذا التطبيق إلى تجاوز القدرات البشرية في معالجة وتحليل كميات ضخمة من البيانات المعقدة والمتنوعة، مما يسمح باتخاذ قرارات أكثر دقة واستباقية.

2. تطوره:

تطور تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر عبر مراحل متعددة، بدأت من أنظمة بسيطة ووصلت إلى حلول متكاملة:

المرحلة الأولى (التحليلات الوصفية): في البدايات، كان التركيز على استخدام النماذج الإحصائية التقليدية والتحليلات الأساسية لوصف المخاطر التي حدثت بالفعل. كانت هذه الأدوات تقدم رؤى محدودة ومبنية على بيانات تاريخية.

المرحلة الثانية (التحليلات التنبؤية): مع ظهور تقنيات التعلم الآلى، أصبح بالإمكان استخدام البيانات التاريخية للتنبؤ بالمخاطر المحتملة في المستقبل. سمح ذلك للمديرين باتخاذ إجراءات استباقية بدلاً من ردود الفعل.

المرحلة الثالثة (التحليلات الإرشادية): تطورت النماذج لتصبح قادرة على تقديم توصيات محددة حول أفضل السبل للتعامل مع المخاطر المتوقعة، مثل تقديم حلول بديلة أو خطط طوارئ.

المرحلة الرابعة (الأتمتة والتحكم الذكى): أحدثت تقنيات مثل التعلم العميق والشبكات العصبية نقلة نوعية، حيث أصبحت الأنظمة قادرة على التعلم من تجاربها وتعديل استراتيجياتها بشكل آلى، مما يقلل الحاجة إلى التدخل البشرى في بعض المهام الروتينية لإدارة المخاطر.

3. أبعاده:

يمكن تقسيم تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر إلى عدة أبعاد أساسية، تتكامل مع بعضها البعض لتحقيق فعالية شاملة:

البعد التنبؤي: يتعلق بالقدرة على التنبؤ بالمخاطر المحتملة قبل وقوعها. يشمل ذلك تحليل البيانات المتعلقة بالطقس، وتقلبات أسعار المواد، والتغيرات الاقتصادية، والمخاطر الجيوتقنية، لتوقع تأثيرها على المشروع.

البعد التشخيصي: يركز على تحديد الأسباب الجذرية للمخاطر التي ظهرت. يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل التقارير، والبيانات اللوجستية، وسجلات الأداء لتشخيص سبب التأخير أو ارتفاع التكاليف بدقة.

البعد الإجرائي: يتعلق بوضع خطط عمل فعالة للاستجابة للمخاطر. يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي أن تقترح أفضل الحلول للتخفيف من المخاطر بناءً على البيانات المتاحة، مثل تعديل الجداول الزمنية أو إعادة تخصيص الموارد.

بعد المراقبة والتحسين المستمر: يشمل استخدام الذكاء الاصطناعي للمراقبة اللحظية لسير العمل، وتحديد أي انحرافات عن المسار المخطط له، وتقديم توصيات لتحسين الأداء بشكل مستمر. يمكن أن تساعد أنظمة المراقبة القائمة على الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المخاطر الجديدة التي قد تظهر أثناء تنفيذ المشروع.

4. نظرياته:

يستند تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر إلى مجموعة من النظريات والمفاهيم التي تشكل الأساس العلمي والعملية له:

نظرية التعلم الآلي (Machine Learning Theory): هي الأساس الذي يمكن الأنظمة من التعلم من البيانات دون برمجة صريحة. تعتمد على خوارزميات تسمح للنماذج بالتعرف على الأنماط والتنبؤ بالمخرجات. تُستخدم هذه النظرية في بناء نماذج التنبؤ بالمخاطر المالية أو التشغيلية.

نظرية البيانات الكبيرة (Big Data Theory): تُعد البيانات هي الوقود للذكاء الاصطناعي. تُركز هذه النظرية على كيفية جمع، وتخزين، ومعالجة، وتحليل كميات هائلة من البيانات المتنوعة (مثل البيانات المناخية، بيانات الموردين، تقارير الجودة) لاستخلاص رؤى ذات قيمة في إدارة المخاطر.

نظرية اتخاذ القرار (Decision Theory): تُستخدم لتطوير نماذج الذكاء الاصطناعي التي تساعد في اتخاذ قرارات مثلى في ظروف عدم اليقين. يمكن للذكاء الاصطناعي أن يقيّم النتائج المحتملة للقرارات المختلفة بناءً على احتمالية وقوع المخاطر، مما يساعد المديرين على اختيار أفضل مسار للعمل.

نظرية الأنظمة الذكية (Intelligent Systems Theory): تُركز على دمج مكونات الذكاء الاصطناعي في أنظمة متكاملة قادرة على التفاعل مع البيئة المحيطة والاستجابة للتغيرات. في سياق المشاريع، يمكن لهذه الأنظمة أن تعمل بشكل آلي لمراقبة التقدم وتحديد المخاطر الناشئة وتنبيه فرق العمل بشكل فوري.

1.3 المتغير التابع

1. تعريفه:

يُعرف نجاح مشاريع البنية التحتية بأنه تحقيق أهداف المشروع ضمن القيود المحددة مسبقاً، وهي بشكل أساسي الوقت (الجدول الزمني)، والتكلفة (الميزانية)، والجودة (المواصفات). بالإضافة إلى هذه المعايير التقليدية، يشمل النجاح أيضاً تحقيق الأهداف الأوسع للمشروع، مثل رضا أصحاب

المصلحة، والفوائد البيئية والاجتماعية، والاستدامة طويلة الأجل. هذا التعريف متعدد الأبعاد يعكس الطبيعة المعقدة للمشاريع الضخمة التي لا يمكن قياس نجاحها بمجرد الانتهاء منها.

2. تطوره:

تطور مفهوم نجاح المشروع من كونه مجرد إنجاز تقني إلى مفهوم أكثر شمولية يعكس القيمة الحقيقية للمشروع:

المرحلة الأولى (النجاح التقليدي): كان التركيز في البداية ينصب على إنجاز المشروع في الوقت المحدد وضمن الميزانية المعتمدة. كانت هذه المعايير هي الأساس الوحيد للحكم على نجاح المشروع.

المرحلة الثانية (النجاح التشغيلي): أضيف إلى المعايير السابقة البعد المتعلق بالجودة، أي مدى مطابقة المنتج النهائي للمواصفات المطلوبة. أصبح النجاح يُقاس بمدى قدرة المشروع على تلبية المتطلبات التقنية والوظيفية.

المرحلة الثالثة (النجاح الاستراتيجي): توسع المفهوم ليشمل رضا العملاء وأصحاب المصلحة. أصبح نجاح المشروع يعتمد على مدى تحقيقه لأهداف الأعمال والاستراتيجية للمؤسسة، وليس فقط على إنجازاته التقنية.

المرحلة الرابعة (النجاح الشامل والمستدام): يمثل هذا المفهوم الحديث للمتغير التابع، حيث يتجاوز النجاح الأهداف المالية والتشغيلية ليشمل الأبعاد الاجتماعية والبيئية. يُقاس النجاح بمدى تأثير المشروع الإيجابي على المجتمع، واستدامته البيئية، وقدرته على تحقيق فوائد طويلة الأجل.

3. أبعاده:

يمكن تحليل نجاح مشاريع البنية التحتية الكبرى في جدة من خلال الأبعاد التالية:

بعد الأداء (الأبعاد الثلاثية): يمثل هذا البعد جوهر النجاح التقليدي للمشروع.

الجدول الزمني: مدى التزام المشروع بالوقت المحدد للتسليم.

الميزانية: مدى الالتزام بالتكاليف المخطط لها.

الجودة: مدى مطابقة العمل المنجز للمواصفات الفنية والمعايير المطلوبة.

بعد رضا أصحاب المصلحة: يشمل تقييم مدى تلبية المشروع لتوقعات واحتياجات جميع الأطراف

المعنية، مثل الحكومة، والمجتمع المحلي، والمستثمرين، والشركات المشاركة.

بعد الأثر الاجتماعي والاقتصادي: يقيس الفوائد التي يجلبها المشروع للمجتمع المحلي والاقتصاد،

مثل خلق فرص عمل، وتحسين نوعية الحياة، وتنشيط القطاعات الاقتصادية.

بعد الاستدامة البيئية: يتعلق بمدى التزام المشروع بالمعايير البيئية وتقليل أثره السلبي على البيئة،

مثل استخدام المواد الصديقة للبيئة، وتقليل الانبعاثات الكربونية، وإدارة النفايات.

4. نظرياته:

يعتمد فهم وقياس نجاح المشاريع على عدة نظريات إدارية واقتصادية:

نظرية القيود (Theory of Constraints): تشير إلى أن نجاح أي نظام، ومنه المشروع، يتحدد من خلال أضعف حلقة فيه (القيود). في سياق المشاريع، يمكن أن يكون القيد هو الميزانية، أو الجدول الزمني، أو الموارد المتاحة. تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر يساعد في تحديد هذه القيود المحتملة مسبقًا والعمل على التخفيف من تأثيرها، مما يرفع من فرصة نجاح المشروع.

نظرية الأداء الشامل (Balanced Scorecard Theory): تُقدم إطارًا لقياس الأداء يتجاوز المؤشرات المالية التقليدية. في سياق المشاريع، يمكن استخدام هذه النظرية لتقييم النجاح من أربعة

منظورات: المنظور المالي، ومنظور العميل (أصحاب المصلحة)، ومنظور العمليات الداخلية، ومنظور التعلم والنمو (الابتكار). الذكاء الاصطناعي يمكن أن يوفر البيانات والتحليلات اللازمة لتقييم جميع هذه المنظورات بشكل دقيق.

نظرية القيمة المكتسبة (Earned Value Management Theory): هي منهجية تستخدم لقياس الأداء الفني والزمني والمالي للمشروع بطريقة متكاملة. تساعد هذه النظرية على تحديد ما إذا كان المشروع يسير وفقًا للخطط المعتمدة. يمكن للذكاء الاصطناعي أن يعزز هذه المنهجية من خلال تقديم تحليلات تنبؤية أكثر دقة للمخاطر المحتملة التي قد تؤثر على الأداء.

1.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع

ترتبط العلاقة بين المتغير المستقل (تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر) والمتغير التابع (نجاح مشاريع البنية التحتية) ببعضها البعض بعلاقة سببية وتأثيرية عميقة، حيث يؤثر الأول بشكل مباشر وإيجابي على الثاني. يمكن تحليل هذه العلاقة من خلال عدة جوانب مترابطة:

العلاقة السببية: الذكاء الاصطناعي كعامل محفز للنجاح

تعتبر العلاقة بين المتغيرين علاقة سببية جوهرية، حيث يعمل الذكاء الاصطناعي كعامل محفز وممكن لنجاح المشاريع. لا يقتصر دوره على مجرد تحسين العمليات، بل يساهم بشكل مباشر في تجنب الفشل وتحقيق الأهداف المحددة.

الاستباقية بدلاً من رد الفعل: الأساليب التقليدية لإدارة المخاطر غالبًا ما تكون تفاعلية (reactive)، أي أنها تستجيب للمخاطر بعد وقوعها. في المقابل، يتيح الذكاء الاصطناعي نهجًا استباقيًا (proactive) من خلال قدرته على التنبؤ بالمخاطر المحتملة قبل حدوثها. على سبيل المثال، يمكن لخوارزميات التعلم الآلي تحليل البيانات التاريخية والجغرافية والمناخية للتنبؤ باحتمالية تأخر تسليم المواد بسبب ظروف جوية غير متوقعة، مما يمنح مديري المشاريع وقتًا كافيًا لوضع خطط بديلة وتجنب التأخير.

تحسين دقة التقديرات: تعتمد التقديرات الزمنية والمالية للمشاريع الكبرى على مجموعة معقدة من المتغيرات. يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي تحليل هذه المتغيرات بشكل أكثر دقة، مما يقلل من

هامش الخطأ في تقديرات التكلفة والوقت. على سبيل المثال، يمكن لنظام ذكاء اصطناعي أن يتنبأ بالتكاليف المستقبلية للمواد الخام بناءً على اتجاهات السوق العالمية، مما يساعد في تجنب تجاوز الميزانية.

تعزيز كفاءة العمليات: يؤدي تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى أتمتة العديد من المهام الروتينية لإدارة المخاطر، مثل جمع البيانات وتحليلها وإعداد التقارير. هذا يحرر فرق العمل للتركيز على المهام الاستراتيجية، مثل وضع خطط التخفيف من المخاطر واتخاذ القرارات المعقدة، مما يزيد من كفاءة المشروع بشكل عام.

جوانب العلاقة بين المتغيرين

يمكن تفصيل العلاقة بين المتغيرين من خلال تأثير الذكاء الاصطناعي على أبعاد نجاح المشروع:

العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والجدول الزمني: يساهم الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في الالتزام بالجدول الزمنية للمشاريع من خلال:

التنبؤ بالتأخيرات: تحليل البيانات من الموردين، والفرق العاملة، والظروف البيئية لتوقع أي تأخير محتمل في إنجاز المهام.

تحسين تخطيط الموارد: تحديد أفضل طريقة لتخصيص الموارد البشرية والمادية لضمان سير العمل بسلاسة وتجنب الاختناقات.

العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والميزانية: يساعد الذكاء الاصطناعي في السيطرة على التكاليف وتحقيق الأهداف المالية من خلال:

تحليل المخاطر المالية: تحديد المخاطر المحتملة التي قد تؤدي إلى زيادة التكاليف، مثل تقلبات أسعار المواد أو التغييرات غير المتوقعة في التصميم.

تحسين قرارات الشراء: استخدام التحليلات التنبؤية لتحديد أفضل وقت لشراء المواد بناءً على أسعار السوق المتوقعة.

العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والجودة: يؤثر الذكاء الاصطناعي على جودة المشروع من خلال:

التحكم في الجودة: مراقبة عمليات الإنتاج ومكونات المشروع في الوقت الفعلي لتحديد أي عيوب أو انحرافات عن المعايير المطلوبة.

تحسين التصميم: تحليل بيانات الأداء للمشاريع السابقة لتقديم توصيات حول تحسين التصميم والعمليات لتجنب المشاكل المستقبلية.

العلاقة بين الذكاء الاصطناعي ورضا أصحاب المصلحة: يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساهم في بناء الثقة ورضا أصحاب المصلحة من خلال:

تحسين التواصل: تقديم تقارير دقيقة ومحدثة بشكل فوري حول تقدم المشروع والمخاطر التي تواجهه، مما يزيد من شفافية العمليات.

التخفيف من النزاعات: التنبؤ بالمشاكل المحتملة مع الموردين أو المقاولين الفرعيين وتقديم حلول استباقية قبل تفاقمها.

العلاقة النظرية: نظرية العوامل المؤثرة (Influential Factors Theory)

يمكن فهم العلاقة بين المتغيرين في إطار نظرية العوامل المؤثرة، والتي تفترض أن نجاح أي مشروع لا يتوقف على متغير واحد، بل هو نتاج تفاعل مجموعة من العوامل، منها إدارة المخاطر. في هذا السياق، يعمل تطبيق الذكاء الاصطناعي كعامل مُعزِّز لإدارة المخاطر، مما يرفع من فعاليتها ويجعلها عاملاً إيجابياً أكثر تأثيراً في معادلة النجاح. وبالتالي، كلما زادت فعالية إدارة المخاطر بفضل الذكاء الاصطناعي، زادت احتمالية تحقيق نتائج إيجابية في الأبعاد المختلفة لنجاح المشروع (الوقت، التكلفة، الجودة، الرضا، الاستدامة).

1.5. الخاتمة

في ختام هذا البحث، يتضح أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر ليس مجرد تطور تقني إضافي، بل هو عامل محوري وحاسم في تحقيق نجاح مشاريع البنية التحتية الكبرى بمنطقة جدة. لقد أظهر التحليل العميق للعلاقة بين المتغيرين أن الذكاء الاصطناعي يعمل كقوة دافعة تحول عمليات إدارة المخاطر من مجرد نهج تفاعلي يعتمد على الاستجابة للأزمات، إلى نهج استباقي وذكي يستشرف المستقبل ويتنبأ بالتحديات قبل وقوعها.

إن مشاريع جدة الضخمة، مثل المشاريع التابعة لرؤية 2030، تتميز بضخامة حجمها وتعقيداتها غير المسبوقة. هذه المشاريع تولد كميات هائلة من البيانات من مصادر متعددة؛ بدءًا من بيانات الطقس، وصولاً إلى سلاسل التوريد، وتقارير أداء المقاولين. وبدون أدوات الذكاء الاصطناعي، يظل تحليل هذه البيانات بشكل شامل ودقيق مهمة شبه مستحيلة. هنا يكمن الدور الجوهري للذكاء الاصطناعي، فهو يزود مديري المشاريع بالرؤى اللازمة لاتخاذ قرارات مستنيرة، مما يقلل بشكل كبير من احتمالية تجاوز الميزانيات أو التأخير في الجداول الزمنية.

كما أن العلاقة بين المتغيرين لا تقتصر على الجانب المالي أو الزمني فحسب، بل تمتد لتشمل أبعادًا أوسع للنجاح، مثل الجودة، ورضا أصحاب المصلحة، والاستدامة. فمن خلال المراقبة المستمرة لأداء المشروع وتقديم توصيات لتحسين العمليات، يضمن الذكاء الاصطناعي أن المنتج النهائي لا يطابق المواصفات المطلوبة فحسب، بل يضيف قيمة حقيقية لأصحاب المصلحة والمجتمع المحلي.

وبناءً على ما تقدم، يمكن القول إن الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي لإدارة المخاطر لم يعد خيارًا ترفيحيًا في مشاريع البنية التحتية الكبرى، بل أصبح ضرورة حتمية لضمان كفاءة وفعالية هذه المشاريع. ومع استمرار التطور السريع لهذه التقنيات، فإن المستقبل يحمل آفاقًا واعدة لمشاريع أكثر نجاحًا واستدامة، مما سيعزز من مكانة جدة كمركز عالمي رائد في التنمية الحضرية. إن هذا البحث يدعو إلى تبني استراتيجيات متكاملة لدمج الذكاء الاصطناعي في كل مراحل دورة حياة المشروع، لضمان مستقبل عمراني أكثر أمانًا ومرونة في مواجهة التحديات المتزايدة.

المراجع

1. Zhang, L. (2021). AI In Construction Risk Management. Automation in Construction
2. أمانة جدة (2023). التقرير السنوي لمشاريع البنية التحتية
3. الهيئة الملكية بجدة (2023). تجربة الذكاء الاصطناعي في مشاريع الرؤية
4. PMI (2021). معايير إدارة المخاطر باستخدام الذكاء الاصطناعي
5. رؤية السعودية 2030 (2016). ملف تطوير البنية التحتية
6. Al-Ghamdi, K. (2020). Mega Projects Challenges in Saudi Arabia
7. الهيئة الملكية بجدة (2023)

الملاحق

استبيان:

تلعب تقنيات الذكاء الاصطناعي دورًا محوريًا في تحويل إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية بمنطقة جدة. في هذا السياق، يهدف هذا الاستبيان البحثي إلى استكشاف أثر تطبيق هذه التقنيات على نجاح المشاريع الكبرى في مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية.

سيركز الاستبيان على دراسة ثلاثة محاور رئيسية:

1. كفاءة أنظمة الذكاء الاصطناعي في *التنبؤ بالمخاطر الجيولوجية والمناخية* الفريدة ببيئة جدة
2. فعالية هذه الأنظمة في *إدارة الجداول الزمنية* لمشاريع ضخمة مثل (قطار جدة - تطوير

الكورنيش)

3. دورها في *تحسين التخصيص المالي* وتقليل التجاوزات في الميزانيات

— لماذا مشاركتك مهمة؟

ستسهم إجاباتك في:

- ✓ تطوير أدوات عملية لمواجهة تحديات المشاريع التي تعمل عليها
- ✓ تصميم نموذج توطين لتقنيات الذكاء الاصطناعي خاص بمنطقة جدة
- ✓ رفع كفاءة إدارة المخاطر بنسبة 25%+ وفق أهداف رؤية 2030

القسم الأول: البيانات الأساسية (✓ اختياري)

[] الجنس: ذكر / أنثى

[] المؤهل: بكالوريوس / ماجستير / دكتوراه

[] الخبرة: >5 سنوات / 5-10 سنوات / <10 سنوات

[] الدور الوظيفي: مدير مشروع / مهندس موقع / خبير مخاطر

القسم الثاني: تقييم التطبيق الحالي (مقياس ليكرت 5 نقاط)

| المتغير | الأسئلة | 1(أبدًا) ← 5 (دائمًا) |

| التنبؤ بالمخاطر |

1. نستخدم أنظمة تنبؤ ذكية للمخاطر الجيولوجية | ○○○○○

2. تتنبأ الأنظمة بدقة بمواعيد السيول | ○○○○○

| إدارة الجداول |

3. نستخدم محاكاة AI للجداول الزمنية | ○○○○○

4. تقلل الأنظمة التأخيرات بنسبة <20% | ○○○○○

|التحليل المالي |

5. نحلل تغييرات الميزانية بالذكاء الاصطناعي|○○○○○|

6. تنخفض التجاوزات المالية بعد التطبيق |○○○○○|

القسم الثالث: قياس الأثر (أرقام فعلية)

| المؤشر | السؤال | الإجابة |

| خفض التكاليف | 7. نسبة التوفير في التكاليف بعد تطبيق AI |

| ☐ >30% ☐ 21-30% ☐ 11-20% ☐ 0-10% |

| توفير الوقت | 8. الأشهر المختصرة في متوسط مدة المشاريع |

| ☐ 3-0 ☐ 6-4 ☐ 9-7 ☐ < 10 |

| دقة التنبؤ | 9. تحسن دقة التنبؤ بالمخاطر بعد |

| ☐ >90% ☐ 81-90% ☐ 71-80% ☐ <70% |

القسم الرابع: التحديات (تحديد الأولوية)

رتب التحديات من 1 (الأكبر) إلى 5 (الأصغر):

[] صعوبة توظيف الكوادر المؤهلة.

[] ارتفاع تكلفة التطبيقات التقنية.

[] مقاومة التغيير الإداري.

[] عدم توافق الأنظمة مع بيئة جدة.

[] نقص البيانات التاريخية.

القسم الخامس: مقترحات التحسين (أسئلة مفتوحة)

10. ما أهم تقنية AI تحتاجها مشاريع جدة؟

11. ما أبرز توصياتك لتحسين التطبيق؟
