

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:

د. الفیصل عبد الحمید _ د. فايز جراد

العام الدراسي:

2026

إهداء

أهدي هذا الجهد المتواضع إلى أهلي وعائلي الكريمة، فقد كانوا السند الذي استندتُ إليه، والعون الذي دفعني لاستكمال هذا العمل، الذي أرجو أن يكون نافعا، يفيد كلَّ من يطلّع عليه.

كما أتقدم بالشكر والتقدير إلى أساتذتي الكرام، الذين حملوا على عاتقهم مهمة التعليم والتوجيه، فكانوا لي مرشدين مخلصين، ومنازةً تضيء دروب البحث والمعرفة، بعلمهم الراسخ ونصائحهم الغالية التي رافقتني في كلِّ محطةٍ من محطات مسيرتي العلمية والعملية

Abstract

The Role of Artificial Intelligence in Predicting Infrastructure Project Risks and Improving Project Management Efficiency

This study examines the role of artificial intelligence (AI) technologies—including machine learning, artificial neural networks, and big data analytics—in enhancing risk prediction and improving the efficiency of infrastructure project management in the United Arab Emirates. Despite continuous advances in project management methodologies, infrastructure projects worldwide continue to suffer from high rates of cost overrun and schedule delay, largely attributable to the limitations of traditional, experience-based risk management approaches. The study adopts a quantitative descriptive-analytical approach, using a structured questionnaire distributed to 69 professionals working in infrastructure project management within engineering consultancies, contracting firms, and government and semi-government entities in Abu Dhabi, United Arab Emirates. Data were analyzed using descriptive statistics and One-Sample t-Tests to examine six sub-hypotheses corresponding to the effect of AI on risk prediction accuracy, schedule adherence, cost control, reduction of risk occurrence, output quality, and decision-making support.

The reliability of the research instrument was confirmed through Cronbach's Alpha coefficients ranging between 0.801 and 0.977 across all constructs. Results show statistically significant positive effects of AI across all six hypotheses ($p < 0.001$), with decision-making support efficiency recording the highest mean score (4.018) and reduction of risk occurrence the lowest (3.839), though still above the neutral midpoint of the five-point Likert scale. Findings further reveal a notable gap between awareness of AI concepts (mean = 3.868) and actual organizational implementation (mean = 3.586), indicating that adoption of these technologies remains at an early-to-intermediate stage among the surveyed institutions. Technical, human/organizational, and ethical/legal challenges were found to be closely comparable in magnitude, with technical challenges—particularly data quality and systems integration—ranking marginally highest.

The study concludes that AI adoption is most effective when integrated with, rather than substituted for, human expertise, and recommends the development of national AI-governance frameworks, unified engineering-data standards, and targeted training programs to bridge the awareness-implementation gap within the UAE infrastructure sector.

Keywords: Artificial Intelligence; Risk Management; Infrastructure Projects; Machine Learning; Project Management Efficiency; United Arab Emirates.

English Titles of the Study Chapters

Chapter One: General Framework of the Study

Chapter Two: Theoretical Framework and Literature Review

Chapter Three: Research Methodology

Chapter Four: Data Analysis and Discussion of Results

Chapter Five: Findings and Recommendations

فهرس المحتويات

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

8	 الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
8	 مقدمة
9	 مشكلة الدراسة
11	 أهمية الدراسة
11	 أولاً: الأهمية العلمية (النظرية)
12	 ثانياً: الأهمية التطبيقية (العملية)
14	 أهداف الدراسة
14	 الهدف العام
14	 الأهداف التفصيلية
15	 تساؤلات الدراسة
15	 فروض الدراسة
15	 الفرضيات الرئيسية
16	 الفرضيات الفرعية
16	 النموذج المفاهيمي لمتغيرات الدراسة
17	 مصطلحات الدراسة
17	 حدود الدراسة
18	 هيكل الدراسة
19	 الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة
19	 المنطلقات النظرية للدراسة
20	 الإطار المفاهيمي المقترح
21	 الدراسات السابقة
21	 المجموعة الأولى: دراسات حول التنبؤ بفشل المشاريع وتأخرها

21	المجموعة الثانية: دراسات حول استخدام الشبكات العصبية.....
21	المجموعة الثالثة: دراسات حول تحليل البيانات الضخمة
22	المجموعة الرابعة: دراسات حديثة حول الحوكمة والتطبيقات التوليدية.....
22	التحديات المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر المشاريع
22	أولاً: تحديات تقنية.....
23	ثانياً: تحديات بشرية وتنظيمية
23	ثالثاً: تحديات أخلاقية وقانونية
23	الفجوة البحثية
25	الفصل الثالث: منهجية الدراسة.....
25	منهج الدراسة
25	المنهج الوصفي التحليلي (Descriptive Analytical Approach)
25	المنهج الكمي (Quantitative Approach)
25	المنهج النوعي (Qualitative Approach)
25	مجتمع الدراسة وعينها
26	أدوات الدراسة
26	الاستبيان (Questionnaire)
26	صدق وثبات أداة الدراسة
27	أساليب التحليل الإحصائي
27	الفصل الرابع: تحليل البيانات ومناقشة النتائج
28	1.1. وصف عينة الدراسة
28	أولاً: المؤهل العلمي
29	ثانياً: التخصص العلمي
29	ثالثاً: سنوات الخبرة
29	رابعاً: المسمى الوظيفي

29	 خامساً: طبيعة جهة العمل	
30	 سادساً: نوع مشاريع البنية التحتية	
30	 سابعاً: حجم المشاريع	
30	 خلاصة وصف العينة	
30	 التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة	1.2.
33	 خلاصة التحليل الوصفي	
39	 خلاصة اختبار الفرضيات	
44	 الفصل الخامس: النتائج والتوصيات	
52	 المراجع	
54	 الملاحق	
54	 ملحق (1): نموذج الاستبيان	
64	 ملحق (2): تحليل نتائج الاستبيان	

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

General Framework of the Study

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. وال فشل 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 وفرق 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 أثارها.

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 والجداول 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 الإلمام بمجريات وتقدم العمل بالمشروع والمستجدات التي تطرأ خلال دورة حياة المشروع والتي من شأنها أن تؤثر على المخاطر المعروفة بالمشروع خلال مرحلة التخطيط.

• **عدم الاكتراث إلى المخاطر الثانوية: (Secondary risk)**

غالباً ما يتم أغفال أثر المخاطر الثانوية التي قد تنشأ نتيجة إجراء معالجة للمخاطر الأساسية (Primary risk) المعرفة 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 وأهداف المشروع، والتي يتوجب إدراجها 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 الأعمال - تواصل فريق العمل، عقود الموردين، تغييرات الأسعار- تغير في الظروف المحيطة - ...إلخ).

• **تدخل الإدارة العليا بالمؤسسة لتقليل تصنيف بعض المخاطر:**

قد تتدخل الإدارة العليا في الشركة بالتأثير على الطاقم الفني المعني بدراسة المخاطر بحيث يتم توجيههم إلى 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، ومقتصرًا 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 يساهم 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 وتفنيد 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، وتحديد 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.

النموذج المفاهيمي لمتغيرات الدراسة

بناءً على مشكلة الدراسة وفرضياتها الموضحة أعلاه، 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، على النحو التالي:

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.

مصطلحات الدراسة

- **الذكاء الاصطناعي: (Artificial Intelligence – AI)** فرع من علوم الحاسوب يُعنى ببناء أنظمة وبرمجيات قادرة على محاكاة قدرات الذكاء البشري، مثل التعلم والاستدلال وحل المشكلات واتخاذ القرار.
- **التعلم الآلي: (Machine Learning)** أحد فروع الذكاء الاصطناعي الذي يمكن الأنظمة من التعلم واستخلاص الأنماط من البيانات دون الحاجة إلى برمجة صريحة لكل حالة.
- **مخاطر المشروع: (Project Risk)** حدث أو ظرف غير مؤكد، إذا وقع، يكون له أثر إيجابي أو سلبي على واحد أو أكثر من أهداف المشروع (الوقت، التكلفة، النطاق، الجودة).
- **إدارة المخاطر: (Risk Management)** عملية منهجية تشمل تحديد المخاطر وتحليلها والاستجابة لها ومراقبتها طوال دورة حياة المشروع.
- **كفاءة إدارة المشاريع: (Project Management Efficiency)** مدى قدرة فريق المشروع على تحقيق أهداف المشروع ضمن الجدول الزمني والميزانية والجودة المحددة، بأقل استهلاك ممكن للموارد.
- **مشاريع البنية التحتية: (Infrastructure Projects)** المشاريع الهندسية كبيرة الحجم التي تخدم المرافق العامة، مثل الطرق والجسور وشبكات المياه والصرف الصحي والطاقة.

حدود الدراسة

الحدود الموضوعية: تقتصر الدراسة على تناول دور تقنيات الذكاء الاصطناعي (وتحديداً التعلم الآلي، الشبكات العصبية، وتحليل البيانات الضخمة) في التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية، وأثر ذلك على كفاءة إدارتها من حيث الوقت والتكلفة والجودة، دون التطرق إلى تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجالات أخرى غير مرتبطة بإدارة المخاطر.

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: طُبِّقت الدراسة على العاملين في مشاريع البنية التحتية بإمارة أبوظبي بدولة الإمارات العربية المتحدة، وشملت العينة العاملين في الجهات الحكومية وشبه الحكومية إلى جانب شركات المقاولات والاستشارات الهندسية العاملة في تنفيذ وإدارة هذه المشاريع، وذلك لتحديد الإطار الجغرافي للدراسة وإمكانية تعميم نتائجها.

الحدود الزمنية: سيتم تنفيذ مرحلة جمع البيانات الميدانية (توزيع الاستبيانات وإجراء المقابلات) خلال الربع الثاني من العام الدراسي 2026، على أن تُستكمل مرحلتا التحليل ومناقشة النتائج خلال الفترة المتبقية من العام نفسه.

هيكل الدراسة

تنقسم هذه الدراسة إلى خمسة فصول رئيسية، بالإضافة إلى قائمة المراجع والملاحق، على النحو التالي:

- **الفصل الأول: الإطار العام للدراسة** ويتناول مقدمة الدراسة، ومشكلتها، وأهميتها، وأهدافها، وتساؤلاتها، وفروضها، ومصطلحاتها، وحدودها.
- **الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة** ويستعرض النظريات التي تستند إليها الدراسة، والإطار المفاهيمي المقترح، والدراسات السابقة ذات الصلة، والتحديات المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي، والفجوة البحثية.
- **الفصل الثالث: منهجية الدراسة** ويوضح منهج الدراسة، ومجتمعها وعينتها، وأدوات جمع البيانات، وإجراءات الصدق والثبات، وأساليب التحليل الإحصائي المستخدمة.
- **الفصل الرابع: تحليل البيانات ومناقشة النتائج** وسيتضمن، بعد استكمال مرحلة جمع البيانات الميدانية، وصف عينة الدراسة، والتحليل الوصفي والاستدلالي لمتغيراتها، ونتائج اختبار الفرضيات.
- **الفصل الخامس: النتائج والتوصيات** ويعرض ملخصاً لأهم النتائج التي ستتوصل إليها الدراسة، والتوصيات المقترحة، ومجالات البحث المستقبلية.

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

Theoretical Framework and Literature Review

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 خطوتي 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).

الإطار المفاهيمي المقترح

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) أدناه 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.

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.

المجموعة الرابعة: دراسات حديثة حول الحوكمة والتطبيقات التوليدية

إلى جانب المجموعات السابقة، تناولت دراسات حديثة (2025-2026) أبعاداً إضافية ذات صلة مباشرة بموضوع الدراسة، منها مراجعات منهجية حول دور الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر المناخ ضمن مشاريع الشراكة بين القطاعين العام والخاص، ودراسات قيّمت قدرات نماذج اللغة الكبيرة (Large Language Models) ومحدوديتها في تحديد المخاطر واقتراح استراتيجيات التخفيف داخل مشاريع الإنشاءات، إضافة إلى أطر عمل ذكية لتحديد المخاطر بشكل استباقي في مشاريع البناء، ومراجعات حول التحليل القائم على البيانات في مشاريع الشراكة بين القطاعين العام والخاص، وأخرى تناولت توظيف الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI) لدعم الاستدامة في إدارة مشاريع البيئة المبنية. كما تناولت مصادر تطبيقية حديثة تجارب عملية لمنصات تحليل تنبؤي في مجالي السلامة ومراجعة المخططات الهندسية. تؤكد هذه الدراسات مجتمعة استمرار الاهتمام البحثي بالموضوع، وتوسّع نطاقه ليشمل أبعاداً جديدة كالاستدامة والحوكمة، وهو ما يعزز أهمية الدراسة الحالية وحداثتها.

التحديات المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر المشاريع

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.

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 إن 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.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

Research Methodology

منهج الدراسة

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.

مجتمع الدراسة وعينتها

مجتمع الدراسة: يتكون مجتمع الدراسة من مديري المشاريع والمهندسين وأصحاب القرار الفني العاملين في الجهات المسؤولة عن تنفيذ والإشراف على مشاريع البنية التحتية ضمن نطاق بلدية مدينة أبوظبي.

عينة الدراسة: سيتم اختيار عينة قصدية (Purposive Sample) من العاملين الذين لديهم خبرة مباشرة في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية أو الاطلاع على تقنيات الذكاء الاصطناعي، على أن يُستكمل تحديد حجم العينة النهائي وفق معادلات تحديد حجم العينة الإحصائية (مثل معادلة Krejcie & Morgan أو معادلة Cochran) بما يتناسب مع حجم مجتمع الدراسة الفعلي عند بدء

مرحلة جمع البيانات الميدانية. أما عينة المقابلات النوعية فستقتصر على عدد محدود (يُقترح ما بين 8-12 مشاركاً) من الخبراء وكبار المهندسين ممن تتوفر لديهم خبرة عملية مباشرة في تبني حلول الذكاء الاصطناعي.

أدوات الدراسة

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

صدق وثبات أداة الدراسة

الصدق (Validity): سيتم التحقق من صدق الاستبيان من خلال عرضه على مجموعة من المحكمين المتخصصين في إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي، وإجراء التعديلات اللازمة بناءً على ملاحظاتهم قبل التطبيق النهائي.

الثبات (Reliability): سيتم قياس ثبات الاستبيان باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha)، حيث تُعد القيمة 0.70 فأعلى مؤشراً مقبولاً على الاتساق الداخلي لفقرات الأداة.

أساليب التحليل الإحصائي

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).

الفصل الرابع: تحليل البيانات ومناقشة النتائج

Data Analysis and Discussion of Results

مقدمة الفصل

يهدف هذا الفصل إلى عرض نتائج الدراسة الميدانية وتحليلها ومناقشتها في ضوء أهداف الدراسة وفروضها والإطار النظري والدراسات السابقة. وقد اعتمدت الدراسة على الاستبانة بوصفها الأداة الرئيسة لجمع البيانات من عينة الدراسة، حيث بلغ عدد الاستبيانات الصالحة للتحليل (69) استبيان، وتم تحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية عند مستوى دلالة $(\alpha = 0.05)$.

وللتحقق من ثبات أداة الدراسة، تم حساب معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لكل محور من محاور الاستبانة، حيث بلغت قيمة المعامل الكلي لجميع محاور الاستبانة (0.977)، وتراوح قيم المعامل للمحاور الفرعية بين (0.801) لمحور كفاءة الوقت والالتزام بالجدول الزمني، و(0.914) لمحور التطبيق الفعلي للذكاء الاصطناعي داخل المؤسسة، وجميعها أعلى من الحد الأدنى المقبول (0.70)، مما يؤكد الاتساق الداخلي المرتفع لفقرات الأداة وصلاحياتها للتطبيق.

وقد اشتمل هذا الفصل على أربعة محاور رئيسة، هي:

- وصف عينة الدراسة.
- التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة.
- اختبار فرضيات الدراسة.
- مناقشة النتائج وربطها بالدراسات السابقة.

ويهدف هذا الفصل إلى بيان مدى تأثير استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية وتحسين كفاءة إدارتها، إضافة إلى تحديد أبرز التحديات التي تواجه المؤسسات عند تبني هذه التقنيات.

1.1. وصف عينة الدراسة

تم توزيع الاستبانة على مجموعة من المختصين في إدارة مشاريع البنية التحتية في دولة الإمارات العربية المتحدة، وشملت مديري المشاريع، والاستشاريين، والمهندسين، وأصحاب القرار الفني.

وبلغ عدد الاستبانات الصالحة للتحليل الإحصائي (69) استبانة، وهو عدد مناسب لتحقيق أهداف الدراسة وإجراء التحليلات الإحصائية المطلوبة.

وقد تم تحليل الخصائص الديموغرافية للمشاركين وفقاً لسبعة متغيرات رئيسية هي:

- المؤهل العلمي
- التخصص
- سنوات الخبرة
- المسعى الوظيفي
- طبيعة جهة العمل
- نوع مشاريع البنية التحتية
- حجم المشاريع

أولاً: المؤهل العلمي

أظهرت النتائج أن غالبية أفراد العينة يحملون درجة البكالوريوس بنسبة (55.1%)، يليهم الحاصلون على درجة الماجستير بنسبة (31.9%)، في حين بلغت نسبة حملة الدبلوم وحملة الدكتوراه (1.4%)، (10.1%)

وتشير هذه النتائج إلى أن المشاركين يتمتعون بخلفية أكاديمية مناسبة تؤهلهم لفهم مفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة المشاريع، الأمر الذي يعزز من موثوقية البيانات التي تم جمعها.

كما تعكس نسبة حملة الدراسات العليا مستوى جيداً من المعرفة العلمية، بما يساهم في تقديم تقييمات أكثر دقة حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر.

ثانياً: التخصص العلمي

أوضحت النتائج تنوعاً واضحاً في تخصصات أفراد العينة، حيث بلغت نسبة المتخصصين في إدارة المشاريع (37.7%)، والهندسة المدنية (11.6%)، وإدارة الأعمال (15.9%)، والهندسة الأخرى (4.3%)، في حين مثلت التخصصات الأخرى (44.9%) من إجمالي المشاركين (مع ملاحظة أن بعض المشاركين اختاروا أكثر من تخصص واحد).

ويشير هذا التنوع إلى الطبيعة متعددة التخصصات لمشاريع البنية التحتية، والتي تتطلب مشاركة خبرات هندسية وإدارية ومالية وتقنية مختلفة، الأمر الذي يعزز من شمولية نتائج الدراسة.

ثالثاً: سنوات الخبرة

أظهرت النتائج أن أفراد العينة يمتلكون مستويات خبرة متنوعة، حيث بلغت نسبة من لديهم أقل من خمس سنوات خبرة (31.9%)، ومن لديهم خبرة بين (11-20) سنة (30.4%)، بينما بلغت نسبة أصحاب الخبرة بين (5-10) سنوات (24.6%)، في حين بلغت نسبة أصحاب الخبرة التي تزيد على عشرين سنة (15.9%).

وتعكس هذه النتائج توازناً جيداً بين الخبرات الحديثة والخبرات الطويلة، الأمر الذي يثري الدراسة من خلال الجمع بين وجهات نظر الممارسين ذوي الخبرة التقليدية والمتخصصين الأكثر احتكاكاً بالتقنيات الحديثة.

رابعاً: المسعى الوظيفي

أوضحت النتائج أن مديري المشاريع والاستشاريين والخبراء يشكلون غالبية أفراد العينة، حيث بلغت نسبة مديري المشاريع (37.7%)، والخبراء والاستشاريين الفنيين (31.9%)، ومهندسي المواقع (24.6%)، بينما مثل مديرو البرامج والمشاريع (7.2%). وتشير هذه النتائج إلى أن غالبية المشاركين يشغلون وظائف ترتبط بصورة مباشرة بإدارة المشاريع واتخاذ القرار، مما يمنح نتائج الدراسة درجة عالية من الواقعية والموثوقية.

خامساً: طبيعة جهة العمل

أظهرت النتائج أن شركات المقاولات والاستشارات الهندسية مثلت ما نسبته (53.6%) من إجمالي العينة، في حين شكلت الجهات الحكومية وشبه الحكومية (43.5%).

ويعد هذا التوزيع مناسباً لتحقيق أهداف الدراسة، إذ يوفر توازناً بين آراء القطاعين الحكومي والخاص، ويعكس اختلاف بيئات العمل التي تطبق فيها تقنيات الذكاء الاصطناعي.

سادساً: نوع مشاريع البنية التحتية

أظهرت النتائج أن قرابة نصف المشاركين يعملون في مشاريع شبكات الري والتجميل الطبيعي بنسبة (47.8%)، تلتها مشاريع أخرى بنسبة (29.0%)، بينما توزعت بقية المشاركات على مشاريع صرف مياه الأمطار (13.0%)، والطرق والجسور (8.7%).

ويفسر ذلك تركيز الدراسة على بيئة مشاريع البنية التحتية في دولة الإمارات، والتي تمثل مشاريع الري والتجميل الطبيعي جزءاً مهماً منها.

سابعاً: حجم المشاريع

أظهرت النتائج أن غالبية المشاركين يعملون في مشاريع تتراوح قيمتها بين (10–200) مليون درهم، حيث بلغت نسبته (68.1%)، بينما بلغت نسبة المشاريع الأقل من عشرة ملايين (21.7%)، والمشاريع التي تزيد على (200) مليون درهم (8.7%).

وتشير هذه النتائج إلى أن معظم أفراد العينة يعملون في مشاريع متوسطة وكبيرة الحجم، وهي مشاريع تتسم بارتفاع مستوى المخاطر والتعقيد، مما يجعل تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي أكثر أهمية لدعم عمليات إدارة المخاطر واتخاذ القرار.

خلاصة وصف العينة

تشير النتائج السابقة إلى أن عينة الدراسة تتميز بدرجة عالية من التنوع من حيث المؤهلات العلمية، والتخصصات، وسنوات الخبرة، والوظائف، وطبيعة المؤسسات، وأنواع المشاريع، وهو ما يعزز إمكانية الاعتماد على نتائج الدراسة في تفسير واقع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية.

كما يتضح أن غالبية المشاركين يشغلون وظائف قيادية أو فنية مرتبطة مباشرة بإدارة المشاريع، ويعملون في مشاريع متوسطة وكبيرة الحجم، الأمر الذي يمنح الدراسة مصداقية عالية، نظراً لارتباط آرائهم بالممارسة العملية اليومية.

1.2. التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

يهدف هذا الجزء إلى التعرف على مستوى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع البنية التحتية، ومدى إدراك أفراد العينة لأثرها في تحسين إدارة المخاطر، إضافة إلى تحديد أبرز التحديات التي تواجه المؤسسات عند تبني هذه التقنيات. وقد اعتمد الباحث على المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية واختبار (One-Sample t-Test) لتحليل استجابات أفراد العينة وفق مقياس ليكرت الخماسي، حيث تشير المتوسطات الأعلى من القيمة المحايدة (3) إلى اتجاه إيجابي نحو العبارة، بينما تعكس المتوسطات الأقل من (3) اتجاهًا سلبياً.

أولاً: مستوى الوعي بتقنيات الذكاء الاصطناعي

يُعد مستوى الوعي بتقنيات الذكاء الاصطناعي أحد المتطلبات الأساسية لنجاح تطبيق هذه التقنيات في إدارة مشاريع البنية التحتية، إذ إن الإدراك الجيد بمفاهيم الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي وتحليل البيانات الضخمة يمثل الخطوة الأولى نحو الاستخدام الفعلي لهذه التقنيات داخل المؤسسات.

وقد بينت نتائج الدراسة أن المتوسطات الحسابية لجميع عبارات هذا المحور تراوحت بين (3.706) و(4.162)، بمتوسط كلي بلغ (3.868) وانحراف معياري (0.785)، وهي جميعها أعلى من القيمة المحايدة، كما جاءت جميع قيم اختبار (t) ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($p < 0.001$)، الأمر الذي يدل على ارتفاع مستوى المعرفة والوعي لدى أفراد العينة تجاه مفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة المشاريع.

وقد حصلت العبارة المتعلقة بفهم مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة المشاريع على أعلى متوسط حسابي بلغ (4.162)، وهو ما يعكس امتلاك معظم المشاركين معرفة جيدة بالمفهوم العام للذكاء الاصطناعي، ويرجع ذلك إلى الانتشار المتزايد للتطبيقات الذكية في المؤسسات الحكومية والخاصة خلال السنوات الأخيرة.

أما أقل متوسط فقد سجلته العبارة الخاصة بالمعرفة بالشبكات العصبية الاصطناعية وتطبيقاتها في التنبؤ بالمخاطر، حيث بلغ المتوسط (3.706). ويشير ذلك إلى وجود فجوة واضحة بين المعرفة النظرية العامة بالذكاء الاصطناعي وبين الإلمام بتقنياته المتقدمة والمتخصصة، وهو ما يستدعي زيادة الاهتمام بالتدريب المتخصص داخل المؤسسات المهنية.

وتنسجم هذه النتائج مع ما أشار إليه Russell & Norvig (2020) من أن الوعي بالتقنيات الحديثة يمثل المرحلة الأولى من مراحل التحول الرقمي، كما تتفق مع دراسة Akoma-Frimpong et al. (2025) التي أكدت أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي يبدأ من بناء المعرفة المؤسسية قبل الاستثمار في الحلول التقنية.

وتشير هذه النتائج أيضاً إلى أن بيئة العمل في مشاريع البنية التحتية بدولة الإمارات العربية المتحدة أصبحت أكثر استعداداً لتقبل تطبيقات الذكاء الاصطناعي مقارنة بما كانت عليه قبل سنوات، وهو ما يمثل قاعدة مناسبة لتطبيق الأنظمة الذكية مستقبلاً.

ثانياً: مستوى التطبيق الفعلي للذكاء الاصطناعي داخل المؤسسات

لا يعني ارتفاع مستوى الوعي بالذكاء الاصطناعي بالضرورة وجود تطبيق فعلي لهذه التقنيات داخل المؤسسات، ولذلك تناولت الدراسة قياس مستوى الاستخدام الفعلي للأنظمة الذكية في إدارة المشاريع.

وأظهرت النتائج أن المتوسطات الحسابية لهذا المحور تراوحت بين (3.515) و(3.691)، بمتوسط كلي بلغ (3.586) وانحراف معياري (0.950)، وهي جميعها ذات دلالة إحصائية، إلا أنها جاءت أقل من متوسطات محور الوعي، مما يشير إلى أن تطبيق الذكاء الاصطناعي لا يزال في مرحلة متوسطة داخل المؤسسات المشاركة في الدراسة.

وقد سجلت العبارة المتعلقة باستخدام المؤسسة لبرمجيات أو أنظمة مدعومة بالذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع أعلى متوسط بلغ (3.691)، وهو ما يعكس بدايات فعلية لتبني هذه الأنظمة داخل المؤسسات المشاركة.

في المقابل، جاءت العبارة المتعلقة باعتماد المؤسسة على أنظمة تحليل البيانات الضخمة لمراقبة أداء المشاريع في المرتبة الأخيرة بمتوسط بلغ (3.515)، الأمر الذي يكشف عن وجود قصور في البنية التحتية التحليلية المتقدمة، رغم توفر الوعي بأهمية هذه التقنيات.

وتوضح هذه النتائج وجود فجوة واضحة بين المعرفة والتطبيق، حيث يمتلك العاملون معرفة مرتفعة نسبياً بتقنيات الذكاء الاصطناعي، إلا أن هذا الوعي لم يتحول بعد إلى ممارسات مؤسسية واسعة النطاق.

ويرى الباحث أن هذه الفجوة تعود إلى عدة عوامل، أهمها:

- ارتفاع تكاليف تطبيق الأنظمة الذكية .
- الحاجة إلى بنية بيانات متكاملة .
- محدودية الخبرات المتخصصة .
- غياب استراتيجيات واضحة للتحويل الرقمي .

وتتفق هذه النتائج مع دراسة (Wieringa 2025) التي أوضحت أن معظم مؤسسات البنية التحتية لا تزال في مرحلة التجريب المحدود للذكاء الاصطناعي، رغم إدراكها للفوائد المحتملة لهذه التقنيات.

ثالثاً: الاتجاه العام نحو أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر

ركز الجزء الرئيس من الدراسة على قياس أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية من خلال ستة محاور تمثل الفرضيات الرئيسة للدراسة.

وقد أظهرت النتائج أن جميع المتوسطات الحسابية تجاوزت (3.80)، وأن جميع الفرضيات كانت مدعومة إحصائياً عند مستوى دلالة أقل من (0.001)، مما يؤكد وجود اتجاه إيجابي قوي لدى المشاركين نحو الدور الذي يؤديه الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المشاريع .

وتشير هذه النتائج إلى وجود اتفاق واسع بين أفراد العينة على أن الذكاء الاصطناعي لا يمثل مجرد تقنية معلومات، بل أصبح أداة استراتيجية تسهم في تحسين الأداء المؤسسي وتقليل المخاطر ورفع جودة القرارات.

كما تعكس النتائج أن المؤسسات المشاركة أصبحت تنظر إلى الذكاء الاصطناعي بوصفه وسيلة داعمة لمدير المشروع، وليس بديلاً عنه، وهو ما يتوافق مع الاتجاهات الحديثة في إدارة المشاريع التي تؤكد أهمية التكامل بين الذكاء البشري والذكاء الاصطناعي.

خلاصة التحليل الوصفي

يمكن استخلاص مجموعة من المؤشرات الرئيسة من نتائج التحليل الوصفي، أبرزها:

- يتمتع المشاركون بمستوى مرتفع من الوعي بمفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته .
- لا يزال التطبيق المؤسسي للذكاء الاصطناعي في مرحلة متوسطة، رغم الإدراك المرتفع لأهميته .
- توجد فجوة واضحة بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي، وهو ما يستدعي تعزيز برامج التحول الرقمي والتدريب .
- اتفق المشاركون بدرجة كبيرة على أن الذكاء الاصطناعي يسهم في تحسين إدارة المخاطر، ورفع كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية .
- تؤكد النتائج أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي يعتمد على جاهزية المؤسسة من حيث البيانات، والكوادر البشرية، والبنية التقنية، إلى جانب وجود إطار تنظيمي وتشريعي داعم.

4.3 اختبار فرضيات الدراسة ومناقشة النتائج

تمهيد

يهدف هذا الجزء إلى اختبار فرضيات الدراسة للتحقق من وجود أثر ذي دلالة إحصائية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية وتحسين كفاءة إدارتها. وقد استخدم الباحث اختبار **One-Sample t-Test** لمقارنة المتوسطات الحسابية مع القيمة المحايدة (3) على مقياس ليكرت الخماسي، عند مستوى دلالة إحصائية $(\alpha = 0.05)$. وقد أظهرت النتائج أن جميع الفرضيات الفرعية الست كانت مدعومة إحصائياً عند مستوى دلالة أقل من (0.001)، مما يشير إلى وجود اتفاق مرتفع بين أفراد العينة حول الأثر الإيجابي للذكاء الاصطناعي في مختلف أبعاد إدارة مشاريع البنية التحتية.

الفرضية الأولى (H1)

يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر في مشاريع البنية التحتية.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن المتوسط الكلي لهذا المحور بلغ 3.915 بانحراف معياري قدره 0.772، بينما بلغت قيمة اختبار $t(9.769)$ عند مستوى دلالة أقل من 0.001، مما يؤكد قبول الفرضية الأولى ورفض الفرضية الصفرية.

كما أظهرت النتائج أن أعلى متوسط تحقق للعبارة المتعلقة بقدرة الذكاء الاصطناعي على تحسين دقة تحديد المخاطر المحتملة مقارنة بالأساليب التقليدية، في حين جاءت العبارة المتعلقة باستخدام الشبكات العصبية للتنبؤ بتجاوزات التكلفة والجدول الزمني في المرتبة الأخيرة، رغم بقاءها ضمن المستوى المرتفع.

مناقشة النتائج

تشير هذه النتائج إلى أن المشاركين يرون أن الذكاء الاصطناعي يمثل نقلة نوعية في أساليب التنبؤ بالمخاطر، حيث يعتمد على تحليل كميات ضخمة من البيانات التاريخية والبيانات الآنية بصورة تفوق قدرات التحليل التقليدي.

ويرجع الباحث ذلك إلى أن الخوارزميات الحديثة، وخاصة التعلم الآلي، أصبحت قادرة على اكتشاف العلاقات غير الظاهرة بين متغيرات المشروع، مما يساعد على اكتشاف المخاطر قبل تحولها إلى مشكلات فعلية.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Smith et al. (2021 التي أوضحت أن نماذج التعلم الآلي استطاعت التنبؤ بتأخر المشاريع بدقة تجاوزت 85%، كما تتفق مع دراسة (Chen & Zhang (2022 التي أثبتت قدرة الشبكات العصبية على تحسين التنبؤ بمخاطر السلامة في المشاريع الإنشائية.

ويرى الباحث أن هذه النتيجة تؤكد أهمية بناء قواعد بيانات تاريخية متكاملة، إذ تعتمد كفاءة النماذج التنبؤية بصورة مباشرة على جودة البيانات المستخدمة في تدريبها.

الفرضية الثانية (H2)

يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الوقت والالتزام بالجدول الزمني.

بلغ المتوسط الكلي لهذا المحور 3.988، والانحراف المعياري 0.677، بينما بلغت قيمة اختبار (t) 12.037 عند مستوى دلالة أقل من 0.001، مما يؤكد قبول الفرضية الثانية.

وقد سجلت العبارة المتعلقة بالتنبؤ بالتأخيرات الزمنية قبل وقوعها أعلى متوسط، بينما جاءت العبارة الخاصة بتقليل وقت تحليل المخاطر في المرتبة الأخيرة، مع بقائها ضمن المستوى المرتفع.

مناقشة النتائج

تعكس هذه النتائج إدراك المشاركين لأهمية الذكاء الاصطناعي في تقليل التأخير الزمني الذي يُعد أحد أكثر أسباب تعثر مشاريع البنية التحتية.

ويرى الباحث أن الأنظمة الذكية أصبحت قادرة على متابعة تقدم المشروع بصورة لحظية، وتحليل الانحرافات الزمنية، وإرسال إنذارات مبكرة قبل تفاقم المشكلة، الأمر الذي يمنح مدير المشروع فرصة لاتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب.

وتنسجم هذه النتيجة مع ما أشار إليه (2021) PMBOK Guide من أهمية المراقبة الاستباقية للمخاطر، كما تتفق مع دراسة Ivić & Cerić (2026) التي أكدت أن أنظمة الإنذار المبكر المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تقلل احتمالية التأخير في المشاريع الإنشائية.

الفرضية الثالثة (H3)

يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في السيطرة على التكاليف والحد من التجاوزات المالية.

أظهرت النتائج أن المتوسط الكلي بلغ 3.977، وهو من أعلى المتوسطات في الدراسة، بينما بلغت قيمة اختبار 11.244 (t) عند مستوى دلالة أقل من 0.001، مما يدعم الفرضية الثالثة.

وكان أعلى متوسط للعبارة المتعلقة بتقليل تجاوز التكاليف المخطط لها، وهو ما يعكس ثقة المشاركين في قدرة الذكاء الاصطناعي على تحسين إدارة الموارد المالية للمشروع.

مناقشة النتائج

توضح هذه النتائج أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لا يقتصر على التنبؤ بالمخاطر، بل يمتد إلى تحسين التخطيط المالي وإدارة الميزانيات.

ويعزو الباحث ذلك إلى قدرة تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحليل المشاريع السابقة، وربطها بالمؤشرات الاقتصادية الحالية، بما يساعد في تقدير احتياطات المخاطر وتحسين تخصيص الموارد.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة El-Gohary (2020) التي أثبتت أن الشبكات العصبية توفر تقديرات أكثر دقة لمخاطر التكلفة مقارنة بالطرق التقليدية، كما تتوافق مع نتائج Bilal et al. (2023) حول أهمية تحليلات البيانات الضخمة في تحسين القرارات المالية.

الفرضية الرابعة (H4)

يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل احتمالية حدوث المخاطر.

أظهرت النتائج أن المتوسط الكلي بلغ 3.839، وهو أدنى متوسط بين الفرضيات الست، إلا أنه ظل أعلى من القيمة المحايدة وبمستوى دلالة مرتفع، حيث بلغت قيمة $t(9.018)$ عند مستوى أقل من 0.001، مما يؤكد قبول الفرضية الرابعة.

مناقشة النتائج

رغم اتفاق المشاركين على الدور الإيجابي للذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر، فإن انخفاض المتوسط مقارنة ببقية المحاور يشير إلى استمرار الاعتماد على الخبرة البشرية في التعامل مع المخاطر المعقدة وغير المتوقعة.

ويرى الباحث أن الذكاء الاصطناعي يسهم بصورة فعالة في تقليل احتمالية وقوع المخاطر التي تعتمد على بيانات يمكن التنبؤ بها، إلا أن بعض المخاطر الخارجية، مثل التغيرات الاقتصادية أو القرارات الحكومية أو الظروف الجيوسياسية، لا تزال تتطلب حكماً بشرياً وخبرة ميدانية.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Aladağ (2025 التي أشارت إلى أن أدوات الذكاء الاصطناعي، بما فيها النماذج اللغوية الكبيرة، ينبغي أن تُستخدم كأدوات مساندة لصانع القرار وليس كبديل كامل عنه.

الفرضية الخامسة (H5)

يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة مخرجات مشاريع البنية التحتية.

بلغ المتوسط الكلي لهذا المحور 3.952، وبلغت قيمة اختبار $t(10.880)$ عند مستوى دلالة أقل من 0.001، مما يؤكد قبول الفرضية الخامسة.

مناقشة النتائج

تشير النتائج إلى أن الذكاء الاصطناعي يسهم في تحسين جودة التنفيذ من خلال المراقبة المستمرة، والكشف المبكر عن الانحرافات، وتقليل إعادة العمل، وتحسين الالتزام بالمواصفات الفنية.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Love et al. (2023 التي أكدت أن استخدام التحليلات الذكية يساعد في تقليل إعادة التنفيذ وتحسين جودة المشروعات.

الفرضية السادسة (H6)

يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة دعم اتخاذ القرار.

حقق هذا المحور أعلى متوسط بين جميع الفرضيات، حيث بلغ 4.018، وبلغت قيمة اختبار (t) 11.985 عند مستوى دلالة أقل من 0.001، مما يؤكد قبول الفرضية السادسة.

مناقشة النتائج

تعد هذه النتيجة من أهم نتائج الدراسة، إذ تشير إلى أن أكبر قيمة مضافة للذكاء الاصطناعي تتمثل في دعمه لعملية اتخاذ القرار من خلال توفير لوحات قيادة ذكية، وتوصيات مبنية على البيانات، ومحاكاة السيناريوهات المختلفة.

ويرى الباحث أن هذه النتيجة تعكس التحول من الإدارة القائمة على الخبرة الشخصية إلى الإدارة القائمة على البيانات (Data-Driven Decision Making)، وهو الاتجاه السائد في المؤسسات الرائدة عالمياً.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Khalilnezhady et al. (2025، التي أوضحت أن التحليلات الذكية أصبحت عنصراً أساسياً في تحسين القرارات داخل مشاريع البنية التحتية، كما تندرج مع مراجعات حديثة حول الذكاء الاصطناعي التوليدي التي تؤكد دوره في دعم القرار وتحسين جودة المخرجات.

الجدول ادناه يبين الفرضيات و درجة قبولها:

النتيجة	المتوسط	الفرضية
مقبول	3.915	H1
مقبول	3.988	H2
مقبول	3.977	H3
مقبول	3.839	H4

النتيجة	المتوسط	الفرضية
مقبول	3.952	H5
مقبول	4.018	H6

خلاصة اختبار الفرضيات

أظهرت نتائج الدراسة دعماً إحصائياً لجميع الفرضيات الست، مما يؤكد وجود أثر إيجابي لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية وتحسين كفاءة إدارتها. وقد كان محور كفاءة دعم اتخاذ القرار الأعلى تقييماً، يليه كفاءة الوقت والالتزام بالجدول الزمني، بينما جاء محور تقليل احتمالية حدوث المخاطر في المرتبة الأخيرة، دون أن يفقد دلالاته الإحصائية. وتشير هذه النتائج إلى أن الذكاء الاصطناعي يُنظر إليه من قبل الممارسين بوصفه أداة استراتيجية داعمة لمدير المشروع، تعزز جودة القرارات وتزيد من كفاءة الأداء، مع بقاء الحاجة إلى الخبرة البشرية في التعامل مع الحالات المعقدة وغير المتوقعة.

بناءً على نتائج التحليل الإحصائي، يكون ترتيب الفرضيات من الأعلى إلى الأدنى وفقاً للمتوسط الحسابي كما يلي:

الترتيب	الفرضية	المتوسط الحسابي	التفسير
الأول	الفرضية السادسة: يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة دعم اتخاذ القرار في مشاريع البنية التحتية.	4.018	أعلى تأثير من وجهة نظر المشاركين.
الثالث	الفرضية الثالثة: يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في السيطرة على التكاليف والحد من التجاوزات المالية.	3.977	تأثير مرتفع في تحسين الأداء المالي للمشروعات.

الترتيب	الفرضية	المتوسط الحسابي	التفسير
الثاني	الفرضية الثانية: يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الوقت والالتزام بالجدول الزمني.	3.988	يسهم في تقليل التأخير وتحسين التخطيط الزمني.
الرابع	الفرضية الخامسة: يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة مخرجات مشاريع البنية التحتية.	3.952	يعزز جودة التنفيذ وتقليل الأخطاء.
الخامس	الفرضية الأولى: يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر في مشاريع البنية التحتية.	3.915	يسهم في التنبؤ المبكر بالمخاطر ودعم إدارتها.
السادس	الفرضية الرابعة: يوجد أثر إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل احتمالية حدوث المخاطر.	3.839	جاء في المرتبة الأخيرة، لكنه ما زال يحظى بتأييد إحصائي ودلالة معنوية.

4-4 مناقشة التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي

إلى جانب قياس أثر الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية، هدفت الدراسة إلى تحديد أبرز التحديات التي قد تحد من تبني هذه التقنيات داخل المؤسسات. وقد تم تصنيف هذه التحديات إلى ثلاثة محاور رئيسية هي: التحديات التقنية، والتحديات البشرية والتنظيمية، والتحديات الأخلاقية والقانونية والتنظيمية.

وأظهرت النتائج أن جميع هذه التحديات حصلت على متوسطات مرتفعة تجاوزت القيمة المحايدة، مما يدل على اتفاق المشاركين على أنها تمثل معوقات حقيقية ينبغي التعامل معها لضمان نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في مشاريع البنية التحتية.

أولاً: التحديات التقنية

أظهرت النتائج أن التحديات التقنية سجلت متوسطاً كلياً بلغ 3.916، وهو أعلى متوسط بين محاور التحديات الثلاثة، وهو ما يشير إلى أن المشاركين يرون أن البنية التقنية الحالية لا تزال بحاجة إلى تطوير لتتلاءم مع متطلبات تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

وجاءت مشكلة غياب بنية بيانات موحدة ومعيارية في مقدمة هذه التحديات، تلتها صعوبة التكامل مع الأنظمة القديمة، ثم ضعف جودة البيانات وعدم اكتمالها. وتشير هذه النتائج إلى أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي لا يعتمد على توفر البرمجيات أو الخوارزميات فحسب، بل يرتبط بصورة مباشرة بجودة البيانات التي تُبنى عليها النماذج الذكية.

ويرى الباحث أن البيانات تمثل المورد الرئيس الذي تعتمد عليه تقنيات الذكاء الاصطناعي، وأن أي نقص في دقتها أو اكتمالها سيؤثر سلبًا في جودة المخرجات، مهما بلغت كفاءة الخوارزميات المستخدمة.

وتتفق هذه النتيجة مع الأدبيات الحديثة التي تؤكد أن البيانات تُعد حجر الأساس في نجاح مشاريع الذكاء الاصطناعي، وأن ضعف جودة البيانات يعد من أكثر أسباب فشل مبادرات التحول الرقمي في المؤسسات.

ثانياً: التحديات البشرية والتنظيمية

أظهرت النتائج أن التحديات البشرية والتنظيمية سجلت أيضًا متوسطًا كليًا بلغ 3.899، وهو ما يعكس أن العوامل البشرية لا تقل أهمية عن العوامل التقنية في نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي.

وقد جاءت مقاومة الموظفين للتغيير والخوف من استبدالهم بالتقنيات الذكية في مقدمة هذه التحديات، تلتها تكلفة التدريب والتطوير، ثم الفجوة المهارية بين إدارة المشاريع وعلوم البيانات.

وتعكس هذه النتائج أن التحول الرقمي لا يمثل تحديًا تقنيًا فقط، بل يتطلب إدارة فعالة للتغيير المؤسسي، وتعزيز ثقافة الابتكار، وبناء الثقة في أن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة داعمة للعاملين وليس بديلاً عنهم.

ويرى الباحث أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي يتطلب الاستثمار في تطوير رأس المال البشري بالتوازي مع الاستثمار في البنية التقنية، وذلك من خلال برامج تدريبية مستمرة، ورفع مستوى الوعي، وتشجيع العاملين على تبني التقنيات الحديثة.

ثالثاً: التحديات الأخلاقية والقانونية والتنظيمية

حققت هذه الفئة ثاني أعلى متوسط بين أنواع التحديات الثلاثة، حيث بلغ المتوسط الكلي 3.901، مما يدل على أن المشاركين يرون أن الجوانب التشريعية والتنظيمية، إلى جانب التحديات التقنية، تمثل أكبر عقبة أمام التوسع في استخدام الذكاء الاصطناعي في مشاريع البنية التحتية .

وكانت حماية البيانات والخصوصية أكثر التحديات تأثيراً، تلتها محدودية قابلية تفسير نماذج الذكاء الاصطناعي، ثم غياب الأطر التنظيمية الواضحة لاستخدام هذه التقنيات.

ويرى الباحث أن هذه النتيجة تعكس الطبيعة الحساسة لمشاريع البنية التحتية، التي تتعامل مع بيانات تشغيلية وهندسية وأمنية ذات أهمية استراتيجية، مما يفرض ضرورة وجود تشريعات واضحة تنظم استخدام الذكاء الاصطناعي وتحدد المسؤوليات القانونية المرتبطة به.

وتتوافق هذه النتيجة مع الاتجاهات العالمية الحديثة التي تؤكد أهمية تطوير أطر لحوكمة الذكاء الاصطناعي، بما يضمن تحقيق التوازن بين الابتكار التقني وحماية الحقوق والخصوصية وتعزيز الشفافية.

4-5 مناقشة النتائج في ضوء الدراسات السابقة

تكشف نتائج الدراسة الحالية عن توافق كبير مع معظم الدراسات الحديثة التي تناولت تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع وإدارة المخاطر، حيث أكدت جميعها أن تقنيات الذكاء الاصطناعي أصبحت تمثل أحد أهم الأدوات الداعمة لاتخاذ القرار وتحسين الأداء المؤسسي.

وأظهرت الدراسة الحالية أن جميع الفرضيات الست قد حظيت بدعم إحصائي، وهو ما يعكس وجود قناعة قوية لدى المختصين بأهمية الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة مشاريع البنية التحتية. وتتوافق هذه النتيجة مع العديد من الدراسات الحديثة التي أشارت إلى أن الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر، وتقليل الانحرافات الزمنية والمالية، وتعزيز جودة المخرجات، ودعم اتخاذ القرار.

كما أظهرت الدراسة وجود فجوة واضحة بين مستوى الوعي بتقنيات الذكاء الاصطناعي ومستوى التطبيق الفعلي داخل المؤسسات، وهو ما يتفق مع نتائج عدد من الدراسات التي أوضحت أن كثيرًا من المؤسسات تدرك أهمية الذكاء الاصطناعي، إلا أن تطبيقه لا يزال محدودًا نتيجة تحديات تتعلق بالبنية التقنية والكوادر البشرية والتشريعات.

ومن ناحية أخرى، أكدت نتائج الدراسة أن التحديات الأخلاقية والتنظيمية تمثل أكبر عائق أمام تطبيق الذكاء الاصطناعي، وهو ما يتوافق مع الاتجاه العالمي الذي يدعو إلى وضع أطر واضحة لحوكمة الذكاء الاصطناعي وتعزيز الشفافية والمساءلة وحماية البيانات.

وتضيف هذه الدراسة قيمة علمية تتمثل في تركيزها على قطاع مشاريع البنية التحتية في دولة الإمارات العربية المتحدة، وهو قطاع لم يحظَ بعدد كافٍ من الدراسات التطبيقية مقارنة بالقطاعات الأخرى، الأمر الذي يجعل نتائجها ذات أهمية عملية لصناع القرار ومديري المشاريع والجهات الحكومية.

4-6 خلاصة الفصل الرابع

تناول هذا الفصل عرض نتائج الدراسة الميدانية وتحليلها ومناقشتها في ضوء أهداف الدراسة وفرضياتها. وقد أظهرت النتائج أن المشاركين يتمتعون بمستوى مرتفع من الوعي بمفاهيم الذكاء الاصطناعي، في حين لا يزال مستوى التطبيق المؤسسي لهذه التقنيات في حدود المستوى المتوسط، مما يعكس وجود فجوة بين المعرفة والتطبيق.

كما بينت النتائج وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في جميع محاور الدراسة، حيث دعمت النتائج الفرضيات الست المتعلقة بتحسين دقة التنبؤ بالمخاطر، وتعزيز الالتزام بالجدول الزمني، والسيطرة على التكاليف، والحد من المخاطر، وتحسين جودة المخرجات، ودعم اتخاذ القرار. وقد كان محور دعم اتخاذ القرار الأعلى تقييماً، في حين جاء محور تقليل احتمالية حدوث المخاطر في المرتبة الأخيرة، مع بقائه ضمن المستوى الإيجابي.

وأظهرت الدراسة كذلك أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي لا يعتمد على توافر التقنيات وحدها، بل يتطلب بيئة مؤسسية داعمة تشمل بيانات عالية الجودة، وبنية تقنية متكاملة، وكوادر بشرية مؤهلة، إضافة إلى وجود أطر تنظيمية وتشريعية واضحة.

وتُعد النتائج التي تم التوصل إليها أساسًا لبناء الفصل الخامس، الذي سيتناول الاستنتاجات العامة للدراسة، والإجابة عن أسئلتها، وعرض التوصيات العملية والعلمية، واقتراح مجالات للبحوث المستقبلية، بما يساهم في دعم تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية وتعزيز كفاءة تنفيذها.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

Findings and Recommendations

5.1 تمهيد

يتناول هذا الفصل عرض النتائج النهائية التي توصلت إليها الدراسة، وذلك في ضوء أهدافها وأسئلتها وفرضياتها، مع تفسير أهم النتائج وربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة. كما يتضمن الفصل مجموعة من التوصيات العملية التي يمكن أن تساهم في تعزيز استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية، بالإضافة إلى استعراض حدود الدراسة واقتراح عدد من الموضوعات التي يمكن أن تشكل امتدادًا لهذا البحث في الدراسات المستقبلية.

5.2 ملخص الدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى استقصاء دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية وتحسين كفاءة إدارتها، من خلال التعرف إلى مستوى الوعي والتطبيق الفعلي لهذه التقنيات، وقياس أثرها في تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر، والالتزام بالجدول الزمني، والسيطرة على التكاليف، وتقليل احتمالية حدوث المخاطر، وتحسين جودة المخرجات، ودعم اتخاذ القرار، إضافة إلى تحديد أبرز التحديات التي تواجه المؤسسات عند تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الاستبانة أداة رئيسة لجمع البيانات من عينة مكونة من (69) مشاركًا من العاملين في مشاريع البنية التحتية في دولة الإمارات العربية المتحدة. وتم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية، ولا سيما اختبار (One-Sample t-Test)، للتحقق من صحة فرضيات الدراسة.

وقد أظهرت النتائج وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في جميع محاور الدراسة، كما كشفت عن وجود فجوة بين مستوى الوعي بالتقنيات الحديثة ومستوى تطبيقها الفعلي داخل المؤسسات، إضافة إلى وجود تحديات تقنية وبشرية وتشريعية تحد من سرعة تبني هذه التقنيات.

5.3 النتائج الرئيسية للدراسة

في ضوء التحليل الإحصائي واختبار فرضيات الدراسة، توصل الباحث إلى النتائج الآتية:

أولاً: أظهرت النتائج ارتفاع مستوى الوعي بمفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة مشاريع البنية التحتية، مما يعكس إدراكاً متزايداً لدى المتخصصين لأهمية هذه التقنيات في تحسين الأداء المؤسسي، إلا أن هذا الوعي لم ينعكس بصورة كاملة على مستوى التطبيق العملي داخل المؤسسات .

ثانياً: تبين أن مستوى التطبيق الفعلي للذكاء الاصطناعي داخل المؤسسات جاء في المستوى المتوسط، الأمر الذي يشير إلى أن العديد من المؤسسات لا تزال في المراحل الأولى من رحلة التحول الرقمي، رغم اقتناع العاملين بالفوائد المتوقعة من هذه التقنيات .

ثالثاً: دعمت النتائج جميع فرضيات الدراسة الست عند مستوى دلالة إحصائية أقل من (0.001)، مما يؤكد وجود أثر إيجابي للذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية .

رابعاً: حقق محور كفاءة دعم اتخاذ القرار أعلى متوسط حسابي (4.018)، وهو ما يعكس ثقة المشاركين في قدرة الذكاء الاصطناعي على تحليل البيانات وتقديم توصيات تساعد متخذي القرار في التعامل مع المخاطر بصورة أكثر سرعة ودقة .

خامساً: جاء محور كفاءة الوقت والالتزام بالجدول الزمني في المرتبة الثانية، تلاه محور السيطرة على التكاليف والحد من التجاوزات المالية في المرتبة الثالثة، مما يدل على إدراك المشاركين لأهمية التحليلات الذكية في تحسين التخطيط الزمني والمالي وإدارة الموارد .

سادساً: حقق محور تقليل احتمالية حدوث المخاطر أقل متوسط بين المحاور، وهو ما يشير إلى أن المشاركين يرون أن الذكاء الاصطناعي يسهم في الحد من المخاطر، لكنه لا يغني عن الخبرة البشرية في التعامل مع الأحداث غير المتوقعة .

سابعاً: كشفت الدراسة عن أن التحديات التقنية تمثل أكبر معوقات تطبيق الذكاء الاصطناعي، تلتها التحديات الأخلاقية والقانونية والتنظيمية بفارق ضئيل، ثم التحديات البشرية والتنظيمية، مع تقارب واضح بين محاور التحديات الثلاثة جميعها، وهو ما يؤكد أهمية تطوير الأطر التشريعية والحوكمة المؤسسية إلى جانب البنية التقنية .

5.4 الإجابة عن أسئلة الدراسة

استنادًا إلى نتائج التحليل الإحصائي، يمكن الإجابة عن أسئلة الدراسة على النحو الآتي:

السؤال الأول: ما مستوى الوعي والتطبيق الفعلي للذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع البنية التحتية؟

أظهرت النتائج أن مستوى الوعي مرتفع، في حين أن مستوى التطبيق الفعلي لا يزال متوسطًا، مما يدل على وجود فجوة بين المعرفة والممارسة.

السؤال الثاني: ما أثر الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر المشاريع؟

أثبتت النتائج وجود أثر إيجابي واضح للذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر من خلال تحليل البيانات التاريخية واكتشاف الأنماط والعلاقات التي يصعب ملاحظتها بالأساليب التقليدية.

السؤال الثالث: ما أثر الذكاء الاصطناعي في تحسين أداء إدارة المشاريع؟

أكدت النتائج أن الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين الالتزام بالجدول الزمني، والسيطرة على التكاليف، وتحسين جودة المخرجات، ورفع كفاءة اتخاذ القرار.

السؤال الرابع: ما أبرز التحديات التي تواجه المؤسسات؟

بينت الدراسة أن ضعف البنية التحتية وجودة البيانات يمثل أبرز التحديات، يليه بفارق ضئيل التحديات التنظيمية والقانونية، ثم مقاومة التغيير ونقص الكفاءات، مع تقارب واضح بين هذه المحاور الثلاثة، وجميعها تمثل عوامل تحد من سرعة تبني الذكاء الاصطناعي.

5.5 الاستنتاجات

استنادًا إلى نتائج الدراسة، يمكن استخلاص الاستنتاجات الآتية:

- أصبح الذكاء الاصطناعي أحد العوامل الرئيسة في تطوير إدارة مشاريع البنية التحتية، وليس مجرد تقنية مساندة.
- تعتمد كفاءة تطبيق الذكاء الاصطناعي على جودة البيانات أكثر من اعتمادها على نوع الخوارزمية المستخدمة.
- يمثل التكامل بين الذكاء الاصطناعي والخبرة البشرية النموذج الأكثر فاعلية لإدارة المخاطر.

- يحتاج نجاح التحول الرقمي إلى توافر بيئة مؤسسية متكاملة تشمل البيانات، والأنظمة، والكفاءات، والحوكمة .
- لا تزال التشريعات المنظمة لاستخدام الذكاء الاصطناعي بحاجة إلى مزيد من التطوير، خاصة في المشاريع الحكومية .

5.6 التوصيات

أولاً: توصيات للجهات الحكومية

1. إعداد إطار وطني لحوكمة استخدام الذكاء الاصطناعي في مشاريع البنية التحتية .
2. تطوير معايير موحدة لإدارة البيانات الهندسية .
3. تشجيع المؤسسات الحكومية على تطبيق أنظمة الإنذار المبكر المدعومة بالذكاء الاصطناعي .
4. إدراج متطلبات الذكاء الاصطناعي ضمن العقود والمواصفات الفنية للمشاريع المستقبلية .

ثانياً: توصيات للمؤسسات المنفذة والاستشارية

1. إنشاء قواعد بيانات موحدة للمشاريع السابقة .
2. الاستثمار في منصات التحليلات الذكية ولوحات القيادة الرقمية .
3. دمج تطبيقات الذكاء الاصطناعي تدريجياً في عمليات إدارة المخاطر .
4. اعتماد مؤشرات أداء تقيس أثر الذكاء الاصطناعي على جودة التنفيذ وإدارة المخاطر .

ثالثاً: توصيات لمديري المشاريع

1. تعزيز استخدام البيانات في اتخاذ القرار .
2. دمج نتائج التحليلات الذكية مع الخبرة المهنية عند تقييم المخاطر .
3. تطوير مهارات إدارة البيانات والذكاء الاصطناعي .
4. تحديث سجلات المخاطر بصورة مستمرة اعتماداً على مخرجات النماذج التنبؤية .

رابعاً: توصيات للجامعات ومراكز التدريب

1. تطوير برامج دراسات عليا تجمع بين إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي .
2. إدراج مقررات تحليل البيانات والذكاء الاصطناعي ضمن برامج إدارة المشاريع .
3. تنفيذ برامج تدريبية مشتركة بين الجامعات والجهات الحكومية .
4. تشجيع البحوث التطبيقية في مجال الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر .

5.7 إسهامات الدراسة

تتمثل أهم إسهامات الدراسة فيما يلي:

- تقديم نموذج تطبيقي يربط الذكاء الاصطناعي بإدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية .
- توفير نتائج ميدانية من بيئة مشاريع البنية التحتية في دولة الإمارات العربية المتحدة .
- دعم الأدبيات العربية في مجال ما يزال محدوداً من حيث الدراسات التطبيقية .
- تقديم توصيات عملية يمكن أن تستفيد منها الجهات الحكومية والاستشارية وشركات المقاولات .

تحليل SWOT لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية

استناداً إلى نتائج التحليل الوصفي واختبار الفرضيات التي توصلت إليها الدراسة، يمكن تلخيص واقع تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية بدولة الإمارات العربية المتحدة من خلال تحليل SWOT حسب الجدول التالي، الذي يجمع بين نقاط القوة والضعف الداخلية، والفرص والتهديدات الخارجية :

نقاط القوة (Strengths)	نقاط الضعف (Weaknesses)
مستوى وعي مرتفع لدى العاملين بمفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته (متوسط 3.868). أثر إيجابي ذو دلالة إحصائية مؤكد إحصائياً على جميع أبعاد الكفاءة الست (دقة التنبؤ، الوقت، التكلفة، تقليل المخاطر، الجودة، دعم القرار). ثقة عالية بقدرة الذكاء الاصطناعي على دعم اتخاذ القرار، وهو المحور الأعلى تقييماً بين جميع الفرضيات (4.018). عينة الدراسة متنوعة (حكومية وخاصة) ومتمرسه (أكثر من نصف المشاركين لديهم خبرة تتجاوز 5 سنوات).	فجوة واضحة بين الوعي (3.868) والتطبيق الفعلي (3.586)، إذ لا يزال التبني المؤسسي في مرحلة مبكرة إلى متوسطة. ضعف نسبي في اعتماد المؤسسات على أنظمة تحليل البيانات الضخمة لمراقبة الأداء (أدنى عبارة في محور التطبيق الفعلي، 3.515). محدودية حجم العينة (69 مشاركاً) واعتمادها على أسلوب المعاينة القصديرة غير الاحتمالية، مما يحد من قابلية تعميم النتائج.
الفرص (Opportunities)	التحديات (Threats)
دعم رؤية الإمارات للتحويل الرقمي، ووجود توجه حكومي واضح نحو تبني التقنيات الذكية في القطاعات الحيوية. إمكانية دمج الذكاء الاصطناعي التوليدي والنماذج اللغوية الكبيرة مستقبلاً في أنظمة إدارة المخاطر. إمكانية بناء قواعد بيانات مؤسسية موحدة من المشاريع السابقة، نظراً للحجم الكبير للاستثمار في البنية التحتية بالدولة.	التحديات التقنية (جودة البيانات وتكاملها) تمثل أكبر معوق حالياً (متوسط 3.916)، وقد تُبْطِئ وتيرة التبني إن لم تعالج. تحديات أخلاقية وقانونية وتنظيمية قريبة في الحدة من التحديات التقنية (متوسط 3.901)، أبرزها غموض المسؤولية القانونية وحماية البيانات. مقاومة التغيير التنظيمي وتفاوت جاهزية المؤسسات (حكومية مقابل خاصة) قد يعمّق الفجوة بين الوعي والتطبيق.

ويخلص هذا التحليل إلى أن أهم أولوية استراتيجية أمام المؤسسات العاملة في قطاع البنية التحتية هي تحويل نقاط القوة الحالية (الوعي المرتفع والأثر الإيجابي المؤكد إحصائياً) إلى ممارسات تطبيقية فعلية، وذلك من خلال معالجة نقطتي الضعف الرئيسيتين (جودة البيانات ومحدودية التحليلات المتقدمة)، واستثمار الفرص المتاحة في ظل الدعم الحكومي لرؤية التحويل الرقمي، مع إدارة التهديدات التنظيمية والأخلاقية بأطر حوكمة واضحة قبل أن تصبح عائقاً فعلياً أمام التوسع في تبني هذه التقنيات.

5.8 حدود الدراسة

اقتصرت الدراسة على عدد من الحدود التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند تفسير النتائج، وهي:

- الحدود المكانية: مشاريع البنية التحتية في دولة الإمارات العربية المتحدة .
- الحدود البشرية: العاملون في إدارة المشاريع والهندسة والاستشارات .
- الحدود الزمنية: البيانات التي جُمعت خلال عام 2026 .
- الحدود المنهجية: الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي والاستبانة بوصفها أداة رئيسة لجمع البيانات .
- الحدود المتعلقة بحجم العينة: تقتصر الدراسة على عينة قصدية غير احتمالية قوامها (69) مشاركاً، وهو ما قد يحد من إمكانية تعميم النتائج على كامل قطاع مشاريع البنية التحتية دون مزيد من التحقق بعينات أكبر .

5.9 مقترحات للدراسات المستقبلية

يوصي الباحث بإجراء دراسات مستقبلية تتناول:

1. استخدام نماذج التعلم العميق في التنبؤ بمخاطر مشاريع البنية التحتية .
2. مقارنة أثر الذكاء الاصطناعي بين القطاعين الحكومي والخاص .
3. دراسة أثر الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI) في دعم قرارات مديري المشاريع .
4. دراسة العلاقة بين نضج التحول الرقمي ونجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع .
5. تقييم العائد الاقتصادي للاستثمار في الذكاء الاصطناعي في مشاريع البنية التحتية .
6. إجراء دراسات طولية لمتابعة تطور تبني الذكاء الاصطناعي وأثره في أداء المشاريع مع مرور الوقت .

5.10 خاتمة الدراسة

خلصت هذه الدراسة إلى أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تمثل فرصة استراتيجية لتعزيز كفاءة إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية، من خلال تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر، ودعم اتخاذ القرار، وتعزيز الالتزام بالجدول الزمني، والسيطرة على التكاليف، وتحسين جودة المخرجات. وفي المقابل، أوضحت النتائج أن الاستفادة الكاملة من هذه التقنيات تتطلب تهيئة بيئة مؤسسية متكاملة تشمل البيانات عالية الجودة، والكوادر المؤهلة، والبنية الرقمية المناسبة، والأطر التشريعية والتنظيمية الواضحة. وتؤكد نتائج الدراسة أن مستقبل إدارة مشاريع البنية التحتية لن يعتمد على الذكاء الاصطناعي أو الخبرة البشرية كل على حدة، وإنما على التكامل بينهما، بما يحقق إدارة أكثر استباقية للمخاطر ويدعم نجاح المشاريع واستدامتها، وقد أكدت الدراسة على ما يلي:

أولاً: تأكد من خلال هذه الدراسة أن تقنيات الذكاء الاصطناعي لم تعد خياراً تكميلياً، بل أصبحت ضرورة استراتيجية لضمان نجاح مشاريع البنية التحتية في ظل تعقيدات العصر الرقمي.

ثانياً: يتطلب التحول الفعال نحو هذه التقنيات أكثر من مجرد اقتناء برمجيات، بل يحتاج إلى استثمار متوازن في البنية التحتية الرقمية، وتطوير الكفاءات البشرية، وبناء أطر تنظيمية واضحة.

ثالثاً: المستقبل القريب سيشهد تسارعاً في تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع البنية التحتية، خاصة مع ظهور النماذج اللغوية الكبيرة والذكاء الاصطناعي التوليدي، مما سيفتح آفاقاً جديدة في إدارة المخاطر واتخاذ القرار.

رابعاً: توصي هذه الدراسة الجهات المعنية بوضع استراتيجيات وطنية واضحة لدمج الذكاء الاصطناعي في جميع مراحل دورة حياة المشاريع، بدءاً من التخطيط مروراً بالتنفيذ وانتهاءً بالتشغيل والصيانة.

خامساً: تأمل هذه الدراسة أن تكون خطوة علمية وعملية تسهم في رفع كفاءة مشاريع البنية التحتية، وتحقيق أهداف رؤية الإمارات 2050 في التحول الرقمي والاستدامة.

المراجع

مراجع باللغة الإنجليزية:

- 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), 2430-2454.
- Aladağ, H. (2025). Exploring Large Language Model AI tools in construction project risk assessment: ChatGPT limitations in risk identification, mitigation strategies, and user experience. *Journal of Construction Engineering and Management*, 151(9).
- Bilal, M., et al. (2023). Big data analytics for decision-making in smart infrastructure projects.
- Branthonne, D. (2025). How Novade's AI is transforming construction from the ground up. *Building Review Journal*.
- Chen, L., & Zhang, Y. (2022). Deep learning for safety risk prediction in tunnel construction projects. *Automation in Construction*, 135, 104-127.
- El-Gohary, M. (2020). Neural network-based cost risk analysis for early-stage road projects.
- Ivić, I., & Cerić, A. (2026). Intelligent risk identification in construction projects: A case study of an AI-based framework. *Buildings*, 16(2), 409.
- Kanner, J. (2026). Oracle Construction and Engineering Advisor for Safety: A predictive analytics platform. *Construction Briefing*.
- Kerzner, H., & Kerzner, H. R. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Khalilnezhady, F., Teo, P., & Trigunarsyah, B. (2025). Data-driven risk assessment in public-private partnership (PPP) projects: A systematic review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(13), 406-425.

- 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.
- 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), 812-829.
- Ndiulor, T. C., et al. (2025). Generative AI for sustainable project management in the built environment: Trends, challenges, and future directions. *Sustainability*, 17(20).
- Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
- Rossignol, K. (2026). AI-augmented plan review: Practical lessons from the field. *PM World Journal*, 15(1).
- 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).
- Wieringa, K. (2025). Exploring the potential impact of generative artificial intelligence on public infrastructure project management [Master's thesis]. University of Groningen.
- Khan, M. A., & Al-Ali, A. (2024). AI-driven predictive maintenance for smart city infrastructure. *Journal of Urban Technology*, 31(3), 112-134.
- Ministry of Energy and Infrastructure. (2025). UAE infrastructure project management framework.
- Alhosani, K. (2024). Project risk management practices in Abu Dhabi municipalities. *UAE University Journal*, 12(4), 78-95.

الملاحق

ملحق (1): نموذج الاستبيان

Section 1: Demographic and Professional Information

1- Educational Qualification

Diploma

Bachelor's

Master's

Doctorate

Qualification

2- Specialization

Civil Engineering

Project Management

Others

Business Admin

Specialization

3- Years of Experience in Project Management

Less than 5 yrs

5-10

11-20

More than 20 yrs

Years of Experience

4- Current Job Title

Program/Project Director

Project Manager

Site Engineer

Technical Expert/Consultant

Job Title

5- Nature of Your Organization

Government

Semi-Government

Contractor

Engineering Consultancy

Organization Type

6- Type of Infrastructure Projects You Work On

Roads & Bridges

Stormwater Drainage

Irrigation & Landscaping

Other

Project Type

7- Scale of Projects You Oversee (AED Million)

Less than 10M

10–50M

50–200M

More than 200M

Project Scale

After section 1

Section 2 of 5

Section 2: Level of AI Technology Adoption

Part A: Awareness of AI Technologies

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

I understand what Artificial Intelligence (AI) means and its applications in project management

I am familiar with Machine Learning (ML) and how it can be applied to analyze project data

I have knowledge of Artificial Neural Networks (ANNs) and their applications in risk prediction

I can distinguish between traditional risk analysis and AI-based risk analysis methods

I have reviewed studies or reports demonstrating the effectiveness of AI in infrastructure project management

Part B: Actual Implementation Within the Organization

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

My organization uses AI-powered software or systems in project management

My organization's risk management team employs machine learning techniques to analyze risks

My organization relies on big data analytics systems to monitor project performance

My organization uses AI-powered early warning systems to detect and monitor risks

Staff in my organization have been trained on the use of AI tools in project management

My organization maintains a structured database of historical project data usable in AI models

After section 2

Section 3 of 5

Section 3: Impact of AI on Risk Management

Part A: Risk Prediction Accuracy (Hypothesis H1)

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

AI improves the accuracy of identifying potential risks compared to traditional methods

Machine learning models enable the detection of risk patterns that are invisible through manual methods

AI reduces the likelihood of overlooking secondary risks arising from primary risk responses

Artificial Neural Networks enhance the accuracy of predicting cost overruns and schedule deviations

AI systems allow simultaneous analysis of a large number of risk variables

Part B: Time Efficiency and Schedule Adherence (Hypothesis H2)

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

AI helps predict schedule delays before they occur and suggests alternative solutions

AI-powered early warning systems reduce delivery delays in projects

Risk analysis takes less time when AI tools are used

AI enhances rapid response to emerging schedule risks

Using AI in resource scheduling improves adherence to project milestones

Part C: Cost Control and Financial Overrun Reduction (Hypothesis H3)

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

AI contributes to reducing the rate of cost overruns in infrastructure projects

AI-powered financial forecasting models narrow the gap between estimated and actual budgets

Analyzing historical project data through AI enables early detection of cost risks

AI systems provide recommendations to optimize resource allocation and reduce financial waste

AI helps estimate financial risk contingency reserves with greater accuracy

Part D: Reducing the Likelihood of Risk Occurrence (Hypothesis H4)

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

AI systems help reduce the frequency of safety incidents in infrastructure projects

AI reduces risks related to supply chain disruptions

Predictive models help avoid decisions that lead to secondary risks

AI contributes to the early detection of design and field execution risks

AI-powered quality monitoring systems reduce rework and demolition errors

Part E: Improving Project Output Quality (Hypothesis H5)

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

AI contributes to continuous and real-time quality monitoring during project execution

AI systems improve the degree of output conformance with approved specifications and standards

AI reduces defect rates and rework in infrastructure projects

AI tools provide accurate quality reports that support quality assurance decisions

AI enhances the organization's ability to learn from past project errors and improve quality

Part F: Decision-Making Support Efficiency (Hypothesis H6)

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

AI systems provide actionable recommendations that support timely management decisions

Smart dashboards improve the quality of information available to project managers

AI reduces reliance on personal judgment in risk-related decision-making

AI systems facilitate future scenario simulations and evaluation of decision alternatives

AI reports enhance transparency and accountability in project management

After section 3

Section 4 of 5

Section 4: Challenges in Applying AI to Risk Management

Part A: Technical Challenges

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

Poor data quality and incompleteness is a barrier to implementing AI models

Integration difficulties with legacy systems hinder AI application deployment

The high cost of required computing infrastructure is an obstacle to adoption

The absence of a unified and standardized data architecture within the organization impedes AI implementation

Difficulty in integrating multiple heterogeneous data sources limits the effectiveness of AI models

Part B: Human and Organizational Challenges

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

Employee resistance to change and fear of being replaced by technology hinders AI adoption

The skills gap in combining project management expertise with data science is a real challenge

The high cost of organizational training and development is a barrier to adoption

The absence of a clear digital transformation strategy at the organizational level impedes AI implementation

Senior management interference in adjusting valid risk assessments hinders objective use of AI outputs.

Part C: Ethical, Legal, and Regulatory Challenges

Strongly Agree

Agree

Neutral

Disagree

Strongly Disagree

Ambiguity regarding legal accountability for decisions based on AI recommendations raises legitimate concerns

The potential for bias in historical data threatens the objectivity of AI model outputs

Data privacy and protection requirements complicate the adoption of AI systems

The absence of clear regulations and standards for AI use in government projects undermines trust

The limited interpretability of some AI models (Black Box) reduces acceptance of their outputs by decision-makers

After section 4

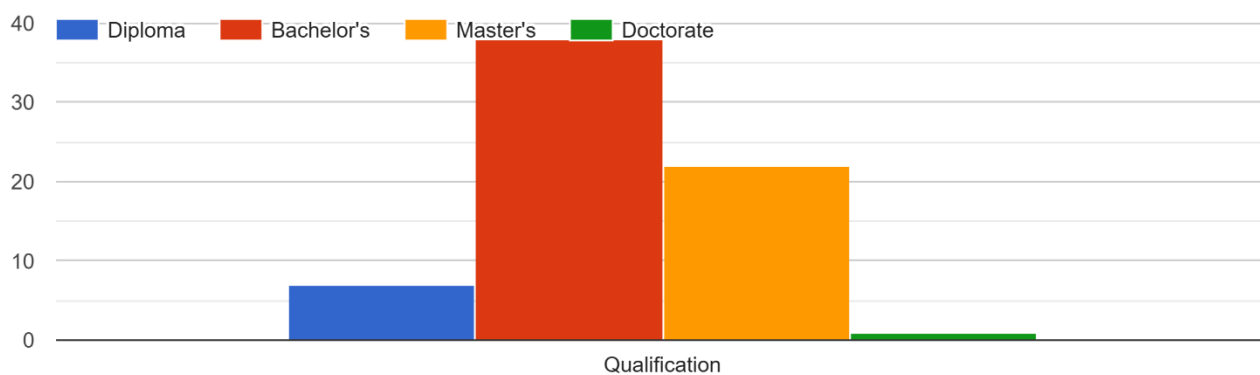
Section 5 of 5

Section 5: Open-Ended Questions

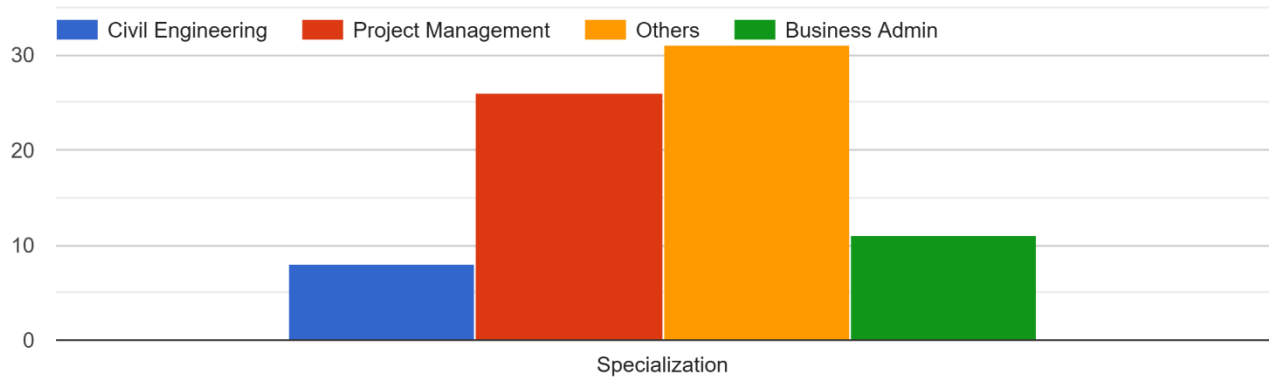
1. Do you believe that applying AI in infrastructure project risk management in the UAE faces challenges specific to the local context? Please elaborate.
2. In your opinion, what are the most important measures to be taken to enhance AI adoption in infrastructure project risk management at the organizational level?
3. Do you have any practical experience using AI-powered tools or platforms in project management? If so, please describe the most notable positive or negative outcomes you observed.

ملحق (2): تحليل نتائج الاستبيان

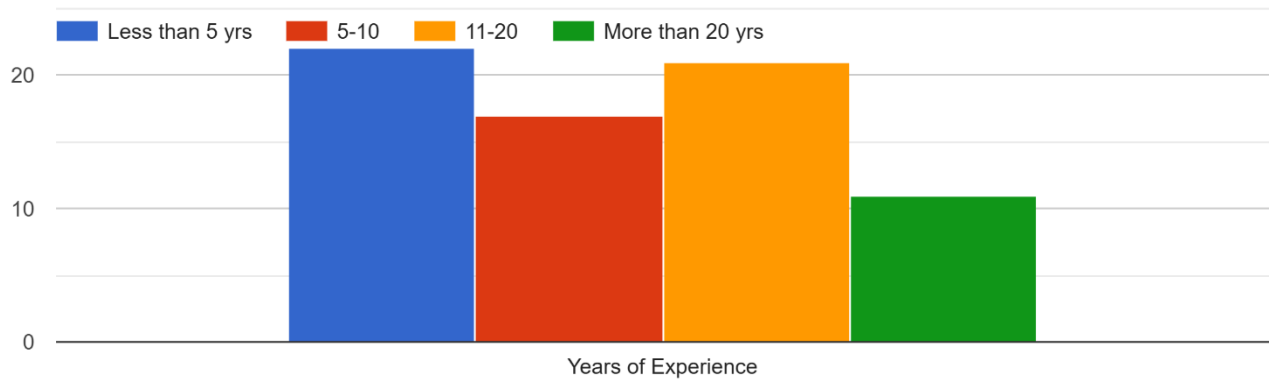
Section 1: Demographic and Professional Information 1- Educational Qualification



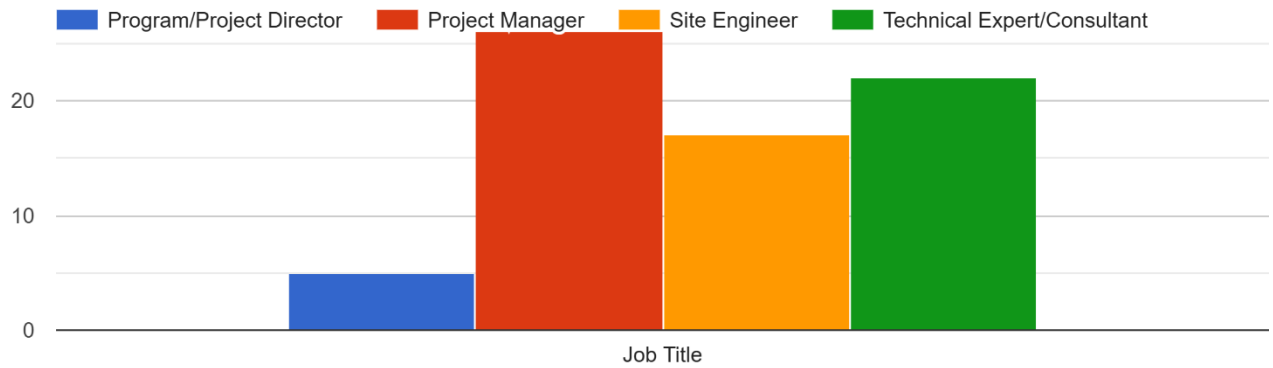
2- Specialization



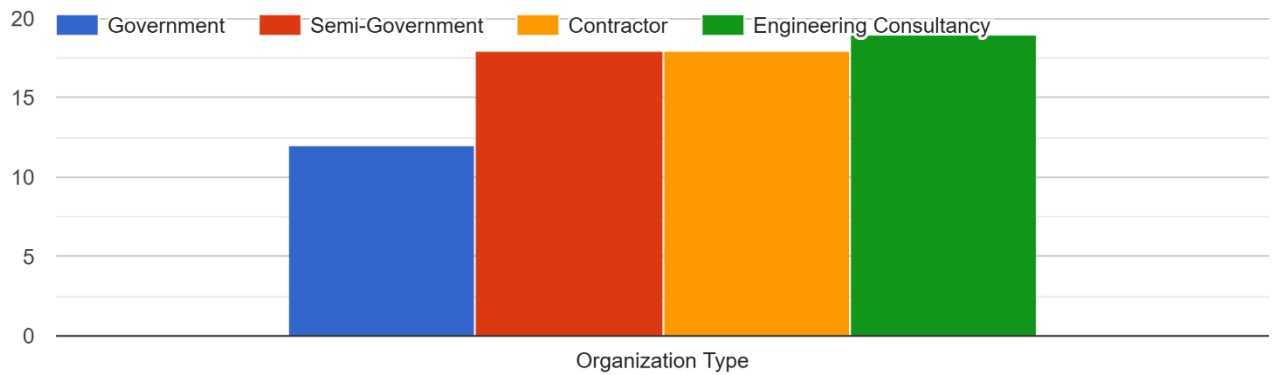
3- Years of Experience in Project Management



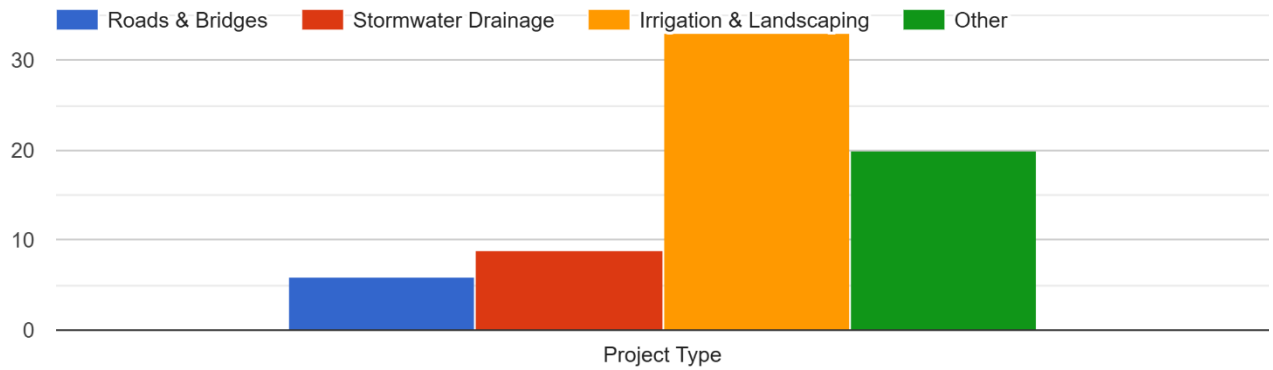
4- Current Job Title



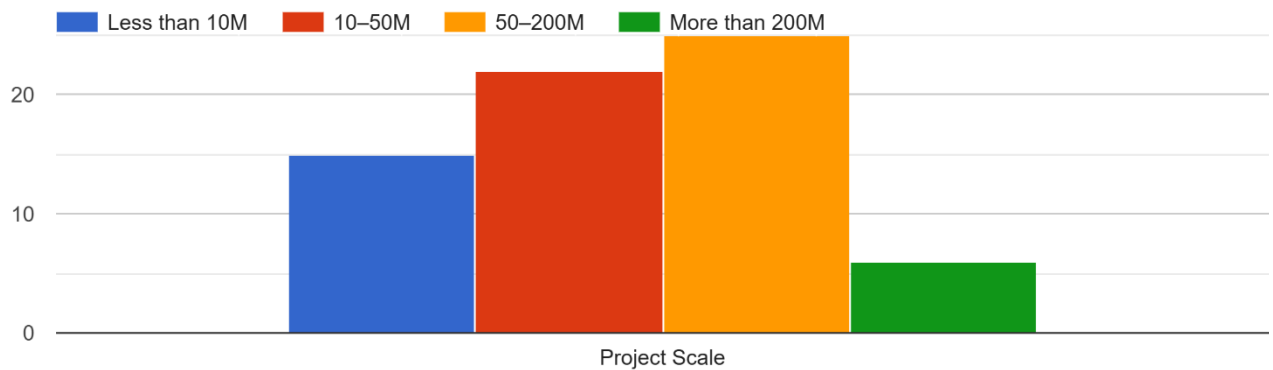
5- Nature of Your Organization



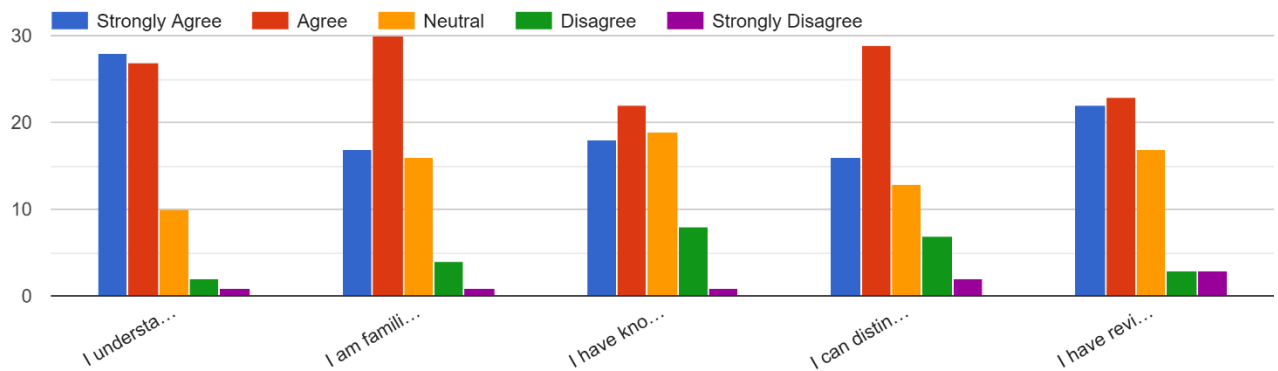
6- Type of Infrastructure Projects You Work On



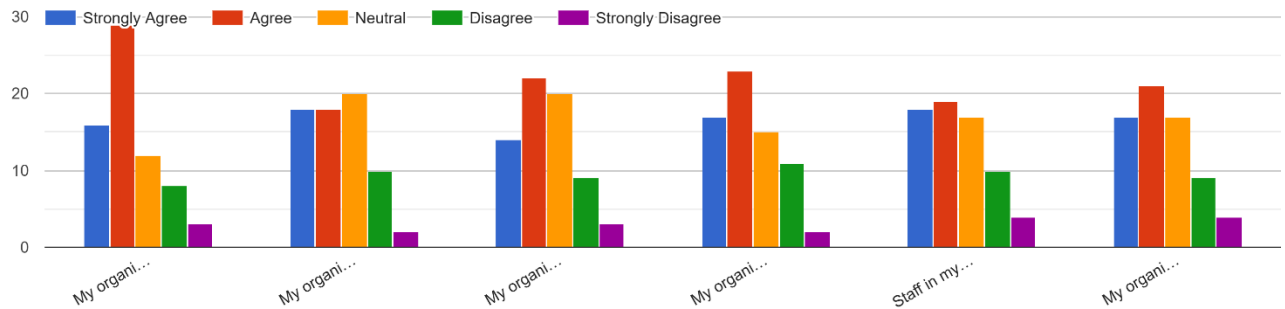
7- Scale of Projects You Oversee (AED Million)



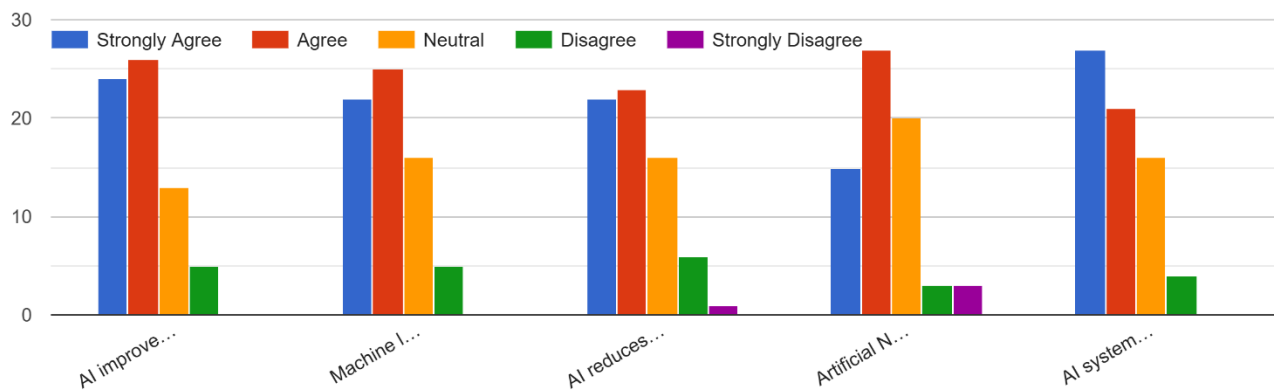
Part A: Awareness of AI Technologies



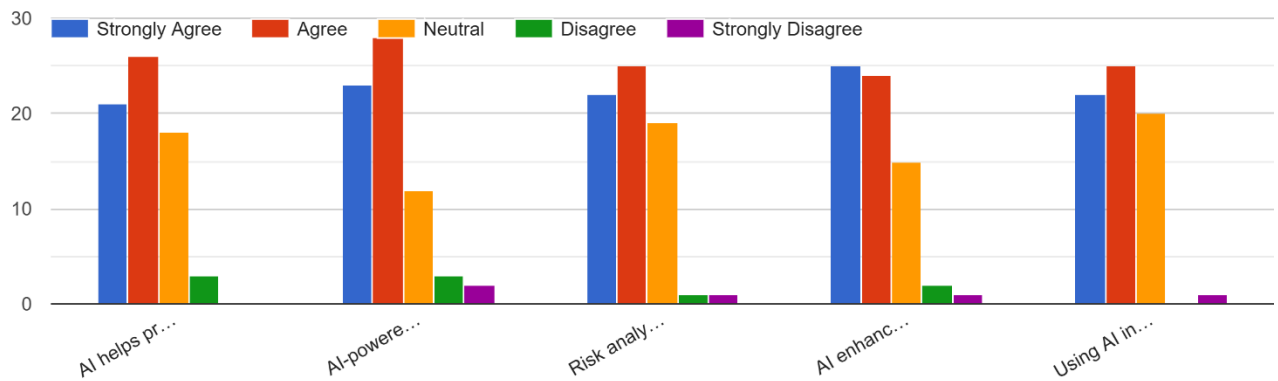
Part B: Actual Implementation Within the Organization



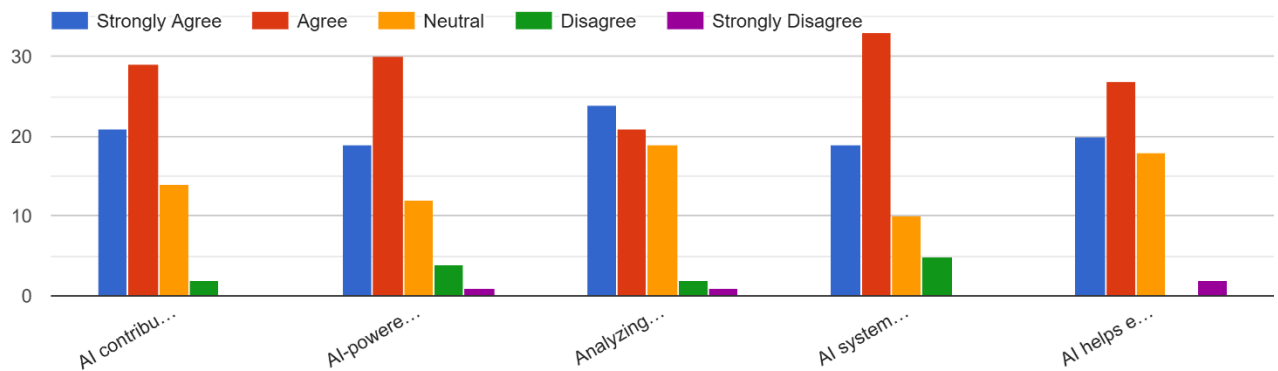
Part A: Risk Prediction Accuracy (Hypothesis H1)



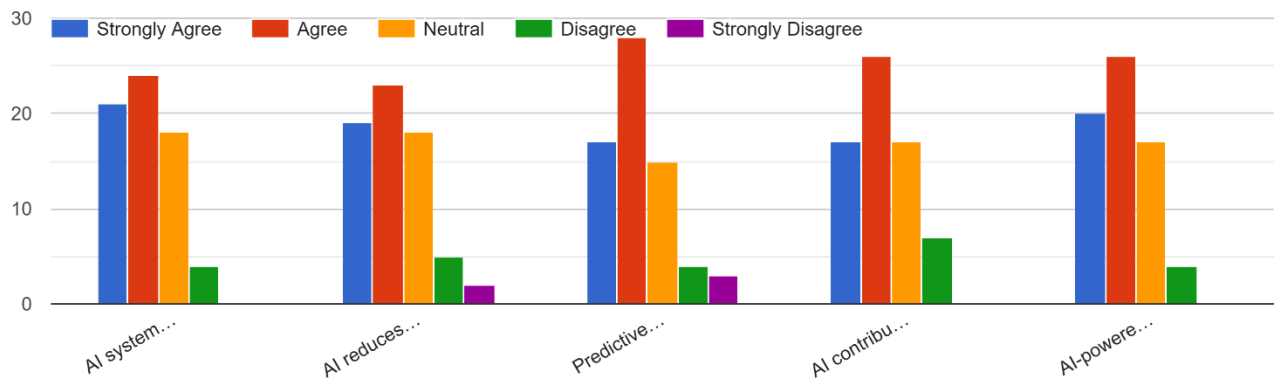
Part B: Time Efficiency and Schedule Adherence (Hypothesis H2)



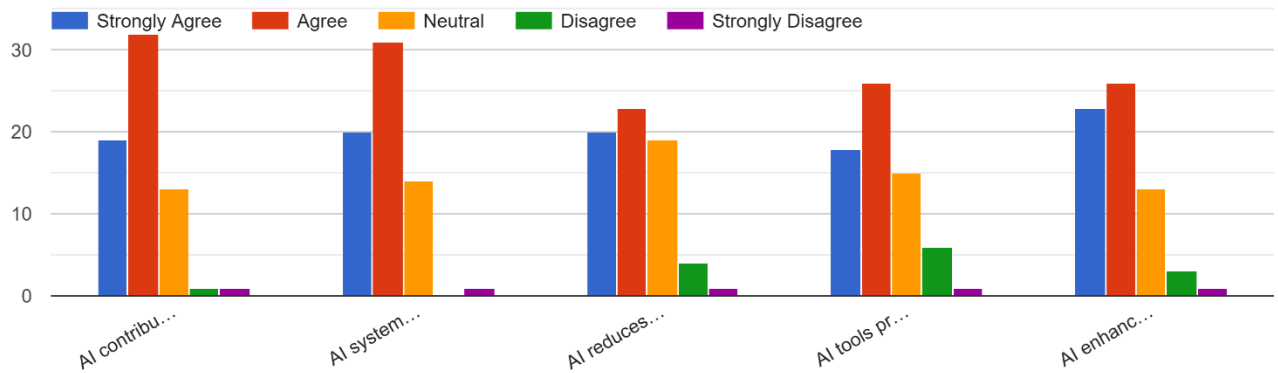
Part C: Cost Control and Financial Overrun Reduction (Hypothesis H3)



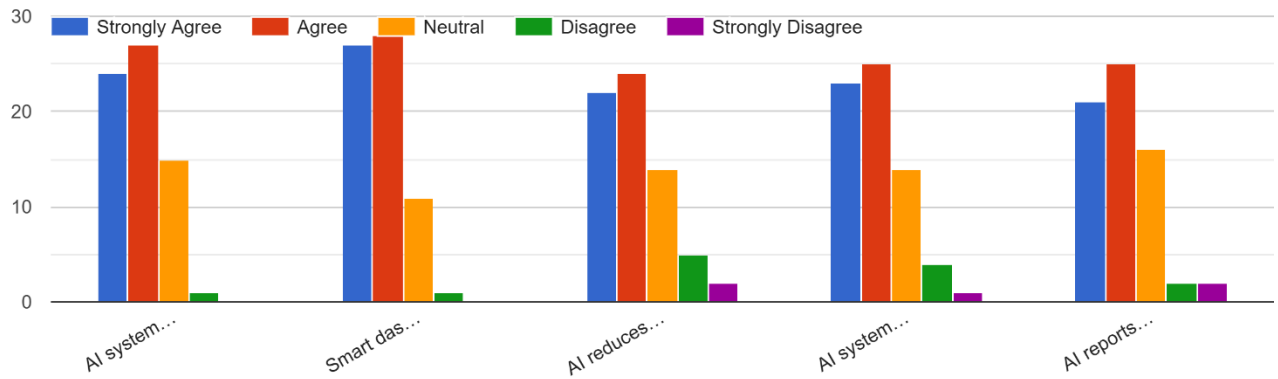
Part D: Reducing the Likelihood of Risk Occurrence (Hypothesis H4)



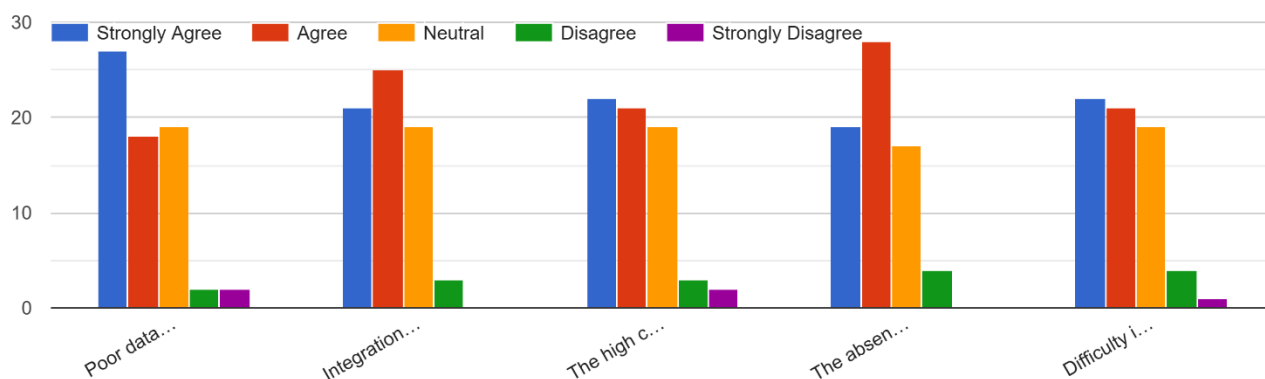
Part E: Improving Project Output Quality (Hypothesis H5)



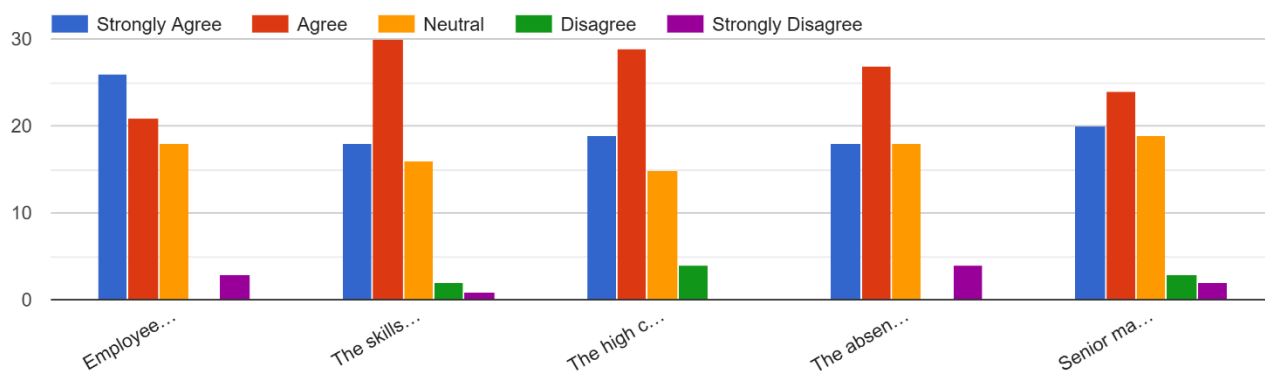
Part F: Decision-Making Support Efficiency (Hypothesis H6)



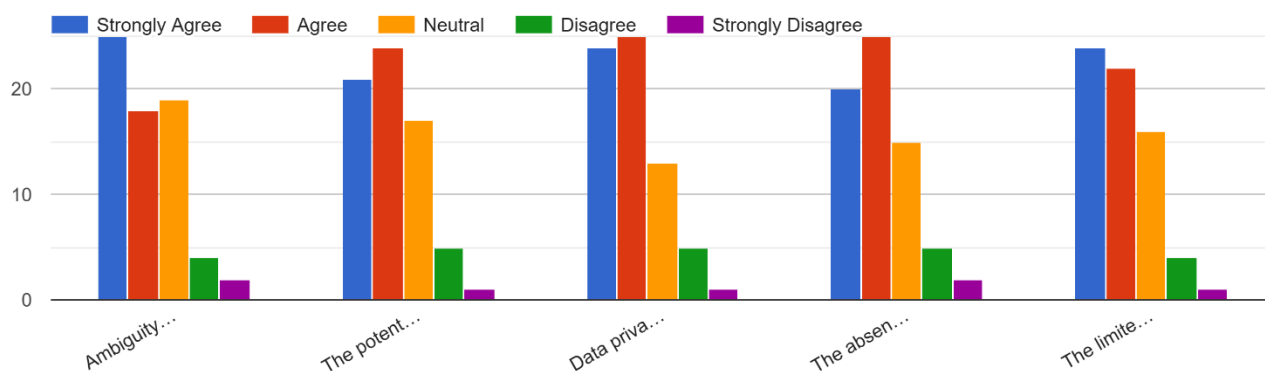
Part A: Technical Challenges



Part B: Human and Organizational Challenges



Part C: Ethical, Legal, and Regulatory Challenges



إعداد:

المهندس/ شادي مصطفى عبدالعزيز السيد يوسف