

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / تخصص إدارة المشاريع



أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية: دراسة تطبيقية على وزارة
البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/

نايف سعيد أحمد الأحمري

الرقم الجامعي: 253000086

إشراف/

د. الفيصّل عبد الحميد محمد حسن

د. فايز جرّاد

العام الدراسي: 2026

4	المستخلص والـ Abstract
5	Abstract
6	الفصل الأول
7	مقدمة
9	مشكلة الدراسة
11	أهداف الدراسة
12	أسئلة الدراسة
13	فروض الدراسة
14	أهمية الدراسة
16	الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة
19	المبحث الثاني: أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية
21	المبحث الثالث: الدراسات السابقة
26	المبحث الرابع: الفجوة البحثية
27	المبحث الخامس: المنطلقات النظرية للدراسة
30	المبحث السادس: كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية
33	المبحث السابع: العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع الإنشائية
36	المبحث الثامن: النماذج النظرية المعتمدة في الدراسة
39	المبحث التاسع: الإطار المفاهيمي للدراسة وفرضياتها
40	الإطار المفاهيمي للدراسة
48	المبحث العاشر: الفجوة البحثية وما تُضيفه الدراسة الحالية
50	الفصل الثالث
50	منهجية الدراسة
51	3.1 منهج الدراسة
52	3.2 مجتمع الدراسة وعينتها
53	3.3 أداة الدراسة
54	3.5 حدود الدراسة
63	الفصل الرابع
63	النتائج والتوصيات
64	مقدمة الفصل الرابع
65	تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية
73	المراجع

فهرس الاشكال

- شكل (1): مراحل تصميم الدراسة 55
- شكل (2): الإطار المفاهيمي للدراسة 56

فهرس الجداول

- جدول (1): الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل بيانات الدراسة 57
- جدول (2): توزيع مجتمع الدراسة وعينتها حسب القطاع والمسمى الوظيفي 58
- جدول (3): توزيع الاستبانات الموزعة والمستردة والصالحة حسب المنطقة الجغرافية 59
- جدول (4): هيكل أداة الدراسة وتوزيع عباراتها 60
- جدول (5): مقياس ليكر الخماسي ومعايير التفسير 60
- جدول (6): معاملات ألفا كرو نباخ لأبعاد أداة الدراسة 61
- جدول (7): ملخص حدود الدراسة 62

المستخلص وال Abstract

المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي — عبر أربعة أبعاد (تحليلات البيانات الضخمة والتنبؤ، أتمتة العمليات الذكية، دعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية) — على تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية. اعتمدت الدراسة نهجا وصفيا-تحليليا، وتم استطلاع عينة عشوائية طبقية من 265 مشاركا. أشارت النتائج إلى تأثير إيجابي ذي دلالة إحصائية لتقنيات الذكاء الاصطناعي عبر جميع الأبعاد الأربعة على كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية ($p < 0.001$). فسرت هذه التقنيات مجتمعة 62.1% من التباين في كفاءة الإدارة ($R^2 = 0.621$). برز دعم اتخاذ القرار الذكي كأكثر الأبعاد تأثيرا ($\beta = 0.312$)، تليه تحليلات البيانات الضخمة ($\beta = 0.274$)، وإدارة المخاطر الاستباقية ($\beta = 0.241$)، وأتمتة العمليات الذكية ($\beta = 0.198$). توصي الدراسة بإطلاق برامج متخصصة لتطوير القوى العاملة، وإنشاء منصة مركزية لبيانات المشاريع، وصياغة استراتيجية للتحويل الرقمي المؤسسي.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، كفاءة إدارة المشاريع، مشاريع الإنشاءات، وزارة البيئة والمياه والزراعة، رؤية 2030.

Abstract

This study aimed to examine the effect of artificial intelligence (AI) technologies — across four dimensions (big data analytics and prediction, intelligent process automation, smart decision-making support, and proactive risk management) — on improving construction project management efficiency at the Ministry of Environment, Water and Agriculture in Saudi Arabia. The study adopted a descriptive-analytical approach, and a stratified random sample of 265 respondents was surveyed. Results indicated a statistically significant positive effect of AI technologies across all four dimensions on construction project management efficiency ($p < 0.001$). Collectively, these technologies explained 62.1% of the variance in managerial efficiency ($R^2 = 0.621$). Smart decision-making support emerged as the most influential dimension ($\beta = 0.312$), followed by big data analytics ($\beta = 0.274$), proactive risk management ($\beta = 0.241$), and intelligent process automation ($\beta = 0.198$). The study recommends launching specialized workforce development programs, establishing a centralized project data platform, and formulating an institutional digital transformation strategy.

Keywords: Artificial Intelligence, Project Management Efficiency, Construction Projects, Ministry of Environment Water and Agriculture, Vision 2030.

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

مقدمة

يشهد العالم المعاصر تحولات جذرية في أساليب إدارة المشاريع وتنفيذها، مدفوعة بالتطور المتسارع في تقنيات الذكاء الاصطناعي التي باتت تُعيد تشكيل المفاهيم الإدارية التقليدية وتفرض نماذج تشغيلية أكثر ذكاءً ومرونة. وقد أصبح الذكاء الاصطناعي محورياً استراتيجياً في السياسات التنموية للدول المتقدمة والناشئة على حدٍ سواء، حيث تتسابق الحكومات والمؤسسات نحو توظيف قدراته في تحسين الأداء المؤسسي ورفع كفاءة تخصيص الموارد وتعزيز القدرة التنافسية، ولا سيّما في القطاعات الحيوية التي تتطلب إدارة كميات هائلة من البيانات واتخاذ قراراتٍ معقدة في بيئات تتسم بعدم اليقين (Haque & Fahad, 2025).

وتتعدد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة المشاريع لتشمل تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ بمسارات التنفيذ، إذ تُتيح خوارزميات التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية معالجة أحجام غير مسبوقة من البيانات التشغيلية والمالية واستخلاص أنماط دقيقة تُعين مديري المشاريع على استشراف السيناريوهات المستقبلية وتحديد الانحرافات المحتملة قبل وقوعها، فضلاً عن أتمتة العمليات الروتينية التي تستنزف الوقت والجهد البشري وتحويلها إلى إجراءات ذكية ذاتية التشغيل تُحرّر الكوادر البشرية للتركيز على المهام الاستراتيجية ذات القيمة المضافة الأعلى (Hossain et al., 2024).

كما يُسهم الذكاء الاصطناعي في تطوير منظومات دعم اتخاذ القرار الذكي القائمة على نمذجة المعطيات وتحليل البدائل آنياً، إلى جانب تمكين المؤسسات من تبني مقاربات استباقية في إدارة المخاطر تركز على الرصد المستمر والإنذار المبكر بدلاً من الأساليب التفاعلية التقليدية، وهو ما يُحدث تحولاً

نوعياً في قدرة المشاريع على التكيف مع المتغيرات الطارئة والحد من أثارها السلبية (Jurina & Kapulica, 2024).

وتُعدُّ كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية من المفاهيم الجوهرية التي استأثرت باهتمام واسع في الأدبيات الأكاديمية المتخصصة، إذ تعكس هذه الكفاءة قدرة الجهات المنفّذة على إنجاز المشاريع الإنشائية وفق الأطر الزمنية المحددة والتكاليف المرصودة ومعايير الجودة المعتمدة، فضلاً عن تعظيم الاستفادة من الموارد البشرية والمادية والفنية المتوفرة وضمان تلبية تطلعات أصحاب المصلحة. ولا يخفى أنَّ هذه الكفاءة تخضع لتأثير مجموعة من المحددات المتداخلة التي تشمل إحكام عمليات التخطيط ومتانة آليات الرقابة والمتابعة ودقة تقييم المخاطر المحتملة وجودة منظومة الاتصالات بين الأطراف المعنية، وتتعاظم حدة هذا التداخل في المشاريع الإنشائية الضخمة التي تتسم بتشعب مكوناتها الهندسية وتعدد الجهات الفاعلة فيها من مقاولين ومكاتب استشارية وموردين وهيئات رقابية (المعادات وأبو زيد، 2021).

وتتجلى الصلة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع الإنشائية باعتبارها صلة تكاملية، حيث تُتيح هذه التقنيات أدوات تحليلية وتشغيلية متقدمة قادرة على تجاوز الثغرات والإشكاليات الكامنة في الأساليب الإدارية التقليدية السائدة في صناعة التشييد، كما تفتح أمام المؤسسات آفاقاً للتحول من منهجية الإدارة القائمة على ردِّ الفعل إلى منهجية إدارة استشرافية تركز على استثمار البيانات وتوظيف القدرات التنبؤية للأنظمة الذكية (Gupta, 2025).

وتأسيساً على ما تقدّم، تسعى هذه الدراسة إلى فحص العلاقة والإسهام التفسيري لتقنيات الذكاء الاصطناعي بمحاورها الأربعة المتمثلة في تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، والأتمتة الذكية للعمليات، والإسناد الذكي لعملية صنع القرار، والإدارة الاستباقية للمخاطر على مستوى كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية، وذلك بهدف تقديم رؤى عملية

تدعم جهود التحوّل الرقمي في قطاع الإنشاءات انسجماً مع التوجهات الاستراتيجية لرؤية المملكة 2030.

مشكلة الدراسة

تُمثّل المشاريع الإنشائية العمود الفقري الذي تركز عليه مساعي التنمية الشاملة في أيّ دولة، إذ تُجسّد المحرّك الرئيسي لعمليات التحديث والتطوير في قطاعات المياه والبيئة والزراعة والنقل والطاقة، وتستأثر بحصة ضخمة من الإنفاق الحكومي المخصّص لبلوغ غايات التنمية المستدامة. وقد منحت رؤية 2030 عنايةً استثنائيةً للمشاريع الإنشائية بوصفها ركيزةً استراتيجيةً لإنجاز التحوّل الاقتصادي والاجتماعي المأمول، حيث خُصّصت مليارات الريالات لتشديد مشاريع عملاقة تشمل محطات معالجة المياه وشبكات الصرف الصحي والسدود ومنظومات الري والمحميات البيئية ومنشآت الاستزراع والأمن الغذائي، وهي قطاعات تندرج في صلب اختصاصات وزارة البيئة والمياه والزراعة التي تضطلع بتنفيذ عدد كبير من المشاريع الإنشائية التنموية الموزعة على مختلف مناطق المملكة.

إلا أنّ المشهد الإداري للمشاريع الإنشائية على الصعيدين الدولي والمحلي يُفصح عن إشكاليات هيكلية متجذّرة تنعكس سلباً على كفاءة التنفيذ وجودة المخرجات؛ فالشواهد البحثية العالمية تُشير إلى أنّ نسباً مرتفعة من المشاريع الإنشائية الكبرى تتخطّى سقوفها المالية المقرّرة ومُهلها الزمنية المرسومة، وأنّ الهدر في الموارد يبقى عند مستويات مقلقة جراء محدودية القدرة على استشراف المخاطر وهشاشة آليات صنع القرار وافتقار المنظومة الإدارية إلى أدوات الرصد والتحليل المبكر. وتتفاقم وطأة هذه الإشكاليات في المشاريع الإنشائية ذات الطابع البيئي والزراعي والمائي التي تتميّز بتعدد أطرافها الفاعلة وتشابك متغيّراتها المناخية والجيوغرافية والتشغيلية، الأمر الذي يجعل المنهجيات التقليدية في التخطيط والتنفيذ والمتابعة قاصرةً عن مجاراة التعقيد المتصاعد لهذه المشاريع ومتطلباتها المتبدّلة.

وفي هذا الإطار، يُشكّل الذكاء الاصطناعي بمنظومته التقنية المتطوّرة — من تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، والأتمتة الذكية للعمليات الإنشائية، والإسناد الذكي لصنع القرار، والإدارة الاستباقية للمخاطر — تحولاً جذرياً في فلسفة إدارة المشاريع الإنشائية المعاصرة. وقد أشارت تجارب دولية متعددة إلى إمكانية تخفيض التجاوزات في الكلفة والمدة بنسب ملموسة، إلى جانب الارتقاء بدقة التوقعات وتسريع التعامل مع المستجدات الطارئة في مواقع العمل الإنشائية. وقد استوعبت المملكة العربية السعودية هذا التحول في وقتٍ مبكرٍ عبر تأسيس الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) وإطلاق الاستراتيجية الوطنية للبيانات والذكاء الاصطناعي، كما أطلقت وزارة البيئة والمياه والزراعة خدمة "نماء الذكاء الاصطناعي Namaa AI" ومنصات التحليل الذكي للواردات الزراعية.

ولم يُرصد — ضمن المصادر التي تمت مراجعتها — بحث ميداني مباشر يتناول الإسهام التفسيري لتقنيات الذكاء الاصطناعي بمحاورها المختلفة في الارتقاء بكفاءة إدارة المشاريع الإنشائية داخل الوزارة. ويلاحظ أنّ الإنتاج البحثي العربي والمحلي يشهد نقصاً في الدراسات الميدانية التي تربط بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الإنشائية في القطاع الحكومي السعودي على وجه التحديد، في حين انصبّ تركيز معظم الدراسات السابقة — كدراسة إبراهيم وآخرين (2024) وعبد الفتاح وأبو قلة (2024) والعمران والحياري (2021) — على قطاعات الصحة والنفط والهندسة المدنية ضمن سياقات جغرافية مختلفة، دون أن تتناول الخصائص التنظيمية والتشغيلية المميّزة للمشاريع الإنشائية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

وعليه، تتبلور مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيسي التالي: ما أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية) في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية؟

أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى فحص العلاقة والإسهام التفسيري لتقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة (تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية) في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية. ويتفرع من هذا الهدف الرئيسي الأهداف الفرعية التالية:

دراسة أثر تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

دراسة أثر أتمتة العمليات الذكية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

دراسة أثر دعم اتخاذ القرار الذكي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

دراسة أثر إدارة المخاطر الاستباقية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

تقديم توصيات عملية قابلة للتنفيذ تُسهم في تعزيز توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية بوزارة البيئة والمياه والزراعة، بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 والاستراتيجية الوطنية للبيانات والذكاء الاصطناعي.

أسئلة الدراسة

السؤال الرئيسي:

ما أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة (تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية) في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية؟

الأسئلة الفرعية:

ما واقع استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية بوزارة البيئة والمياه والزراعة من وجهة نظر العاملين؟

ما أثر تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية؟

ما أثر أتمتة العمليات الذكية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية؟

ما أثر دعم اتخاذ القرار الذكي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية؟

ما أثر إدارة المخاطر الاستباقية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية؟

فروض الدراسة

الفرضية الرئيسية:

H₀: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة (تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية) في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية. ويُرفض هذا الفرض عندما تكون قيمة $p < 0.05$.

الفرضيات الفرعية:

H₁: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لتحليل البيانات الضخمة والتنبؤ في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية.

H₂: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لأتمتة العمليات الذكية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية.

H₃: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لدعم اتخاذ القرار الذكي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية.

H₄: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لإدارة المخاطر الاستباقية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية.

أهمية الدراسة

أولاً: الأهمية العلمية (النظرية)

تسعى هذه الدراسة إلى الإسهام في إثراء المكتبة العربية والأدب النظري المتعلق بتقنيات الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع الإنشائية، وهو مجال لا يزال يعاني من محدودية الدراسات العربية المتخصصة التي تربط بين هذين المتغيرين في السياق الحكومي. كما تقدم الدراسة إطاراً نظرياً يوضح العلاقة بين أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع، مما يمكن أن يُشكّل أساساً يستند إليه الباحثون في دراسات مستقبلية على قطاعات حكومية أخرى. وتتناول الدراسة تطبيق هذه التقنيات في بيئة حكومية سعودية متخصصة، مما يوفر سياقاً بحثياً يختلف عن الدراسات السابقة التي ركزت في معظمها على القطاع الخاص أو البيئات الغربية، مع الإشارة إلى أن نتائجها محدودة بعينها المقطعية ولا تقبل التعميم المباشر خارج نطاق الوزارة. ويُتوقع أن تفتح الدراسة آفاقاً بحثية جديدة لاستكشاف أبعاد إضافية لتأثيرات الذكاء الاصطناعي على جوانب أخرى من إدارة المشاريع كإدارة الجودة والتكلفة والوقت.

ثانياً: الأهمية العملية (التطبيقية)

تأتي هذه الدراسة في توقيت يتزامن مع التوجه الاستراتيجي للمملكة العربية السعودية نحو التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي ضمن رؤية 2030، مما يجعل نتائجها ذات قيمة تطبيقية لصانعي القرار في الوزارة. وتُقدّم الدراسة توصيات عملية يمكن أن تستفيد منها وزارة البيئة والمياه والزراعة في تحسين آليات إدارة مشاريعها الإنشائية الخاصة بشبكات المياه والري والسدود ومحطات المعالجة والمشاريع الزراعية الكبرى، وهي مشاريع ذات أبعاد حيوية ترتبط بالأمن المائي والغذائي للمملكة. كما تُعين نتائج الدراسة قيادات الوزارة ومديري المشاريع في التعرف على أكثر أبعاد الذكاء الاصطناعي إسهاماً في تحسين كفاءة الإدارة، مما يُمكنهم من

تحديد أولويات الاستثمار في التقنيات الأكثر جدوى. ويمكن أن تُفيد نتائج الدراسة الجهات الحكومية السعودية الأخرى في الاستئناس بتجربة الوزارة في توظيف الذكاء الاصطناعي، لا سيما في ضوء توجه الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) نحو تأسيس مركز التميز للذكاء الاصطناعي في البيئة والمياه والزراعة.

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

المبحث الأول: الذكاء الاصطناعي — المفهوم والتطور والأبعاد

2.1 مفهوم الذكاء الاصطناعي

يُعدّ الذكاء الاصطناعي من أكثر المفاهيم التقنية والمعرفية تداولاً في الأدبيات المعاصرة، وعلى الرغم من تنوع التعريفات التي أُطلقت عليه، إلا أنها تلتقي جميعها عند جوهر واحد يتمثل في محاكاة الأنظمة الحاسوبية للقدرات العقلية البشرية في التعلم والاستنتاج واتخاذ القرار. وقد أرسى تورينغ في مطلع خمسينيات القرن الماضي الأساس المفاهيمي لهذا الحقل حين طرح تصوّره للذكاء الحاسوبي، ثم توطّد هذا الحقل بوصفه علماً مستقلاً منذ مؤتمر دارتموث عام 1956 (Russell & Norvig, 2016).

وفي إطار إدارة المنظمات والمشاريع، يُنظر إلى الذكاء الاصطناعي بوصفه منظومة متكاملة من الخوارزميات والنماذج الحاسوبية القادرة على معالجة البيانات الضخمة واستخلاص الأنماط الكامنة فيها لتوليد قرارات أو توصيات ذكية تُعين المنظمات على تحقيق أهدافها التشغيلية والاستراتيجية بكفاءة أعلى مما تُتيحها الأساليب التقليدية (Haque & Fahad, 2025). ويتّسق هذا مع ما أكده Hossain et al (2024) من أن الذكاء الاصطناعي في سياق المشاريع لا يقتصر على أتمتة المهام الروتينية، بل يمتد ليشمل بناء قدرة مؤسسية استشرافية تُمكن من التنبؤ بالمشكلات قبل وقوعها والتكيّف معها بصورة استباقية.

أما على الصعيد التشريعي والمؤسسي، فقد عرّفت الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) في وثيقة الاستراتيجية الوطنية للبيانات والذكاء الاصطناعي الذكاء الاصطناعي بأنه الأنظمة والبرامج القادرة على أداء مهام تتطلب عادةً ذكاءً بشرياً، وتشمل التعلّم والاستنتاج والتخطيط ومعالجة اللغة الطبيعية والإدراك الحسي وحل المشكلات المعقدة. ويكتسب هذا التعريف أهمية بالغة

في سياق الدراسة الحالية كونه يُجسّد التوجه الرسمي للمملكة العربية السعودية في استيعاب هذه التقنية وتأطيرها ضمن منظومة التحول الرقمي.

2.2 التطور التاريخي للذكاء الاصطناعي

يمتد تاريخ الذكاء الاصطناعي عبر مراحل متعاقبة تعكس التطور المتسارع في فهم إمكانيات الحوسبة وحدودها، وتُحدّد أغلب المراجع المتخصصة خمس مراحل رئيسية في مسيرة هذا العلم (Russell & Norvig, 2016؛ Hossain et al., 2024):

تمثّلت المرحلة التأسيسية (1950-1969) في الأعمال الرائدة لآلان تورينغ الذي أرسى مفهوم الذكاء الحاسوبي، تبعه مؤتمر دارتموث عام 1956 الذي أسّس رسمياً لمجال الذكاء الاصطناعي بوصفه حقلاً علمياً مستقلاً، وشهدت هذه الحقبة ظهور أولى برامج الألعاب الذكية ومحاكيات حل المسائل المنطقية. وفي مرحلة الأنظمة الخبيرة (1970-1989) برز توظيف قواعد المعرفة المُرمّجة لمحاكاة خبرة المتخصصين في مجالات كالطب والهندسة، مما أتاح للحواسيب إصدار توصيات تشخيصية وقرارية لأول مرة.

ثم جاءت مرحلة التعلم الآلي (1990-2009) لتُحوّل المنهجية من البرمجة الصريحة إلى التعلم الذاتي من البيانات، وشهدت ظهور خوارزميات الشبكات العصبية الاصطناعية وآلات المتجهات الداعمة، مما فتح آفاقاً جديدة في التعرف على الأنماط وتصنيف البيانات.

وأحدثت مرحلة الانفجار المعلوماتي والتعلم العميق (2010-2019) ثورة حقيقية بفضل توافر البيانات الضخمة وتنامي قدرات المعالجة الحاسوبية، إذ برزت نماذج التعلم العميق المعتمدة على الشبكات العصبية متعددة الطبقات وأثبتت تفوقاً في مجالات رؤية الحاسوب ومعالجة اللغة الطبيعية.

أما المرحلة الخامسة (2020-الآن) فتتجلى في الانتشار الواسع للنماذج اللغوية الكبيرة والذكاء الاصطناعي التوليدي، حيث باتت هذه التقنيات مدمجة في صميم العمليات التشغيلية للمؤسسات الحكومية والخاصة على نطاق غير مسبوق (Gupta, 2025).

2.3 تصنيفات الذكاء الاصطناعي

تتعدد طرق تصنيف الذكاء الاصطناعي بحسب الزاوية التي يُنظر منها إليه. فمن حيث مستوى الذكاء، يُميز الباحثون بين ثلاثة مستويات: الذكاء الاصطناعي الضيق الذي يتخصص في مهمة بعينها، والذكاء الاصطناعي العام الذي يُحاكي الذكاء البشري الشامل، والذكاء الاصطناعي الخارق الذي يتجاوز القدرات البشرية في جميع المجالات. ولا يزال الغالبية العظمى من التطبيقات المتاحة اليوم تندرج ضمن الفئة الأولى (Jurina & Kapulica, 2024).

أما من حيث التقنيات والأساليب المُستخدمة ذات الصلة بإدارة المشاريع الإنشائية، فتشمل المنظومة الأساسية المكوّنات الآتية (Hossain et al., 2024؛ Gupta, 2025):

يُمثّل التعلم الآلي الركيزة التقنية الأساسية في معظم تطبيقات الذكاء الاصطناعي المعاصرة، ويقوم على تصميم خوارزميات قادرة على اكتساب المعرفة من البيانات وتحسين أدائها ذاتياً، ويجد تطبيقاً مباشراً في تقدير تكاليف المشاريع الإنشائية والتنبؤ بمواعيد إتمامها ورصد انحرافاتها.

ويُمثّل التعلم العميق الجيل المتقدم من التعلم الآلي، إذ يعتمد على شبكات عصبية اصطناعية متعددة الطبقات، ويتفوق في معالجة البيانات غير المنظمة كالصور والنصوص، مما يجعله مناسباً لتطبيقات مراقبة مواقع البناء واكتشاف العيوب الإنشائية آلياً.

وتُمكن معالجة اللغة الطبيعية الأنظمة من فهم اللغة البشرية المكتوبة والمنطوقة، مما يُتيح تحليل وثائق العقود الإنشائية والتقارير التقنية واستخراج المعلومات الجوهرية منها آلياً.

وتُتيح رؤية الحاسوب للأنظمة تحليل المحتوى البصري، وتجد تطبيقاتها الأوسع في رصد مستوى التقدم الإنشائي والتحقق من مطابقة الأعمال للمواصفات وكشف مخالفات السلامة المهنية في الوقت الفعلي.

أما الأنظمة الخبيرة فتُحاكي منهجية التفكير والاستنتاج لدى المتخصصين، وتُوظَّف في إدارة المشاريع لإصدار توصيات قرارية بشأن تخصيص الموارد وإدارة المشكلات التشغيلية.

المبحث الثاني: أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية

2.4 البُعد الأول: تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ

تُشكّل البيانات الضخمة وما تُفرزه من فرص تحليلية ركيزةً محورية في منظومة الذكاء الاصطناعي المُطبَّق على المشاريع الإنشائية. ويُعرّف هذا البُعد بأنه قدرة الأنظمة الذكية على جمع ومعالجة وتحليل الأحجام الهائلة من البيانات المنظَّمة وغير المنظَّمة المتولَّدة عن مراحل تنفيذ المشاريع المختلفة، واستخدام خوارزميات التعلّم الآلي والتحليلات التنبؤية لاستشراف المسارات المستقبلية للمشروع وتحديد الانحرافات المحتملة قبل وقوعها (Hossain et al., 2024).

وتتولّد في البيئة الإنشائية أنواع متعددة من البيانات تشمل: بيانات التكاليف والفواتير والمدفوعات، وبيانات الجداول الزمنية ومعدلات إنجاز الأنشطة، ومقاييس أداء العمالة والمعدات، وبيانات المواد والمخزون، وقراءات أجهزة الاستشعار في المنشآت، وبيانات الظروف المناخية والبيئية. وقد أشارت نتائج دراسات متخصصة إلى أن توظيف نماذج التعلّم الآلي في تحليل هذه البيانات يُحقق تحسناً ملموساً في دقة تقدير التكاليف مقارنةً بالأساليب التقليدية (Mahmoudi et al., 2020).

ومن أبرز تقنيات التحليل التنبؤي المُوظَّفة في المشاريع الإنشائية: نماذج الانحدار المتعدد المُعزَّزة بالتعلّم الآلي للتنبؤ بالتكاليف والمدد، وتقنية التعلّم المُعزَّز لتحسين جداول الجدولة في ضوء بيانات الأداء الفعلي، وأسلوب محاكاة مونت كارلو لتقدير نطاقات التباين في التكاليف والجداول الزمنية تحت ظروف عدم اليقين المختلفة (Mahmoudi et al., 2020). وتتيح هذه التقنيات مجتمعةً لمديري المشاريع

الانتقال من نمط الإدارة التفاعلية إلى نمط الإدارة الاستشرافية التي تُعالج المشكلات المحتملة قبل تحوّلها إلى أزمات فعلية.

وعلى الصعيد التطبيقي في قطاع البيئة والمياه والزراعة، تجد تقنيات تحليل البيانات الضخمة تطبيقاتها في: التنبؤ بمعدلات استهلاك المياه وربطها بجداول إنشاء محطات التحلية والشبكات المائية، وتحليل بيانات المناخ والتربة لتحسين توقيت تنفيذ المشاريع الزراعية، ورصد أداء منظومات الري الذكية وتحليل كفاءتها في الوقت الفعلي.

2.5 البُعد الثاني: أتمتة العمليات الذكية

تُمثّل أتمتة العمليات الذكية البُعد التشغيلي لتقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الإنشائية، وتُعرّف بأنها استخدام تقنيات الأتمتة المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحويل العمليات الإدارية والتشغيلية الروتينية والمتكررة إلى إجراءات ذاتية التشغيل تُنفَّذ بسرعة ودقة عاليتين، مع تقليل الأخطاء البشرية وتحرير الكوادر المتخصصة للتركيز على المهام الإبداعية والاستراتيجية ذات القيمة المضافة الأعلى (عبدالفتاح وأبو قلة، 2024).

وتُميّز الأدبيات المعاصرة بين عدة مستويات من الأتمتة في المشاريع الإنشائية:

يُمثّل أتمتة العمليات الروبوتية المستوى الأول والأكثر انتشاراً، ويقوم على برمجة روبوتات برمجية لتنفيذ المهام التكرارية القائمة على قواعد محددة كاستخراج البيانات من الأنظمة وتوليد التقارير الدورية وتحديث سجلات المشاريع.

ويُمثّل تحليل العمليات الذكي المستوى الثاني الذي يتجاوز الأتمتة البسيطة ليشمل تحليل سير العمل واكتشاف الاختناقات والتأخيرات في العمليات الإدارية وإعادة هندستها تلقائياً لتحقيق أقصى كفاءة.

أما أتمتة القرارات فتُمثّل المستوى الأعلى الذي تتخذ فيه الأنظمة الذكية قرارات تشغيلية روتينية استناداً إلى معايير محددة مسبقاً، كقرارات طلب المواد حين ينخفض المخزون عن حدّ معيّن وجدولة الأنشطة وفق توافر العمالة والمعدات.

وقد وثّقت دراسة Jurina & Kapulica (2024) التي استقصت تجارب كبرى المنظمات كـ Siemens AG و SAP أن تبني أتمتة العمليات أسهم في تقليص الوقت المُستغرق في العمليات الإدارية بنسب ملموسة، مع خفض معدلات الأخطاء البشرية وإعادة توجيه جزء من ساعات العمل الإدارية نحو مهام أكثر قيمة مضافة. ويتّسق هذا مع ما كشفت عنه دراسة الحيايري وحياصات (2024) في سياق شركة أورانج الأردنية من أن تبني أتمتة العمليات في إدارة المشاريع أسهم في تحسين دقة التخطيط وتقليل الأخطاء وتعزيز كفاءة التنفيذ.

المبحث الثالث: الدراسات السابقة

2.6 الدراسات العربية

الدراسة الأولى: دراسة العريفي والحرافشة (2019)

هدفت إلى التعرف على أثر المعايير الدولية لتقييم المشاريع على نجاح المشاريع في الشركات الإنشائية الهندسية الأردنية، واعتمدت المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من مديري المشاريع والمهندسين العاملين في الشركات الإنشائية الأردنية. وتوصلت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً للمعايير الدولية في تعزيز نجاح المشاريع، وأن الالتزام بها يُسهم في تحسين جودة التنفيذ والالتزام بالجدول الزمنية والميزانيات. وأوصت بضرورة تبني الشركات الإنشائية للمعايير الدولية في تقييم مشاريعها ونشر ثقافة الالتزام بها.

الدراسة الثانية: دراسة عبد القادر (2020)

هدفت إلى التعرف على تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي يمكن الاستفادة منها في تطوير العملية التعليمية في ظل تحديات جائحة كوفيد-19، واعتمدت المنهج الوصفي التحليلي القائم على استقراء الأدبيات، وشملت استبانة مفتوحة وُزعت على (31) مسؤولاً تعليمياً. وتوصلت إلى إمكانية توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي كأنظمة التعلم الذكي والواقع الافتراضي في مواجهة تحديات التعليم عن بُعد، وأوصت باعتماد هذه التطبيقات في المؤسسات التعليمية ونشر الثقافة التكنولوجية.

الدراسة الثالثة: دراسة العرسان والحياري (2021)

هدفت إلى التعرف على أثر تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي بأبعادها (الحوسبة السحابية، الخدمات اللوجستية الذكية، النظم الخبيرة) على إدارة المشاريع الهندسية في الأردن، واعتمدت المنهج الوصفي التحليلي. وتوصلت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لتطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المشاريع الهندسية ورفع كفاءة التخطيط والتنفيذ والرقابة. وأوصت بضرورة تبني الشركات الهندسية لهذه الأنظمة مع التأكيد على أنها تعزز القدرات البشرية ولا تحل محل المهارات القيادية.

الدراسة الرابعة: دراسة المعادات وأبو زيد (2021)

هدفت إلى التعرف على تأثير تخطيط المشروع بأبعاده (تخطيط النطاق، والجدول الزمني، والتكلفة، والموارد) على نجاح المشاريع الإنشائية مع دراسة الدور المعدّل لمستوى المخاطرة في شركات الإنشاءات الأردنية. وتوصلت إلى وجود تأثير إيجابي دال إحصائياً لتخطيط المشروع بأبعاده المختلفة في نجاح المشاريع الإنشائية، كما تبين أن مستوى المخاطرة يلعب دوراً معدّلاً في هذه العلاقة. وأوصت بتعزيز ممارسات التخطيط الشامل وتطوير آليات إدارة المخاطر وربطها بعمليات التخطيط.

الدراسة الخامسة: دراسة الحيازي والحياصات (2022)

هدفت إلى التعرف على أثر السمات الشخصية لمديري المشاريع بأبعادها (القيادة، والاتصال والتواصل، وأخلاقيات العمل، والكفاءة الإنتاجية) على نجاح المشاريع الإنشائية في مدينة عمان. وتوصلت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً للسمات الشخصية لمديري المشاريع على النجاح، وأن القيادة الفعالة ومهارات الاتصال من أبرز السمات المؤثرة. وأوصت باهتمام شركات الإنشاءات بانتقاء مديري المشاريع وفق معايير تراعي السمات القيادية وتطويرها عبر برامج التدريب المستمر.

الدراسة السادسة: دراسة الحسن والنجار (2023)

هدفت إلى التعرف على أثر تكنولوجيا المعلومات على نجاح المشاريع مع دراسة الدور الوسيط للمنصات الرقمية في الشركات الإنشائية الأردنية. وتوصلت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لتكنولوجيا المعلومات في نجاح المشاريع، وأن المنصات الرقمية تلعب دوراً وسيطاً مهماً من خلال تسهيل تدفق المعلومات والتنسيق بين أطراف المشروع. وأوصت باستثمار الشركات الإنشائية في تطوير بنيتها التحتية الرقمية.

الدراسة السابعة: دراسة إبراهيم وآخرين (2024)

هدفت إلى التعرف على أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعاده (النظم الخبيرة، والتعلم الآلي التلقائي، وسهولة الاستخدام) على إدارة المشاريع الصحية في وزارة الصحة بالمملكة العربية السعودية. وتوصلت إلى وجود أثر دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha=0.05$) لتقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المشاريع الصحية، وأن النظم الخبيرة والتعلم الآلي يُسهمان في تحسين عمليات اتخاذ القرار والتنبؤ بالمخاطر. وأوصت بتعزيز البنية التحتية التقنية في وزارة الصحة والاستثمار في تدريب الكوادر على هذه التقنيات.

الدراسة الثامنة: دراسة الحيازي وحياصات (2024)

هدفت إلى التعرف على أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي على جودة المشاريع في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بالتطبيق على شركة أورانج في الأردن. وتوصلت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لتقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة المشاريع، وأن هذه التقنيات أسهمت في تحسين دقة التخطيط وتقليل الأخطاء وتعزيز كفاءة التنفيذ. وأوصت بضرورة تبني شركات تكنولوجيا المعلومات لتقنيات الذكاء الاصطناعي وبناء قدرات الموظفين في استخدامها.

الدراسة التاسعة: دراسة عبدالفتاح وأبو قلة (2024)

هدفت إلى التعرف على أثر تقنية الذكاء الاصطناعي بأبعادها (النظم الخبيرة، والروبوتات، والأنظمة الذكية) على تحسين إدارة المشاريع في شركة المناصير للزيوت والمحروقات في الأردن، واعتمدت منهج المسح الشامل على عينة مكوّنة من (60) فرداً. وتوصلت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لأبعاد تقنية الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المشاريع، وحقّق بُعد الأنظمة الذكية أعلى قدرة تفسيرية. وأوصت بضرورة توعية الشركة بأهمية الذكاء الاصطناعي والاهتمام بتدريب الموظفين والتحول من الطرق التقليدية إلى الأساليب التكنولوجية.

2.7 الدراسات الأجنبية

الدراسة العاشرة: دراسة Hossain et al (2024)

هدفت إلى التعرف على أثر الذكاء الاصطناعي بأبعاده (التعلم الآلي، ومعالجة اللغة الطبيعية، والتحليلات التنبؤية) على كفاءة إدارة المشاريع من حيث التخطيط والجدولة وتخصيص الموارد وإدارة المخاطر والتواصل ومراقبة الأداء. واعتمدت المنهج المختلط الذي يجمع بين البيانات النوعية والكمية المستمدة من المسوح والمقابلات ودراسات الحالة. وتوصلت إلى أن الذكاء الاصطناعي يلعب دوراً جوهرياً

في تعزيز كفاءة المشاريع من خلال تقليص الجداول الزمنية وتحسين ضبط التكاليف وتخصيص الموارد وتسهيل إدارة المخاطر الاستباقية، مع الإشارة إلى تحديات تتعلق بالاستثمار الأولي ومتطلبات المهارات ومقاومة التغيير. وأوصت بأهمية التدريب والتكامل التدريجي وضمان جودة البيانات.

الدراسة الحادية عشرة: دراسة Jurina & Kapulica (2024)

هدفت إلى التعرف على أثر تكامل الذكاء الاصطناعي بأبعاده (تحليل البيانات، والتنبؤ بالنتائج، وتحسين اتخاذ القرار) على إدارة المشاريع في سياق التحول الرقمي، واعتمدت المنهج الوصفي التحليلي المعتمد على تحليل الأدبيات ودراسات الحالة التطبيقية في منظمات كبرى. وتوصلت إلى أن الذكاء الاصطناعي يعزز قدرة المنظمات على التكيف والتخطيط الفعال، وأن التحليلات التنبؤية تلعب دوراً محورياً في إدارة المخاطر وتخفيفها. وأوصت بنشر الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع مع الاهتمام بتحديات التكامل وتدريب الكوادر البشرية.

الدراسة الثانية عشرة: دراسة Gupta (2025)

هدفت إلى التعرف على أثر الذكاء الاصطناعي بأبعاده (التحليلات التنبؤية، وأتمتة العمليات، ودعم القرار الاستراتيجي) على إدارة البرامج الحديثة، واعتمدت المنهج التحليلي المعتمد على مراجعة شاملة للأدبيات والدراسات المنشورة. وتوصلت إلى أن تكامل الذكاء الاصطناعي مع إدارة البرامج يعزز بشكل ملموس كفاءة التخطيط الاستراتيجي وتخصيص الموارد وإدارة المخاطر، وأن التحليلات التنبؤية تُمكن مديري البرامج من اتخاذ قرارات استباقية قائمة على البيانات. وأوصت بضرورة تبني المؤسسات لأدوات الذكاء الاصطناعي بشكل تدريجي مع الاستثمار في تطوير مهارات المديرين التقنية.

المبحث الرابع: الفجوة البحثية

على الرغم من التزايد الملحوظ في الاهتمام الأكاديمي بموضوع توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع خلال السنوات الأخيرة، إلا أنَّ المتأمل في الأدبيات العربية والأجنبية ذات الصلة يلحظ أنَّ الدراسات السابقة توزَّعت على قطاعات بعينها دون أن تمتد إلى قطاع المشاريع الإنشائية البيئية والمائية والزراعية في السياق الحكومي السعودي. فقد ركَّزت دراسة إبراهيم وآخرين (2024) على المشاريع الصحية في وزارة الصحة السعودية، واقتصرت دراسة عبدالفتاح وأبو قلة (2024) على قطاع النفط والمحروقات في الأردن، فيما تناولت دراسة العرسان والحياري (2021) المشاريع الهندسية في البيئة الأردنية، وعالجت دراسة الحيازي وحياصات (2024) قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. أما الدراسات الأجنبية كدراسة Hossain et al (2024) ودراسة Gupta (2025) ودراسة Jurina & Kapulica (2024) فقد اتَّسمت بطابعها النظري والمراجعاتي العام دون التطبيق الميداني على مؤسسات حكومية بعينها.

وبذلك يتَّضح — ضمن المصادر التي تمت مراجعتها — أنَّ أياً من هذه الدراسات لم يتناول أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة مجتمعةً (تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية) في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية ضمن البيئة التنظيمية لوزارة البيئة والمياه والزراعة بالملكة العربية السعودية. وتعمَّق هذه الفجوة حين يُؤخَذ في الاعتبار الخصوصية التنظيمية والتشغيلية التي تنفرد بها الوزارة، كونها تُشرف على مشاريع بنية تحتية تتقاطع فيها المتغيرات البيئية والمناخية والجغرافية مع الأبعاد الهندسية والمالية والإدارية، وهي سمات لا تتوافر بالضرورة في القطاعات التي درستها الأدبيات السابقة. ومن ثمَّ، تسعى هذه الدراسة إلى سدِّ هذه الفجوة من خلال تقديم نموذج تحليلي يربط بين أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في سياق مؤسسي حكومي سعودي،

بما يُثري الأدبيات الأكاديمية ويُوفّر لصانعي القرار أساساً علمياً مبنياً على شواهد ميدانية لتوجيه استثماراتهم التقنية نحو المجالات الأكثر تأثيراً في تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030.

المبحث الخامس: المنطلقات النظرية للدراسة

2.8 مفهوم كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية

تُعرّف إدارة المشاريع بأنها التطبيق المنهجي للمعارف والمهارات والأدوات والتقنيات على أنشطة المشروع بهدف تحقيق متطلباته وأهدافه المحددة وفقاً لما أقرّه معهد إدارة المشاريع الأمريكي (PMI) في دليله المعرفي (PMBOK). أما كفاءة إدارة المشاريع فتتجاوز مجرد إتمام المشروع لتشمل القدرة على تحقيق أهدافه بأقل قدر ممكن من الهدر في الوقت والتكلفة والموارد مع المحافظة على معايير الجودة المطلوبة وتحقيق رضا أصحاب المصلحة (العريني والحرافشة، 2019).

وتكتسب المشاريع الإنشائية خصوصيةً تميّزها عن غيرها، إذ تتسم بضخامة حجمها وطول مدة تنفيذها وتعدّد أطرافها وتشابك علاقاتها التعاقدية وحساسيتها للمتغيرات البيئية والتنظيمية والتشريعية، وهو ما يجعل إدارتها بكفاءة عالية تحدياً حقيقياً يستلزم أدوات ومنهجيات متقدمة. وفي سياق وزارة البيئة والمياه والزراعة، تتضمّن المشاريع الإنشائية إنشاء وتطوير السدود ومحطات التحلية وشبكات المياه والصرف الصحي والري ومشاريع الاستزراع والمحميات الطبيعية، وهي مشاريع ذات أثر مباشر في الأمن المائي والغذائي والبيئي للمملكة (الحسن والنجار، 2023).

ويُقاس مفهوم الكفاءة في هذه الدراسة من خلال عدة مؤشرات تكاملية تشمل: مدى الالتزام بالجدول الزمني المعتمد، ومدى ضبط التكاليف الفعلية ضمن الميزانية المقرّرة، ومستوى جودة المخرجات ومطابقتها للمواصفات، وكفاءة استغلال الموارد البشرية والمادية والتقنية، ودرجة رضا أصحاب المصلحة عن سير المشروع ونتائجه. ويتعامل البحث مع هذه المؤشرات

بوصفها محوراً واحداً متكاملاً يعكس الأداء الكلي لعملية إدارة المشاريع الإنشائية (المعادات وأبو زيد، 2021).

2.3 البُعد الثالث: دعم اتخاذ القرار الذكي

يُشير بُعد دعم اتخاذ القرار الذكي إلى توظيف أنظمة الذكاء الاصطناعي في بناء نماذج تحليلية متقدمة تُزوّد صانعي القرار بمعلومات دقيقة وأنية ومتعددة الأبعاد حول بدائل القرار المتاحة وتداعياتها المتوقعة. وقد عرّفه Gupta (2025) بأنه "استخدام الأنظمة الذكية لتحليل السيناريوهات وتقييم البدائل ودعم صانعي القرار بمعلومات موثوقة وفورية تتجاوز حدود الخبرة الشخصية والحدس الفردي، مع مراعاة التبادلات المُعقّدة بين عوامل التكلفة والوقت والجودة والمخاطر".

وتتجلى تطبيقات هذا البُعد في إدارة المشاريع الإنشائية عبر ثلاثة محاور رئيسية. يتمثل المحور الأول في لوحات المؤشرات الذكية (Smart Dashboards) التي تُولّد تلقائياً تقارير الأداء المرئية وتُحدّثها في الوقت الفعلي، مُظهرَةً مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لكل مشروع بصورة مرئية تُمكن المديرين من رصد أي انحراف فور وقوعه. أما المحور الثاني فيتمثل في نمذجة البدائل والسيناريوهات التي تُتيح للمديرين مقارنة خيارات متعددة بصورة أنية؛ فبدلاً من الاعتماد على خبرة شخص واحد في تقييم بدليّ تصميم إنشائيّين مختلفي التكلفة والمدة والمخاطر، يُقدّم النظام تحليلاً شاملاً مُوثّقاً يأخذ في حسبانهِ عشرات المتغيرات في آنٍ واحد. ويتمثل المحور الثالث في التوصيات الذكية القابلة للتنفيذ التي تُصدرها الأنظمة الخبيرة تلقائياً حين تُكتشف مشكلة أو خطر في سير المشروع، مما يُقلّص زمن الاستجابة ويُبعد عنصر التردد والتأخير في صنع القرار.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن إبراهيم وآخرين (2024) أثبتوا في دراستهم على وزارة الصحة السعودية أن تبني الأنظمة الخبيرة وأدوات دعم القرار في إدارة المشاريع أسهم في تحسين عمليات اتخاذ القرار والتنبؤ بالمخاطر، وهو ما يُعزّز المنطق النظري لتوظيف هذا البُعد في سياق مشاريع وزارة البيئة والمياه والزراعة.

2.4 البُعد الرابع: إدارة المخاطر الاستباقية

تُمثّل إدارة المخاطر الاستباقية بالذكاء الاصطناعي التحوّل الأعمق في منهجية التعامل مع المخاطر في المشاريع الإنشائية، إذ تنقل المؤسسة من أسلوب "الاستجابة للمخاطر بعد وقوعها" إلى أسلوب "استشراف المخاطر وتحييدها قبل أن تتشكّل". وقد عرّف Jurina & Kapulica (2024) هذا البُعد بأنه "قدرة أنظمة الذكاء الاصطناعي على تحديد وتصنيف وتقييم المخاطر المحتملة في المشروع من خلال تحليل البيانات التاريخية والمعطيات الراهنة واكتشاف الإشارات المبكرة للمخاطر الناشئة، واقتراح استراتيجيات الاستجابة المناسبة لكل خطر وفق احتمالية وقوعه وحجم تأثيره المتوقع".

وتُصنّف الأدبيات المتخصصة المخاطر في المشاريع الإنشائية إلى فئات رئيسية تشمل: المخاطر المالية كتقلّب أسعار المواد والعملات والتمويل، والمخاطر الزمنية كتأخير التوريدات واضطرابات العمل وتعارض الأنشطة، والمخاطر التقنية كالتصاميم الهندسية غير المكتملة والتغييرات في النطاق، والمخاطر البيئية كالظروف المناخية القاسية والتضاريس الجيولوجية غير المتوقعة، والمخاطر التنظيمية والتشريعية كالتغيرات في اللوائح ومتطلبات الترخيص (Mahmoudi et al., 2020؛ Taroun, 2021).

وقد أثبتت نتائج Mahmoudi et al (2020) الذين طوّروا نموذجاً هجيناً يدمج التعلم العميق مع محاكاة مونت كارلو في مشاريع النفط والغاز بالشرق الأوسط، أن هذا النموذج تجاوز أساليب تقييم المخاطر التقليدية في دقة تحديد المخاطر العالية الأثر بنسبة تجاوزت 40%. كما أكدت دراسة Taroun (2021) في المملكة المتحدة أن الأنظمة الذكية المعتمدة على بيانات المشاريع التاريخية تنجح في رصد المخاطر وتصنيفها قبل وقوعها بوقت كافٍ لاتخاذ إجراءات وقائية فعّالة.

وفي سياق مشاريع وزارة البيئة والمياه والزراعة تحديداً، تبرز أهمية الإدارة الاستباقية للمخاطر بصورة استثنائية نظراً لطبيعة المشاريع البيئية والمائية التي تتشابك فيها مخاطر متعددة الأبعاد كشح موارد المياه الجوفية المؤثرة على جدوى مشاريع الري، والتقلبات المناخية المؤثرة على جداول إنشاء السدود، والمخاطر البيئية الجيولوجية في مشاريع الحفر وإنشاء خطوط الأنابيب.

المبحث السادس: كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية

3.1 مفهوم إدارة المشاريع الإنشائية

يُمثل مجال إدارة المشاريع الإنشائية حقلاً معرفياً متميزاً يُطبّق مبادئ إدارة المشاريع العامة على السياق الإنشائي بما يحمله من خصائص وتعقيدات. وقد عرّف معهد إدارة المشاريع (PMI) في دليله المعرفي الطبعة السابعة (PMBOK, 2021) إدارة المشاريع بأنها "تطبيق المعرفة والمهارات والأدوات والتقنيات على أنشطة المشروع لتلبية متطلباته وأهدافه"، وقد دأبت هذه الأدبيات تاريخياً على تأطير إدارة المشاريع ضمن خمسة مجالات عملية متتابعة هي: البدء والتخطيط والتنفيذ والمراقبة والضبط والإغلاق.

وتُضيف الطبيعة الإنشائية لهذا الإطار خصوصيةً لا تتوافر في أنواع المشاريع الأخرى. فالمشروع الإنشائي — بحسب المعادات وأبو زيد (2021) — يتّسم بضخامة حجمه وطول مدة تنفيذه وتعدد أطرافه وتشابك علاقاته التعاقدية والتشريعية، وحساسيته البالغة للمتغيرات البيئية والمناخية والجيولوجية، وإنتاجه مخرجات ذات طبيعة فريدة غير قابلة للتكرار في الغالب. ويجعل كل ذلك إدارته بكفاءة عالية تحدياً حقيقياً يستلزم أدوات ومنهجيات متقدمة تفوق القدرات التقليدية.

3.2 مفهوم الكفاءة في إدارة المشاريع الإنشائية

تُعرّف كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في هذه الدراسة تعريفاً يتجاوز المفهوم الضيق للالتزام بالثلاثي الذهبي (الوقت والتكلفة والجودة)، ليشمل قدرة المؤسسة على تحقيق أهداف مشاريعها الإنشائية بأقل قدر ممكن من الهدر في الموارد مع استيفاء توقعات جميع أصحاب المصلحة. ويتّسق هذا التعريف الشامل مع ما أطّره العريفي والحرافشة (2019) اللذان أكّدا أن الكفاءة الإنشائية تعكس قدرة الجهات المنفّذة على إنجاز مشاريعها وفق الأطر الزمنية المحددة والتكاليف المرصودة ومعايير الجودة المعتمدة، فضلاً عن تعظيم الاستفادة من الموارد البشرية والمادية والفنية المتوفرة وضمان تلبية تطلّعات أصحاب المصلحة.

وتتضافر خمسة مؤشرات محورية في قياس هذه الكفاءة وفق ما استخلصته هذه الدراسة من مراجعة الأدبيات:

مؤشر الالتزام الزمني: يقيس مدى إنجاز المشروع في الموعد المُخطّط له، ويُعبّر عنه بنسبة الانحراف بين المدة الفعلية والمدة المُقدّرة. وتُشير الشواهد الدولية إلى أن ما يزيد على 70% من المشاريع الإنشائية الكبرى تتجاوز مدّتها المُقرّرة (المعادات وأبو زيد، 2021).

مؤشر ضبط التكاليف: يقيس مدى التزام المشروع بالميزانية المرصودة، ويُعدّ التجاوز المالي من أبرز إشكاليات المشاريع الإنشائية الحكومية. وقد أكدت أدبيات إدارة المشاريع أن التجاوزات المالية في المشاريع الكبرى تبلغ في المتوسط بين 20% و45% من الميزانية الأصلية، وهو ما يُجسّد حاجة ملحة إلى أدوات تنبؤية أكثر دقة.

مؤشر جودة المخرجات: يقيس مدى مطابقة المخرجات الإنشائية للمواصفات الفنية المعتمدة ومتطلبات العميل، ويشمل سلامة الإنشاء وجودة المواد المستخدمة والامتثال لمعايير البناء المعمول بها.

مؤشر كفاءة استغلال الموارد: يقيس مستوى الاستخدام الفعلي للموارد البشرية والمادية والتقنية قياساً بالمستوى المُخطّط، ويكشف عن حجم الهدر في توزيع العمالة والمعدات وتوقيت التوريد.

مؤشر رضا أصحاب المصلحة: يقيس مدى تلبية المشروع لتوقعات الجهات المستفيدة والممولة والمجتمعات المحلية المتأثرة، وهو مؤشر استراتيجي يتجاوز الأبعاد التقنية ليُعبر عن نجاح المشروع في تحقيق أثره التنموي المنشود.

3.3 تحديات كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في القطاع الحكومي السعودي

يواجه القطاع الحكومي السعودي جملةً من التحديات الهيكلية التي تُقيّد مستوى كفاءة إدارة مشاريعه الإنشائية، وأبرزها وفق ما رصدته الأدبيات المتخصصة (الغامدي، 2021؛ إبراهيم وآخرين، 2024):

تعدد الجهات الرقابية وتداخل الصلاحيات: تخضع المشاريع الحكومية الكبرى لرقابة جهات متعددة تشمل الوزارات المشرفة والجهات التموينية وهيئة النزاهة والمحاسبة وغيرها، مما يُطوّل دورات اتخاذ القرار ويرفع من تكلفة الامتثال الإداري.

صعوبة التنبؤ بالطلب على المواد: في ظل ضخامة حجم مشاريع البنية التحتية وتزامنها، تبرز تحديات جوهرية في التنبؤ الدقيق بالطلب على مواد البناء والعمالة المتخصصة، مما يُفضي إلى اختناقات في سلاسل التوريد وتأخيرات غير محسوبة.

ضعف التكامل بين المنظومات الرقمية: تعمل كثير من الجهات الحكومية بمنظومات معلوماتية متباينة غير متكاملة، مما يُصعّب تدفق المعلومات بين الإدارات المختلفة ويُؤلّد حوكمة بيانات هشة تُعيق الرقابة الفعّالة.

محدودية الكوادر المتخصصة: تُعاني كثير من الجهات الحكومية من نقص في الكوادر المتخصصة في إدارة المشاريع الاحترافية والتقنيات الرقمية الحديثة، وهو ما يُشكّل عائقاً أمام تبني أساليب إدارة أكثر تطوراً.

المبحث السابع: العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع الإنشائية

4.1 آليات تأثير الذكاء الاصطناعي في كفاءة المشاريع الإنشائية

تُفسّر الأدبيات المتخصصة العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع الإنشائية من خلال ثلاث آليات تأثير رئيسية وثّقها Hossain et al (2024) و Gupta (2025):

تتمثّل آلية التأثير الأولى في رفع دقة التخطيط والجدولة، إذ تُتيح نماذج التعلم الآلي بناء جداول زمنية أكثر دقة من نظيراتها التقليدية من خلال استيعاب آلاف المتغيرات المتزامنة والتعلّم من بيانات المشاريع التاريخية. وقد وثّقت دراسة Kim & Chi (2020) أن توظيف الشبكات العصبية الاصطناعية في جدولة المشاريع الإنشائية قلّص مدة التخطيط للجدول

الزماني بنسبة 30% مقارنةً بالأساليب اليدوية. وتتمثل الآلية الثانية في تقليص الهدر وتحسين الاستخدام الفعلي للموارد، حيث تُسهم أنظمة الأتمتة الذكية في تتبع استخدام الموارد في الوقت الفعلي وتُطلق تنبيهات تلقائية حين تُكتشف انحرافات عن المعدلات المخططة، مما يُمكن من تصحيحها آنياً قبل تراكمها. وتتمثل الآلية الثالثة في الارتقاء بمنظومة صنع القرار من خلال تحويل البيانات الخام إلى معلومات مُهيكلّة قابلة للاستخدام الفوري في القرارات التشغيلية والاستراتيجية، مما يُقلّص حالات التردد والخطأ في القرار المرتبطة بنقص المعلومات أو غموضها.

4.2 التحولات التي يُحدثها الذكاء الاصطناعي في نموذج إدارة المشاريع

وثق Gupta (2025) في مراجعته الشاملة للأدبيات الدولية جملةً من التحولات الجذرية التي تُحدثها تقنيات الذكاء الاصطناعي في نموذج إدارة المشاريع الإنشائية، أبرزها:

من الرقابة الدورية إلى المراقبة المستمرة: تُتيح أنظمة الاستشعار الذكية والكاميرات المُتصلة بالشبكة مراقبةً متواصلة لمواقع البناء، مما يُحوّل رقابة المشروع من فعالية دورية تجري كل أسبوع أو شهر إلى عملية مستمرة لا تتوقف، وهو ما يرفع من سرعة اكتشاف الانحرافات ومعالجتها.

من التقارير التاريخية إلى القرارات الآنية: كانت قرارات مديري المشاريع تقليدياً تستند إلى تقارير أداء لا تعكس الوضع الراهن بقدر ما تعكس وضعاً متأخراً بأسابيع أو أشهر. أما أنظمة لوحات المؤشرات الذكية فتُوفّر بيانات آنية تُمكن من اتخاذ قرارات مبنية على المعطيات الراهنة الفعلية.

من إدارة المخاطر التقييمية إلى الإدارة الاستباقية: يُحوّل الذكاء الاصطناعي عملية إدارة المخاطر من ممارسة تقييمية نوعية تجري في بداية المشروع وتُراجَع دورياً، إلى عملية ديناميكية مستمرة تستجيب في الوقت الفعلي للتغيرات في بيئة المشروع.

4.3 وزارة البيئة والمياه والزراعة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي

تُعدّ وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية من الوزارات الحكومية الأكثر التزاماً بمسار التحول الرقمي وتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في ضوء توجهات رؤية 2030. وقد حصلت الوزارة عام 2024 على شهادة الأيزو 42001 الخاصة بنظم إدارة الذكاء الاصطناعي، لتُصبح من الجهات الحكومية الأولى التي تُرَسِّخ هذه الشهادة في نظامها المؤسسي. كما أطلقت الوزارة خدمة "نماء الذكاء الاصطناعي (Namaa AI)" ومنصات تحليل الواردات الزراعية الذكية.

وتتنوع مشاريع الوزارة الإنشائية لتشمل السدود ومحطات تحلية المياه وشبكات الري والصرف الصحي والمراكز الزراعية البحثية والمحميات الطبيعية، وهي مشاريع ذات طبيعة متعددة الأبعاد تتقاطع فيها المتغيرات البيئية والمائية والزراعية مع الأبعاد الهندسية والمالية والإدارية. وتُشكّل هذه الطبيعة المتعددة الأبعاد لمشاريع الوزارة مُسوَّغاً جوهرياً لتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تتفوق في التعامل مع التعقيد والتشابك (الزهراني، 2023).

المبحث الثامن: النماذج النظرية المُعتمَدة في الدراسة

5.1 نموذج قبول التقنية (TAM)

طوّر Davis (1989) نموذج قبول التقنية (Technology Acceptance Model - TAM) بوصفه إطاراً تفسيرياً يُحدّد العوامل المؤثرة في مدى تقبّل الأفراد للتقنيات الجديدة وتبنّيهم لها في بيئات العمل. ويرتكز النموذج على متغيّرين رئيسيّين يُحكمان العلاقة بين التقنية والمستخدم:

يُشير متغيّر الفائدة المُدرّكة (Perceived Usefulness) إلى اعتقاد المستخدم بأن استخدام التقنية سيُحسّن أدائه الوظيفي، وهو العامل الأوزن تأثيراً في نيّة التبنّي وفق ما استخلصه Davis. ويُشير متغيّر سهولة الاستخدام المُدرّكة (Perceived Ease of Use) إلى اعتقاد المستخدم بأن التعامل مع التقنية لن يتطلّب جهداً فكرياً أو مادياً مُضنياً. ويُؤثر هذان المتغيّران معاً في الاتجاه نحو التقنية الذي يُؤدّي بدوره إلى السلوك الفعلي للاستخدام.

ويكتسب نموذج TAM صلةً مباشرة بالدراسة الحالية من زاويتين: الأولى تتعلق بفهم العوامل التي تُحدّد مستوى تبني العاملين في وزارة البيئة والمياه والزراعة لتقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريعهم، والثانية تتعلق بتفسير التفاوت في مستويات التبني بين الإدارات والقطاعات المختلفة داخل الوزارة.

5.2 نموذج التقنية والتنظيم والبيئة (TOE)

طوّر Tornatzky & Fleischer (1990) إطار TOE (Technology-Organization-Environment) بوصفه أداة تحليلية لفهم العوامل التي تُؤثر في قرار المنظمات بتبني التقنيات الجديدة. ويُحلّل الإطار هذا القرار من ثلاثة محاور متداخلة:

يُحلّل محاور التقنية (Technology Context) مدى جاهزية التقنية للتبني من حيث توافرها وتطورها ومستوى ملاءمتها للبنية الرقمية القائمة في المنظمة. ويستكشف محاور التنظيم (Organization Context) الخصائص المؤسسية المُيسّرة أو المُعيقَة لتبني التقنية، وتشمل: حجم المنظمة، وتوافر الموارد المالية والبشرية، والهيكل الإدارية، ومستوى النضج الرقمي. ويدرس محاور البيئة (Environment Context) الضغوط الخارجية الدافعة نحو التبني أو المثبطة له، وتشمل: اشتراطات الجهات التنظيمية، والتوجهات الاستراتيجية الوطنية، والممارسات السائدة في الصناعة.

ويُوفّر هذا الإطار تفسيراً ملائماً لفهم واقع تبني الذكاء الاصطناعي في وزارة البيئة والمياه والزراعة؛ فعلى مستوى التقنية، تتوفر الحلول الرقمية المتطورة غير أن مستوى التكامل مع الأنظمة القائمة قد يُشكّل عائقاً. وعلى مستوى التنظيم، توفّر الوزارة الموارد المالية الكافية وإن كانت الكوادر المتخصصة في ضيق. وعلى مستوى البيئة، تُشكّل رؤية 2030 والاستراتيجية الوطنية للذكاء الاصطناعي ضغطاً تنظيمياً وحوافزاً داعماً لعملية التبني.

5.3 نظرية الموارد والكفاءات (RBV)

تُرسّي نظرية الموارد والكفاءات (Resource-Based View - RBV) التي أسّس لها Barney (1991) وطوّرها لاحقاً Teece et al (1997) منطلقاً نظرياً مهماً لفهم العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي والأداء المؤسسي. وتنطلق هذه النظرية من مفهوم أن موارد المنظمة

وكفاءتها الداخلية هي المصدر الجوهرى لميزتها التنافسية المستدامة، وتُميّز بين الموارد الملموسة كالأصول المادية والمالية، والموارد غير الملموسة كالمعرفة والكفاءات والعلاقات.

وتنبع أهمية هذه النظرية في سياق الدراسة من كونها تُفسّر لماذا لا تُحقق تقنيات الذكاء الاصطناعي نفس العائد لدى جميع المنظمات التي تتبنّاها؛ فالتقنية وحدها — بوصفها مورداً قابلاً للاستحواذ والتقليد — لا تُولّد ميزة مستدامة، في حين أن بناء الكفاءات المؤسسية المتعلقة بتشغيل هذه التقنيات وتوظيفها في صنع القرار وتطوير العمليات يُشكّل مصدراً للميزة التنافسية يصعب تقليده. ويعني ذلك في سياق وزارة البيئة والمياه والزراعة أن استثمار الذكاء الاصطناعي ينبغي أن يُقترن ببناء كفاءات مؤسسية داخلية متخصصة في تحليل البيانات وتصميم النماذج التنبؤية وتفسير مخرجات الأنظمة الذكية.

5.4 نموذج نضج إدارة المشاريع (OPM3)

يُضيف نموذج نضج إدارة المشاريع التنظيمي (Organizational Project Management Maturity Model - OPM3) الصادر عن PMI (2013) بُعداً تطورياً لفهم كيفية ارتقاء المنظمات بممارساتها في إدارة المشاريع. ويُصنّف النموذج المنظمات وفق خمسة مستويات للنضج تتدرّج من "الإدارة البدائية" التي تفتقر إلى أي عمليات موحّدة، وصولاً إلى "الإدارة المحسّنة" التي تُبنى فيها قرارات تطوير العمليات على بيانات الأداء التاريخية. ويتقاطع هذا النموذج مع أهداف الدراسة الحالية في كونه يُقدّم إطاراً لفهم موقع وزارة البيئة والمياه

والزراعة على منحني نضج إدارة المشاريع، وكيف يُمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تُسرّع ارتقاءها على هذا المنحنى.

المبحث التاسع: الإطار المفاهيمي للدراسة وفرضياتها

6.1 الإطار المفاهيمي

انطلاقاً من مراجعة الأدبيات النظرية والدراسات السابقة واستناداً إلى النماذج النظرية المُعتمَدة، يُمكن تصوّر العلاقة بين متغيّري الدراسة على النحو الآتي:

تُمثّل تقنيات الذكاء الاصطناعي المتغيّر المستقل (Independent Variable) للدراسة، وتحدد أبعاده في أربعة محاور هي: تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمّة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية. في حين تُمثّل كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية المتغيّر التابع (Dependent Variable)، وتُقاس من خلال خمسة مؤشرات تكاملية: الالتزام بالجدول الزمني، وضبط التكاليف ضمن الميزانية، وجودة المخرجات الإنشائية، وكفاءة استغلال الموارد، ورضا أصحاب المصلحة.

الإطار المفاهيمي للدراسة

العوامل السياقية المؤثرة في العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع الإنشائية تُشير الأدبيات إلى أن ثمة عوامل سياقية تُحدّد إلى حدٍ كبير مستوى الاستفادة الفعلية من تقنيات الذكاء الاصطناعي في البيئة المؤسسية، إذ لا تكفي التقنية وحدها لتحقيق التحسّن في الكفاءة ما لم تتوافر البيئة المؤسسية الداعمة لها. وتشمل هذه العوامل: جاهزية الكوادر البشرية ومستوى نضجها الرقمي، ومستوى الدعم المؤسسي وتوافر الموارد، وجودة البيانات التشغيلية المتاحة، ومستوى التكامل بين الأنظمة الرقمية في الوزارة (Osunsanmi et al., 2020؛ Dallasega et al., 2021).

وقد روعي في تصميم الدراسة الحالية الأخذ بهذه العوامل السياقية في تفسير النتائج دون إدراجها ضمن نموذج التحليل الإحصائي، نظراً لأن أداة الدراسة لا تقيسها بصورة مستقلة.

فرضيات الدراسة المُستمدّة من الإطار النظري

تُستمدّ فرضيات الدراسة منطقياً من الإطار المفاهيمي ومن مراجعة الأدبيات المتخصصة. فقد أشارت دراسة Hossain et al. (2024) ودراسة Gupta (2025) ودراسة Jurina & Kapulica (2024) إلى وجود علاقة إيجابية دالة إحصائياً بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحسين كفاءة إدارة المشاريع في سياقات متنوعة. كما توصلت دراسة إبراهيم وآخرين (2024) في السياق الحكومي السعودي إلى وجود هذه العلاقة في مشاريع وزارة الصحة. غير أن هذه العلاقة لم تُختبر بعد في السياق التنظيمي والتشغيلي المميّز لوزارة البيئة والمياه والزراعة، وهو ما يجعل اختبار الفرضيات التالية ضرورةً علمية:

الفرضية الرئيسية:

H₀: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لاستخدام تقنيات الذكاء

الاصطناعي بأبعاده الأربعة مجتمعة في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه

والزراعة بالمملكة العربية السعودية. ويُرفض هذا الفرض عندما تكون قيمة $p < 0.05$.

الفرضيات الفرعية:

وتنطوي الفرضيات الفرعية الأربع على اختبار الإسهام النسبي لكل بُعد من أبعاد الذكاء الاصطناعي

على حدة في كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية، وهي:

H₁: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لتحليل البيانات الضخمة والتنبؤ في

تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

H₂: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لأتمتة العمليات الذكية في تحسين

كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

H₃: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لدعم اتخاذ القرار الذكي في تحسين

كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

H₄: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لإدارة المخاطر الاستباقية في تحسين

كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

الدراسة الأولى: دراسة العريفي والحر افشة (2019)

تناولت هذه الدراسة الكشف عن أثر تطبيق المعايير الدولية لتقييم المشاريع بأبعادها — وتشمل معايير التخطيط ومعايير الرقابة ومعايير الجودة ومعايير إدارة المخاطر — على نجاح المشاريع في الشركات الإنشائية الهندسية الأردنية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي وأداة الاستبانة على عينة من مديري المشاريع والمهندسين العاملين. وخلصت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً للمعايير الدولية في تحسين جودة التنفيذ والالتزام بالجدول الزمني والميزانيات، مع إبراز دور الالتزام المؤسسي بهذه المعايير في التمييز بين الشركات الأعلى أداءً وأقرانها. وأوصت بضرورة تبني الشركات الإنشائية للمعايير الدولية في تقييم مشاريعها ونشر ثقافة الالتزام بها بين العاملين.

أوجه الاستفادة من الدراسة: أسهمت في بناء الإطار المفاهيمي لمؤشرات كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية المعتمدة في الدراسة الحالية، لا سيما فيما يتعلق بأبعاد الجودة والجدول الزمني والتكلفة.

أوجه الاختلاف: اقتصر على المعايير الدولية متغيراً مستقلاً دون تناول تقنيات الذكاء الاصطناعي، كما أجريت في البيئة الأردنية الخاصة ولا تُعبر عن السياق الحكومي السعودي.

الدراسة الثانية: دراسة عبدالقادر (2020)

استهدفت هذه الدراسة التعرف على تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي يُمكن توظيفها في تطوير العملية التعليمية في ظل تحديات جائحة كوفيد-19. وعلى الرغم من أن قطاعها التطبيقي مختلف عن قطاع المشاريع الإنشائية، إلا أنها تكتسب صلةً بالدراسة الحالية في بُعدها التأسيسي المتعلق برسم ملامح تطبيقات الذكاء الاصطناعي الموظفة في المنظمات الحكومية العربية، وفي تسليطها الضوء على تحدي ضعف جاهزية الكوادر البشرية للتعامل مع التقنيات الذكية وهو تحدٍّ مشترك بين مختلف القطاعات. وأوصت الدراسة بضرورة

اعتماد الذكاء الاصطناعي في المؤسسات الحكومية ونشر الثقافة التكنولوجية بين منسوبيها (عبدالقادر، 2020).

الدراسة الثالثة: دراسة العرسان والحياري (2021)

تُمثّل هذه الدراسة المعنونة بـ "أثر تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع الهندسية في الأردن" أحد الروابط الأكثر مباشرةً بالدراسة الحالية في أدبيات البيئة العربية، إذ تناولت أثر تطبيق أبعاد الذكاء الاصطناعي المتمثلة في الحوسبة السحابية والخدمات اللوجستية الذكية والنظم الخبيرة على إدارة المشاريع الهندسية. وتوصّلت إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لجميع الأبعاد المدروسة، مع إبراز خاص لدور الأنظمة الخبيرة في تعزيز دقة اتخاذ القرار وتقليص زمن حل المشكلات التشغيلية. وأكدت الدراسة أن هذه الأنظمة تُعزّز القدرات البشرية ولا تحلّ محلّها، مما يؤسّس لرؤية تكاملية تجمع بين الذكاء البشري والاصطناعي (العرسان والحياري، 2021).

الدراسة الرابعة: دراسة المعادات وأبو زيد (2021)

ركّزت هذه الدراسة على "تأثير تخطيط المشروع على نجاح المشاريع الإنشائية: الدور المعدّل لمستوى المخاطرة في شركات مشاريع الإنشاءات الأردنية"، وأثبتت وجود تأثير إيجابي دال إحصائياً لتخطيط المشروع بأبعاده المختلفة — تخطيط النطاق والجدول الزمني والتكلفة والموارد — في نجاح المشاريع الإنشائية، مع تأكيد دور مستوى المخاطرة بوصفه متغيراً معدّلاً لهذه العلاقة. وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتائج في تأسيس العلاقة النظرية بين جودة التخطيط — الذي يُحسّنه الذكاء الاصطناعي بصورة ملموسة — ونجاح المشاريع الإنشائية وكفاءتها (المعادات وأبو زيد، 2021).

الدراسة الخامسة: دراسة الحيازي والحياصات (2022)

تناولت هذه الدراسة "أثر السمات الشخصية لمديري المشاريع على نجاح المشاريع الإنشائية في مدينة عمّان"، وأثبتت وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لأبعاد السمات الشخصية المتمثلة في القيادة والاتصال وأخلاقيات العمل والكفاءة الإنتاجية على نجاح المشاريع الإنشائية. وعلى الرغم من أن تركيزها على العنصر البشري لا التقني، إلا أنها تُقدّم إسهاماً نظرياً مهماً في الدراسة الحالية من خلال تأكيدها أن نجاح المشاريع ليس محصلةً للتقنية وحدها، بل يستلزم توافر القيادة الكفؤة القادرة على توظيف هذه التقنيات بصورة فعّالة (الحيازي والحياصات، 2022).

الدراسة السادسة: دراسة الحسن والنجار (2023)

بحثت هذه الدراسة في "تكنولوجيا المعلومات وأثرها في نجاح المشاريع: الدور الوسيط للمنصات الرقمية في الشركات الإنشائية الأردنية"، وأثبتت وجود أثر إيجابي دال لتكنولوجيا المعلومات في نجاح المشاريع الإنشائية، مع تأكيد الدور الوسيط المهم للمنصات الرقمية في تعزيز هذه العلاقة من خلال تيسير تدفق المعلومات والتنسيق بين الأطراف. وتتصل هذه النتيجة اتصالاً وثيقاً بالدراسة الحالية في كونها تُثبت نظرياً وتجريبياً أن جودة المنظومة الرقمية المحيطة بتقنية الذكاء الاصطناعي — لا سيما مستوى تكاملها مع الأنظمة القائمة — تُشكّل متغيراً وسيطاً حاسماً في تحديد مستوى الاستفادة الفعلية منها (الحسن والنجار، 2023).

الدراسة السابعة: دراسة إبراهيم وآخرين (2024)

تُمثّل هذه الدراسة المعنونة بـ "أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الصحية: دراسة تطبيقية على وزارة الصحة بالملكة العربية السعودية" الأقرب جغرافياً وسياقاً إلى الدراسة الحالية في أدبيات البيئة السعودية. تناولت أثر الذكاء الاصطناعي بأبعاده — النظم الخبيرة والتعلم الآلي التلقائي وسهولة الاستخدام — في إدارة المشاريع الصحية في وزارة الصحة، وتوصلت إلى وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha=0.05$) لهذه الأبعاد في تحسين إدارة المشاريع. وتُقدّم نتائجها سنداً تجريبياً لصحة افتراض أن الذكاء الاصطناعي يُحقق أثراً إيجابياً في إدارة المشاريع الحكومية السعودية، وإن ظلّ السياق الإنشائي للبيئة والمياه والزراعة مغايراً للسياق الصحي في طبيعة المشاريع وتحدياتها (إبراهيم وآخرين، 2024).

الدراسة الثامنة: دراسة الحيازي وحياصات (2024)

تناولت هذه الدراسة "أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي على جودة المشاريع في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات: دراسة حالة شركة أورانج في الأردن"، وأثبتت وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لتقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة المشاريع، وأكدت أن هذه التقنيات تُحسّن دقة التخطيط وتُقلّل الأخطاء وتُعزّز كفاءة التنفيذ. ولا تقتصر صلة هذه الدراسة بالدراسة الحالية على اشتراكهما في متغيّر الذكاء الاصطناعي، بل تمتد إلى تأكيدها أن بُعد الجودة — بوصفه مكوناً أساسياً في منظومة كفاءة المشاريع — يستجيب بصورة ملحوظة لتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي (الحيازي وحياصات، 2024).

الدراسة التاسعة: دراسة عبدالفتاح وأبو قلة (2024)

استهدفت هذه الدراسة الموسومة بـ "أثر استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المشاريع: دراسة حالة شركة المناصير للزيوت والمحروقات" الكشف عن أثر أبعاد الذكاء الاصطناعي — النظم الخبيرة والروبوتات والأنظمة الذكية — في تحسين إدارة المشاريع. وكشفت النتائج عن أثر إيجابي دال إحصائياً لهذه الأبعاد مجتمعةً، مع إبراز خاص لبُعد الأنظمة الذكية الذي بلغت قدرته التفسيرية 51.1% وهو الأعلى بين الأبعاد المدروسة. ويتصل هذا الإسهام اتصالاً نظرياً مهماً بالدراسة الحالية في إثبات أن الأنظمة الذكية الذاتية التشغيل تُحقق أعلى قدرة تفسيرية بين أبعاد الذكاء الاصطناعي، وهو ما يدعم التوقع النظري للدراسة الحالية بشأن الأثر الأعلى لبُعد دعم اتخاذ القرار الذكي (عبدالفتاح وأبو قلة، 2024).

الدراسة العاشرة: دراسة Hossain et al (2024).

تُمثل هذه الدراسة المعنونة بـ "The Impact of Artificial Intelligence on Project Management Efficiency" من أشمل الدراسات الأجنبية المرتبطة بمتغيّري الدراسة الحالية. اعتمدت المنهج المختلط الجامع للبيانات الكمية والنوعية المستمدة من المسوح والمقابلات ودراسات الحالة في منظمات متعددة القطاعات والجنسيات. وخلصت إلى أن الذكاء الاصطناعي — ولا سيما التعلم الآلي ومعالجة اللغة الطبيعية والتحليلات التنبؤية — يؤدي دوراً جوهرياً في تعزيز كفاءة المشاريع من خلال تقليص الجداول الزمنية وتحسين ضبط التكاليف وتسهيل إدارة المخاطر الاستباقية، مع الإشارة إلى تحديات جوهريّة تتعلق بارتفاع تكاليف الاستثمار الأولي ومتطلبات المهارات ومقاومة التغيير والاعتبارات الأخلاقية (Hossain et al., 2024). وتستند الدراسة الحالية إلى هذه الدراسة في تأطير أبعاد الذكاء الاصطناعي المدروسة وفي بناء أداة قياسها.

التصحيح المطبَّق: حُذفت عبارة «وأكثرها استشهاداً في الأدبيات المعاصرة» لأنها وصف تقييبي يحتاج بيانات استشهاد فعلية لإثباته.

الدراسة الحادية عشرة: دراسة Jurina & Kapulica (2024)

عنوانت هذه الدراسة بـ "Application of Artificial Intelligence in Project Management: Analysis of Potentials and Challenges" واستند منهجها إلى تحليل الأدبيات ودراسات الحالة التطبيقية في منظمات كبرى عالمية. وأثبتت أن الذكاء الاصطناعي يعزز من قدرة المنظمات على التكيف والاستباقية والتخطيط الفعّال، وأن التحليلات التنبؤية تُمثّل أكثر أدوات الذكاء الاصطناعي فاعليّة في إدارة مخاطر المشاريع. وأشارت إلى أن علم البيانات أصبح كفاءةً حاسمةً لمديري المشاريع الراغبين في الاستفادة القصوى من هذه التقنيات. وتستفيد الدراسة الحالية من هذه الدراسة في تأصيل الأثر التنظيمي لبُعد إدارة المخاطر الاستباقية وفي تحديد أبرز تحديات التطبيق الميداني (Jurina & Kapulica, 2024).

الدراسة الثانية عشرة: دراسة Gupta (2025)

تناولت هذه الدراسة الموسومة بـ "The Impact of Artificial Intelligence on Modern Program Management" من خلال مراجعة منهجية للأدبيات المنشورة في مجال تكامل الذكاء الاصطناعي مع إدارة البرامج والمشاريع. وخلصت إلى أن تكامل الذكاء الاصطناعي مع إدارة البرامج يُعزّز بشكل ملموس من كفاءة التخطيط الاستراتيجي وتخصيص الموارد وإدارة المخاطر، وأن التحليلات التنبؤية تُمكن مديري البرامج من اتخاذ قرارات استباقية مبنية على البيانات. وتُسهم هذه الدراسة في الدراسة الحالية بالتأسيس النظري لمفهوم التحوّل من الإدارة التفاعلية إلى الإدارة الاستشرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي (Gupta, 2025).

المبحث العاشر: الفجوة البحثية وما تُضيفه الدراسة الحالية

من خلال مراجعة الأدبيات السابقة العربية والأجنبية، تتضح جملة من الملاحظات التي تُلقي الضوء على الفجوة البحثية التي تسعى الدراسة الحالية إلى سدّها:

أولاً: تركّزت معظم الدراسات السابقة ذات الصلة العربية في البيئة الأردنية، كدراسة العرسان والحياري (2021) ودراسة المعادات وأبو زيد (2021) ودراسة الحسن والنجار (2023) ودراسة عبدالفتاح وأبو قلة (2024) ودراسة الحياوي والحياصات (2022 و2024)، في حين يبقى الإنتاج البحثي السعودي المتخصص في الموضوع نادراً باستثناء دراسة إبراهيم وآخرين (2024) التي اقتصرّت على مشاريع وزارة الصحة.

ثانياً: لم تتناول أيُّ من الدراسات السابقة — في حدود المصادر التي راجعها الباحث — البيئة التنظيمية والتشغيلية المميّزة لمشاريع وزارة البيئة والمياه والزراعة السعودية، وهي بيئة تنفرد بخصائص إنشائية متعددة الأبعاد تتشابه فيها المتغيّرات البيئية والمائية والزراعية والمناخية مع الأبعاد الهندسية والمالية والإدارية.

ثالثاً: اتّسمت مجموعة من الدراسات التي تمت مراجعتها بطابع نظري ومراجعاتي عام دون التطبيق الميداني على مؤسسات حكومية بعينها في البيئة العربية، ومنها دراسة Hossain et al (2024) ودراسة Gupta (2025) ودراسة Jurina & Kapulica (2024)، في حين اقتصرّت الدراسات الميدانية الأجنبية الأخرى على سياقات تنظيمية مغايرة للسياق الحكومي العربي.

رابعاً: تتميز الدراسة الحالية بتبنّيها أبعاداً تحليلية أكثر شمولاً ودقة مما تناولته الدراسات السابقة، إذ تجمع بين أربعة أبعاد متكاملة — تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم

اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية — في نموذج واحد يُختبر ميدانياً في بيئة حكومية سعودية متخصصة لم تُرصد في حدود المصادر التي راجعها الباحث دراسة تجمع هذه الأبعاد في هذا السياق المؤسسي.

ومن هذه الفجوة المعرفية تنبع أصالة الدراسة الحالية ومساهمتها في الأدبيات العلمية المتخصصة.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة وإجراءاتها

منهجية الدراسة

الفصل الثالث: منهجية الدراسة وإجراءاتها

مقدمة

تُعَدُّ منهجية البحث العلمي الركيزة الأساسية التي تقوم عليها سلامة إجراءات أي دراسة أكاديمية ضمن حدودها المحددة، إذ تُحدّد الإطار الإجرائي الذي يسلكه الباحث في جمع البيانات وتحليلها والوصول إلى استنتاجاته. ويتناول هذا الفصل بالتفصيل المنهجية التي اعتمدتها الدراسة الحالية في فحص العلاقة بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة وتحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية.

وقد استندت الدراسة في تصميمها المنهجي إلى جملة من الاعتبارات العلمية المتوافقة مع طبيعة مشكلتها وأهدافها وفرضياتها، أبرزها: ملاءمة المنهج لقياس العلاقة والإسهام التفسيري بين متغيّري الدراسة، وإمكانية التطبيق الفعلي في البيئة المؤسسية للوزارة، ومدى قدرة أداة القياس على التقاط أبعاد الظاهرة المدروسة بدقة وموضوعية. ويشمل هذا الفصل عرضاً وافياً لمنهج الدراسة وتصميمها، ومجتمعها وعينها، وأداة جمع البيانات وإجراءات التحقق من صدقها وثباتها، والأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات، وحدود الدراسة.

3.1 منهج الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأنسب لطبيعة مشكلتها وأهدافها، إذ يجمع هذا المنهج بين وصف الظاهرة المدروسة وصفاً دقيقاً شاملاً، وتحليل العلاقات والإسهام التفسيري بين متغيّراتها كمياً من خلال الأساليب الإحصائية الاستنتاجية. ويُتيح هذا المنهج وصف واقع استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في وزارة البيئة والمياه والزراعة، ثم تحليل إسهامها التفسيري في مستوى كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية، وهو ما يُلبّي أهداف الدراسة بصورة مباشرة (Sekaran & Bougie, 2019). وتجدر الإشارة إلى أن التصميم المقطعي القائم على الاستبانة الإدراكية يُتيح قياس العلاقات والإسهام التنبؤي بين المتغيّرات دون إثبات السببية، وهو ما يُشكّل أحد حدود الدراسة الميَّنة لاحقاً.

وقد أُسْتُعِين بأسلوب المسح الميداني بالعينة من خلال تصميم استبانة إلكترونية محكمة وتوزيعها على أفراد عينة الدراسة لجمع البيانات الأولية اللازمة لاختبار فرضيات الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها. ويُعدّ هذا الأسلوب الأكثر ملاءمةً لدراسات العلوم الإدارية التي تستهدف قياس تصوّرات المستجيبين حول ظاهرة معينة وتحليل العلاقات بين متغيّراتها في سياق مؤسسي محدد.

3.2 مجتمع الدراسة وعينتها

مجتمع الدراسة: تكوّن مجتمع الدراسة من جميع الكوادر البشرية العاملة في الإدارات والأقسام المعنية بتخطيط وتنفيذ ومتابعة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية في المقر الرئيسي بالرياض والفروع الإقليمية التابعة لها، ويضم: مديري المشاريع، والمهندسين بمختلف تخصصاتهم، ومسؤولي التحول الرقمي، ومحللي البيانات، والمشرفين الفنيين في قطاعات الوزارة الثلاثة (البيئة والمياه والزراعة)، ويُقدّر حجم المجتمع بـ(850) موظفاً وموظفة.

عينة الدراسة: طُبِّق أسلوب العينة العشوائية الطبقية الممثلة للمجتمع، وحُدِّد حجمها الأدنى بـ(265) مفردة وفقاً لمعادلة Krejcie & Morgan (1970) بمستوى ثقة 95%، وقد وُزِّعت (300) استبانة لضمان الكفاية الإحصائية بعد استبعاد الاستبانات غير المكتملة. وجرى توزيع العينة على طبقات الوزارة الثلاث بنسب تتناسب مع أحجامها في المجتمع الأصلي، ثم اختير المستجيبون عشوائياً داخل كل طبقة.

3.3 أداة الدراسة

صُمِّمت استبانة إلكترونية محكمة مكونة من قسمين رئيسيين:

القسم الأول: ستة أسئلة ديموغرافية تشمل الجنس والعمر والمؤهل العلمي وسنوات الخبرة والمسمى الوظيفي والقطاع التابع له المستجيب.

القسم الثاني: (32) عبارة قياسية موزعة على المتغيرين:

المتغير المستقل — تقنيات الذكاء الاصطناعي — (24) عبارة موزعة على أربعة أبعاد بواقع (6) عبارات لكل بُعد: تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية.

المتغير التابع — كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية — (8) عبارات في محور واحد تقيس الالتزام بالجدول الزمني وضبط التكاليف وجودة المخرجات والاستغلال الأمثل للموارد ورضا أصحاب المصلحة.

وقد قيسَت جميع العبارات باستخدام مقياس ليكرت الخماسي المتدرج من «أوافق بشدة» إلى «لا أوافق بشدة». وعُرضت الأداة على عدد من المحكمين المتخصصين في إدارة المشاريع ونظم المعلومات للتحقق من صدقها الظاهري وصدق المحتوى، كما أُجري اختبار تجريبي على عينة استطلاعية من (30) مفردة من خارج العينة الأساسية للتأكد من وضوح العبارات وثباتها قبل التطبيق النهائي.

3.4 الأساليب الإحصائية

استُخدم برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS v.26) لتحليل البيانات المجمعة، وطُبِّقت الأساليب الإحصائية التالية:

معامل ألفا كرونباخ: للتحقق من ثبات أداة الدراسة واتساقها الداخلي.

الإحصاء الوصفي: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والتكرارات والنسب المئوية لوصف خصائص العينة ومستوى استجاباتها.

معامل ارتباط بيرسون: لقياس قوة العلاقة واتجاهها بين المتغير المستقل بأبعاده والمتغير التابع.

تحليل الانحدار الخطي المتعدد: لاختبار الإسهام التفسيري لأبعاد المتغير المستقل مجتمعةً في المتغير التابع وتحديد القدرة التفسيرية لكل بُعد.

تحليل الانحدار الخطي البسيط: لاختبار إسهام كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على حدة في المتغير التابع.

معامل تضخم التباين واختبار التحمُّل: للتأكد من عدم وجود ازدواج خطي بين المتغيرات المستقلة.

3.5 حدود الدراسة

الحدود الموضوعية: اقتصرَت الدراسة على بحث الإسهام التفسيري لتقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة (تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ، وأتمتة العمليات الذكية، ودعم اتخاذ القرار الذكي، وإدارة المخاطر الاستباقية) كمتغير مستقل في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية (الوقت والتكلفة والجودة والموارد ورضا المستفيدين) كمتغير تابع.

الحدود المكانية: وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية — المقر الرئيسي بالرياض والفروع الإقليمية التابعة لها.

الحدود البشرية: القيادات الإدارية والهندسية والفنية المسؤولة عن المشاريع الإنشائية بالوزارة من مديري مشاريع ومهندسين ومسؤولي تحول رقمي ومحلي بيانات ومشرفين فنيين.

الحدود الزمانية: جُمعت البيانات الميدانية خلال الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي 1447هـ/2026م.

الحدود المنهجية: يقتصر التصميم المقطعي القائم على الاستبانة الإدراكية على قياس العلاقات والإسهام التفسيري، ولا يُتيح إثبات العلاقات السببية، كما أن النتائج لا تقبل التعميم خارج نطاق مجتمع الدراسة المحدد.

1.2 تصميم الدراسة

يُصنَّف تصميم هذه الدراسة ضمن التصميمات المقطعية (Cross-sectional Design)، إذ جُمعت البيانات في نقطة زمنية واحدة من مجتمع الدراسة، مما يُتيح الحصول على صورة شاملة للظاهرة المدروسة دون الحاجة إلى متابعة طويلة ممتدة. ويوضح الشكل التالي مسار تصميم الدراسة بمراحله المتتالية:

شكل (1): مراحل تصميم الدراسة



جمع البيانات وترميزها وإدخالها في SPSS v.26



تحليل البيانات واختبار الفرضيات



استخلاص النتائج وصياغة التوصيات

1.3 الإطار المفاهيمي للدراسة

يُوضّح الشكل التالي الإطار المفاهيمي للدراسة الذي يُجسّد العلاقة الأثرية بين المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعاده الأربعة) والمتغير التابع (كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية) والفرضيات المرتبطة بهذه العلاقة

شكل (2): الإطار المفاهيمي للدراسة

المتغير التابع	الأثر ←	المتغير المستقل
كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية		تقنيات الذكاء الاصطناعي
✓ الالتزام بالجدول الزمني	H0 H01 H02	▶ تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ
✓ ضبط التكاليف والميزانية	H03 H04	▶ أتمتة العمليات الذكية
✓ جودة المخرجات الإنشائية		▶ دعم اتخاذ القرار الذكي

إدارة المخاطر الاستباقية ▶		✓ كفاءة استغلال الموارد
		✓ رضا أصحاب المصلحة

تكملة الفصل الثالث: منهجية الدراسة وإجراءاتها

3.6 الإطار المفاهيمي للدراسة

يتضح من الإطار المفاهيمي أن تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة تُمثّل المتغير المستقل، وأن العلاقة بينها وبين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية — المُقاسة بخمسة مؤشرات هي: الالتزام الزمني، وضبط التكاليف، وجودة المخرجات، وكفاءة الموارد، ورضا أصحاب المصلحة — تُختبر من خلال الفرضية الرئيسية H0 وأربع فرضيات فرعية H1 حتى H4. وتجدر الإشارة إلى أن الدراسة تقيس الإسهام التفسيري للمتغير المستقل في المتغير التابع ضمن تصميم مقطعي إدراكي، ولا تدّعي إثبات علاقة سببية.

3.7 الأساليب الإحصائية المستخدمة

استُخدم برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS v.26) لتحليل البيانات المجمّعة، ووُظفت الأساليب الإحصائية الموضّحة في الجدول التالي بما يتوافق مع طبيعة فرضيات الدراسة ومستوى قياس متغيراتها:

جدول (1): الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل بيانات الدراسة

الفرضيات المختبرة	الغرض من الاستخدام	الأسلوب الإحصائي
—	التحقق من ثبات أداة الدراسة	معامل ألفا كرونباخ
—	وصف خصائص العينة ومستوى الاستجابة	الإحصاء الوصفي
H ₁ – H ₄	قياس العلاقة الارتباطية بين المتغيرات	معامل ارتباط بيرسون
H ₁ – H ₄	اختبار إسهام كل بُعد على حدة	تحليل الانحدار البسيط
H ₀ الرئيسية	اختبار الإسهام الكلي لجميع الأبعاد مجتمعةً	تحليل الانحدار المتعدد

الكشف عن الازدواج الخطي بين المتغيرات	معامل VIF واختبار التحمل
---------------------------------------	--------------------------

3.8 مجتمع الدراسة وعينتها

3.8.1 مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من جميع الكوادر البشرية العاملة في الإدارات والأقسام المعنية بتخطيط وتنفيذ ومتابعة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية، سواء في المقرّ الرئيسي بالرياض أو في الفروع الإقليمية. ويشمل هذا المجتمع: مديري المشاريع، والمهندسين المدنيين والكهربائيين والميكانيكيين، ومسؤولي التحول الرقمي ومحللي البيانات، والمشرفين الفنيين، والإداريين المشاركين في دورة حياة المشاريع الإنشائية في قطاعات الوزارة الثلاثة (البيئة والمياه والزراعة). وقد بلغ الحجم التقديري لمجتمع الدراسة (850) موظفاً وموظفة وفق البيانات المُستقاة من إدارة الموارد البشرية في الوزارة، وتفاصيل التوزيع موضّحة في جدول (2).

3.8.2 عينة الدراسة

نظراً لعدم إمكانية إجراء مسح شامل لجميع أفراد المجتمع، اعتمدت الدراسة أسلوب العينة العشوائية الطبقية التي تضمن تمثيلاً متوازناً لجميع قطاعات الوزارة وفئاتها الوظيفية، وذلك بتقسيم المجتمع إلى طبقات وفق القطاع والمسعى الوظيفي، ثم تخصيص حجم العينة لكل طبقة بنسبة تتناسب مع حجمها في المجتمع الأصلي. وقد حُدِّد الحد الأدنى لحجم العينة بـ (265) مفردة وفق معادلة Krejcie & Morgan (1970) عند مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%.

ولضمان الحصول على الحجم المطلوب من الاستجابات الصالحة، وُزِعَ ما مجموعه (300) استبانة إلكترونية عبر منصة Google Forms. وقد بلغت الاستبانات المستردة (272)، تبين بعد مراجعتها أن (265) منها صالحة للتحليل الإحصائي، وأن (7) استبانات استُبعدت لعدم اكتمالها، بنسبة استرداد كلية بلغت (90.7%) ونسبة استجابات صالحة بلغت (88.3%).

جدول (2): توزيع مجتمع الدراسة وعينتها حسب القطاع والمسعى الوظيفي

حجم العينة	نسبة العينة %	العدد التقديري	المسمى الوظيفي	القطاع / الإدارة
87	33%	280	مديرو مشاريع / مهندسون	قطاع المياه
66	25%	210	مديرو مشاريع / مهندسون	قطاع البيئة
58	22%	190	مديرو مشاريع / مهندسون	قطاع الزراعة

32	12%	100	محللو بيانات / تقنية معلومات	إدارة التحول الرقمي
22	8%	70	مشرفون فنيون / إداريون	الإدارة العامة للمشاريع
265	100%	850	المجموع الكلي	

جدول (3): توزيع الاستبانات الموزعة والمستردة والصالحة حسب المنطقة الجغرافية

نسبة الاستجابة %	الصالحة للتحليل	عدد المستردة	عدد الموزعة	المنطقة / الموقع
87.5%	105	108	120	المقر الرئيسي - الرياض
86.7%	52	54	60	المنطقة الغربية - جدة
86.0%	43	44	50	المنطقة الشرقية - الدمام
88.6%	31	32	35	المنطقة الشمالية
97.1%	34	34	35	المنطقة الجنوبية
88.3%	265	272	300	المجموع الكلي

يتضح من الجدول السابق أن نسب الاستجابة جاءت مرتفعة في جميع المناطق وتجاوزت 86% في أدنى مستوياتها، مما يُشير إلى مستوى عالٍ من التعاون من قِبَل أفراد عينة الدراسة. وتجدر الإشارة إلى أن ارتفاع نسبة الاستجابة لا يُثبت وحده تمثيلية العينة؛ إذ يعتمد التمثيل أيضاً على صحة إطار المعاينة وصحة الاختيار العشوائي داخل كل طبقة.

3.9 أداة جمع البيانات

صُمِّمت استبانة الدراسة بصورتها الإلكترونية انطلاقاً من مراجعة الأدبيات النظرية والدراسات السابقة ذات الصلة، ولا سيما دراسة Hossain et al. (2024) ودراسة إبراهيم وآخرين (2024) ودراسة عبدالفتاح وأبو قلة (2024)، مع تكييف العبارات وفق السياق المؤسسي لوزارة البيئة والمياه والزراعة. وتتكوّن الاستبانة من قسمين: ستة أسئلة ديموغرافية، و(32) عبارة قياسية موزعة على المتغيّرين، على النحو الموضح في جدول: (4)

جدول (4): هيكل أداة الدراسة وتوزيع عباراتها

أرقام العبارات	عدد العبارات	البُعد	المحور
1 – 6	6	البيانات الديموغرافية والوظيفية	القسم الأول
7 – 12	6	البُعد الأول: تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ	القسم الثاني (المتغير المستقل)
13 – 18	6	البُعد الثاني: أتمتة العمليات الذكية	
19 – 24	6	البُعد الثالث: دعم اتخاذ القرار الذكي	
25 – 30	6	البُعد الرابع: إدارة المخاطر الاستباقية	
31 – 38	8	كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية	القسم الثالث (المتغير التابع)
	38		المجموع

واعتمد مقياس ليكرت الخماسي للإجابة عن جميع عبارات القسمين الثاني والثالث وفق معايير التفسير الموضحة في جدول: (5)

جدول (5): مقياس ليكر الخماسي ومعايير التفسير

المدى	المستوى التفسيري	مستوى الموافقة	الدرجة العددية
4.21 – 5.00	مرتفع جداً	أوافق بشدة	5
3.41 – 4.20	مرتفع	أوافق	4
2.61 – 3.40	متوسط	محايد	3
1.81 – 2.60	منخفض	لا أوافق	2
1.00 – 1.80	منخفض جداً	لا أوافق بشدة	1

3.10 صدق أداة الدراسة

أ. صدق المحتوى

عُرضت الاستبانة في صورتها الأولية على (12) محكماً متخصصاً من أعضاء هيئة التدريس في الجامعات السعودية والعربية في تخصصات: إدارة المشاريع، ونظم المعلومات الإدارية، والذكاء الاصطناعي، والهندسة الإنشائية. وقد طُلب إلى المحكمين إبداء آرائهم في مدى وضوح العبارات وملاءمتها للبُعد الذي تقيسه وسلامة صياغتها اللغوية. وفي ضوء ملاحظاتهم أُجريت التعديلات اللازمة على عدد من العبارات حتى استقرت الاستبانة في صورتها النهائية.

ب. صدق الاتساق الداخلي

طُبّق اختبار الاتساق الداخلي على بيانات العينة الاستطلاعية المؤلفة من (30) مفردة من خارج العينة الأساسية، وذلك من خلال حساب معاملات ارتباط بيرسون بين درجة كل عبارة والدرجة الكلية للبُعد الذي تنتمي إليه. وتراوحت قيم هذه المعاملات بين (0.641 و0.849) وهي جميعها دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يؤكد تماسك العبارات داخل كل بُعد.

3.11 ثبات أداة الدراسة

للتحقق من ثبات أداة الدراسة، حُسب معامل الاتساق الداخلي ألفا كرونباخ على بيانات العينة الكاملة (265 مفردة)، وكانت النتائج على النحو الموضح في جدول: (6)

جدول (6): معاملات ألفا كرونباخ لأبعاد أداة الدراسة

مستوى الثبات	معامل ألفا كرونباخ (α)	عدد العبارات	البُعد / المحور
مرتفع جداً	0.911	6	البُعد الأول: تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ
مرتفع جداً	0.903	6	البُعد الثاني: أتمتة العمليات الذكية
مرتفع جداً	0.917	6	البُعد الثالث: دعم اتخاذ القرار الذكي
مرتفع جداً	0.908	6	البُعد الرابع: إدارة المخاطر الاستباقية
مرتفع جداً	0.937	24	المتغير المستقل الكلي

مرتفع جداً	0.931	8	المتغير التابع: كفاءة إدارة المشاريع
مرتفع جداً	0.924	32	عبارات ليكر الكلية

يتضح أن معاملات ألفا كرو نباخ لجميع أبعاد الاستبانة تجاوزت (0.90)، وهو مستوى يفوق الحد الأدنى المقبول في الدراسات الإدارية البالغ (0.70) وفق ما أكدته (Sekaran & Bougie (2019)، مما يؤكد موثوقية الأداة واتساقها الداخلي.

3.12. حدود الدراسة

جدول (7): ملخص حدود الدراسة

النطاق	الحد
الإسهام التفسيري لتقنيات الذكاء الاصطناعي (4 أبعاد) في كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية (5 مؤشرات)، ضمن تصميم مقطعي لا يُتيح إثبات السببية	الموضوعي
وزارة البيئة والمياه والزراعة — المقر الرئيسي بالرياض والفروع الإقليمية	المكاني
مديرو المشاريع، والمهندسون، ومسؤولو التحول الرقمي، ومحللو البيانات، والمشرفون الفنيون	البشري
فبراير - مايو 2026م — الفصل الثاني من العام الجامعي 1446-1447هـ	الزماني

اتّسمت إجراءات هذه الدراسة بسلامة منهجية تتوافق مع أهدافها وفرضياتها ضمن حدودها المعرفية أعلاه، وينتقل البحث في الفصل التالي إلى عرض نتائج التحليل الإحصائي واختبار الفرضيات.

الفصل الرابع: النتائج والتوصيات

مقدمة الفصل الرابع

يتضمن هذا الفصل عرضاً تفصيلياً لنتائج الدراسة الميدانية التي استهدفت قياس أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة بالملكة العربية السعودية. وقد اعتمدت الدراسة على الاستبانة أداة رئيسية لجمع البيانات، ووُزعت إلكترونياً على (300) مفردة من مجتمع الدراسة، وبلغت الاستبانة المستردة الصالحة للتحليل (265) استبانة بنسبة استجابة بلغت 88.3%، وهي نسبة مرتفعة تُعزز من موثوقية النتائج وقابليتها للتعميم. وقد جرى تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS الإصدار 26، واستُخدمت الأساليب الإحصائية المناسبة لتحقيق أهداف الدراسة واختبار فرضياتها.

تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية

أولاً: تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية

1. توزيع أفراد العينة حسب الجنس

أظهر التحليل أن الغالبية العظمى من أفراد العينة من الذكور بنسبة 81.1% (215 مفردة)، في حين بلغت نسبة الإناث 18.9% (50 مفردة)، وهو توزيع يعكس الطبيعة الهندسية والميدانية للوظائف المرتبطة بالمشاريع الإنشائية في الوزارة.

2. توزيع أفراد العينة حسب الفئة العمرية

جاءت الفئة العمرية (30-44 سنة) في المرتبة الأولى بنسبة 53.6% (142 مفردة)، تلتها الفئة العمرية (45-54 سنة) بنسبة 24.5% (65 مفردة)، ثم فئة (أقل من 30 سنة) بنسبة 14.3% (38 مفردة)، وأخيراً فئة (55 سنة فأكثر) بنسبة 7.6% (20 مفردة). ويدل هذا التوزيع على أن غالبية أفراد العينة ينتمون إلى الفئة الأكثر إنتاجاً وتأهيلاً مهنيًا.

3. توزيع أفراد العينة حسب المؤهل العلمي

حمل 43.8% من أفراد العينة (116 مفردة) درجة البكالوريوس في التخصصات الهندسية، فيما حمل 31.3% (83 مفردة) درجة الماجستير، و 8.7% (23 مفردة) درجة الدكتوراه، في حين أحاز 16.2% (43 مفردة) على مؤهلات دون البكالوريوس تتعلق بالتخصصات التقنية والفنية. ويُشير هذا التوزيع إلى ارتفاع المستوى التعليمي للعينة مما يُسهم في دقة إجاباتهم حول موضوع الدراسة.

4. توزيع أفراد العينة حسب سنوات الخبرة

بلغت نسبة أصحاب الخبرة من (5-15 سنة) 46.4% (123 مفردة) وهم الفئة الأكثر تمثيلاً، تليهم أصحاب الخبرة الأكثر من 15 سنة بنسبة 33.2% (88 مفردة)، ثم أصحاب الخبرة من (أقل من 5 سنوات) بنسبة 20.4% (54 مفردة). يعكس هذا التوزيع بنية خبراتية ناضجة في العينة.

5. توزيع أفراد العينة حسب المسمى الوظيفي

تنوعت المسميات الوظيفية لأفراد العينة بين: مديري مشاريع (22.3%)، ومهندسين مدنيين وكهربائيين وميكانيكيين (41.5%)، ومسؤولي تحول رقمي ومحلي بيانات (18.1%)، ومشرفين فنيين (12.1%)، وفئات أخرى (6.0%). يعكس هذا التنوع الطبيعي لتركيبه العاملين في منظومة المشاريع الإنشائية الحكومية.

أولاً: اختبار صدق وثبات الأداة

للتحقق من صدق أداة الدراسة عُرضت الاستبانة على (12) محكماً متخصصاً من أعضاء هيئة التدريس في تخصصي إدارة المشاريع ونظم المعلومات الإدارية، وأجرى الباحث التعديلات اللازمة في ضوء ملاحظاتهم. وللتحقق من الثبات حُسب معامل ألفا كرونباخ على عبارات ليكرت البالغة (32) عبارة، وكانت النتائج على النحو الموضح في جدول (6) في الفصل السابق، إذ تجاوزت جميع معاملات الثبات (0.90) وهو مستوى يفوق الحد الأدنى المقبول (0.70) وفق (2019) Sekaran & Bougie.

ثانياً: الإحصاء الوصفي لمتغيرات الدراسة

1. البُعد الأول: تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ

أظهرت نتائج الإحصاء الوصفي لعبارات بُعد تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ أن المتوسط الحسابي العام لهذا البُعد بلغ (3.38 من 5) بانحراف معياري (0.71)، مما يُشير إلى مستوى تطبيق متوسط وفق معيار التفسير المعتمد (2.61-3.40). وجاءت العبارة المتعلقة باستخدام الوزارة لأنظمة تحليل البيانات لاستشراف مسارات المشاريع المستقبلية في مقدمة العبارات بمتوسط (3.61)، في حين جاءت العبارة المتعلقة بتوظيف نماذج التنبؤ المتقدم في تقدير احتياجات الموارد في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.14).

2. البُعد الثاني: أتمتة العمليات الذكية

بلغ المتوسط الحسابي العام لُبُعد أتمتة العمليات الذكية (3.27 من 5) بانحراف معياري (0.74)، وهو مستوى متوسط وفق معيار التفسير المعتمد. وتصدّرت العبارة المتعلقة بأتمتة إعداد التقارير الدورية للمشاريع المتوسّطات بقيمة (3.52)، فيما سجّلت العبارة الخاصة بأتمتة عمليات الشراء وإدارة العقود أدنى متوسط (2.98)، مما يُشير إلى فجوة في هذا الجانب التطبيقي.

3. البُعد الثالث: دعم اتخاذ القرار الذكي

حقّق بُعد دعم اتخاذ القرار الذكي متوسطاً حسابياً عاماً بلغ (3.44 من 5) بانحراف معياري (0.68)، وهو مستوى مرتفع وفق معيار التفسير المعتمد (3.41–4.20)، وهو أعلى متوسط بين أبعاد المتغير المستقل. وأشارت استجابات العينة إلى مستوى مرتفع نسبياً في هذا البُعد، وقد احتلت العبارة المتعلقة بتوفر لوحات مؤشرات ذكية تُتيح لمديري المشاريع رصد الأداء أنياً المرتبة الأولى بمتوسط (3.72).

4. البُعد الرابع: إدارة المخاطر الاستباقية

سجّل بُعد إدارة المخاطر الاستباقية متوسطاً حسابياً عاماً بلغ (3.31 من 5) بانحراف معياري (0.76)، مما يُشير إلى مستوى تطبيق متوسط. وجاءت العبارة المتعلقة بتوظيف الأنظمة الذكية لرصد المخاطر البيئية والمناخية المؤثرة على المشاريع في الصدارة بمتوسط (3.58)، وهو ما يتسق مع طبيعة مشاريع وزارة البيئة والمياه والزراعة التي تتأثر بالمتغيرات المناخية بصورة مباشرة.

5. المتغير التابع: كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية

بلغ المتوسط الحسابي العام لمحور كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية (3.52 من 5) بانحراف معياري (0.63)، مما يُشير إلى مستوى مرتفع وفق تصوّرات أفراد العينة. وحققت العبارات المتعلقة بجودة المخرجات الإنشائية ومستوى رضا أصحاب المصلحة أعلى المتوسطات، في حين جاءت العبارات المتعلقة بالالتزام الكامل بالميزانيات المرصودة بمتوسّطات أقل. وتُشير هذه النتائج إلى أن ضبط التكاليف يمثّل جانباً يستدعي مزيداً من الاهتمام مقارنةً بأبعاد الكفاءة الأخرى.

ثالثاً: نتائج اختبار الفرضيات

اختبار الفرضية الفرعية الأولى (H₁)

تنص الفرضية الفرعية الأولى على أنه لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لتحليل البيانات الضخمة والتنبؤ في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية. ولاختبار هذه الفرضية أُجري تحليل الانحدار الخطي البسيط، وأظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط بلغت ($r=0.682$)، وأن معامل التحديد ($R^2 = 0.465$) مما يعني أن هذا البُعد يُفسّر (46.5%) من التباين في مستوى كفاءة إدارة المشاريع. وبلغت قيمة F المحسوبة (227.39) وهي دالة إحصائياً عند ($p < 0.001$). وبناءً على ذلك تُرفض الفرضية الصفرية H₁ وتُقبل الفرضية البديلة، إذ أظهرت النتائج وجود أثر ذي دلالة إحصائية لتحليل البيانات الضخمة والتنبؤ في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في الوزارة.

اختبار الفرضية الفرعية الثانية (H₂)

تنص الفرضية الفرعية الثانية على أنه لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لأتمتة العمليات الذكية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية. وأظهرت نتائج تحليل الانحدار البسيط أن معامل الارتباط بلغ ($r=0.619$)، وأن معامل التحديد ($R^2 = 0.383$) مما يُشير إلى أن أتمتة العمليات الذكية تُفسّر (38.3%) من التباين في كفاءة إدارة المشاريع. وبلغت قيمة F المحسوبة (163.77) وهي دالة إحصائياً عند ($p < 0.001$). وعليه تُرفض الفرضية الصفرية H₂ وتُقبل الفرضية البديلة، إذ أظهرت النتائج وجود أثر إيجابي دال لأتمتة العمليات الذكية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية.

اختبار الفرضية الفرعية الثالثة (H₃)

تنص الفرضية الفرعية الثالثة على أنه لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لدعم اتخاذ القرار الذكي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية. وأظهرت نتائج تحليل الانحدار البسيط أن معامل الارتباط بلغ ($r=0.714$)، وأن معامل التحديد ($R^2 = 0.510$) إذ يُفسّر هذا البُعد (51.0%) من التباين في الكفاءة الإدارية، وهي أعلى قيمة تفسيرية بين أبعاد المتغير المستقل. وبلغت قيمة F المحسوبة (274.13) وهي دالة إحصائياً عند ($p < 0.001$). وعليه تُرفض الفرضية الصفرية H₃ وتُقبل الفرضية البديلة، إذ أظهرت النتائج وجود أثر إيجابي دال لبُعد دعم اتخاذ القرار الذكي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية.

اختبار الفرضية الفرعية الرابعة (H₄)

تنص الفرضية الفرعية الرابعة على أنه لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha=0.05$) لإدارة المخاطر الاستباقية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية. وأظهرت نتائج تحليل الانحدار البسيط أن معامل الارتباط بلغ ($r=0.658$)، وأن معامل التحديد ($R^2 = 0.433$) إذ يُفسّر هذا البُعد (43.3%) من التباين في الكفاءة الإدارية. وبلغت قيمة F المحسوبة (201.48) وهي دالة إحصائياً عند ($p < 0.001$). وبناءً على ذلك تُرفض الفرضية الصفرية H₄ وتُقبل الفرضية البديلة، إذ أظهرت النتائج وجود أثر إيجابي دال لإدارة المخاطر الاستباقية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية.

اختبار الفرضية الرئيسية (H₀)

لاختبار الفرضية الرئيسية أُجري تحليل الانحدار المتعدد بإدخال الأبعاد الأربعة معاً متغيراتٍ مستقلة وكفاءة إدارة المشاريع متغيراً تابعاً. وأظهرت النتائج أن معامل الارتباط المتعدد بلغ ($R=0.791$)، وأن معامل التحديد المعدّل ($Adjusted R^2 = 0.621$) مما يُشير إلى أن تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة مجتمعة تُفسّر (62.1%) من التباين في مستوى كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية ضمن بيانات العينة، مع بقاء (37.9%) لعوامل أخرى وخطأ القياس. وبلغت قيمة F المحسوبة للنموذج الكلي (107.83) وهي دالة إحصائياً عند ($p < 0.001$).

وعند النظر إلى معاملات الانحدار المعيارية (Beta) في نموذج الانحدار المتعدد، جاء بُعد دعم اتخاذ القرار الذكي الأعلى إسهاماً ($\beta=0.312$)، يليه بُعد تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ ($\beta=0.274$)، ثم إدارة المخاطر الاستباقية ($\beta=0.241$)، وأخيراً أتمتة العمليات الذكية ($\beta=0.198$). وبناءً على هذه النتائج تُرفض الفرضية الرئيسية الصفرية H₀ وتُقبل الفرضية البديلة، مما يُؤكد وجود أثر ذي دلالة إحصائية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

رابعاً: أبرز نتائج الدراسة

في ضوء التحليل الإحصائي، تُستخلص النتائج الرئيسية التالية:

أولاً: جاء مستوى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الوزارة متوسطاً بمتوسط حسابي عام (3.35 من 5)، مما يُشير إلى وجود فرصة حقيقية للتوسع في تبني هذه التقنيات.

ثانياً: بُعد دعم اتخاذ القرار الذي هو الأعلى توظيفاً ($M=3.44$) والأكبر إسهاماً تفسيرياً في نموذج الانحدار المتعدد ($\beta=0.312$)، فضلاً عن امتلاكه أعلى قيمة تحديد في الانحدار البسيط ($R^2 = 0.510$).

ثالثاً: أتمتة العمليات الذكية هي الأدنى توظيفاً ($M=3.27$) والأقل إسهاماً في نموذج الانحدار المتعدد ($\beta=0.198$)، وهو ما يكشف عن فجوة في مجال الأتمتة الإدارية تستدعي المعالجة.

رابعاً: أظهر نموذج الانحدار المتعدد إسهاماً تفسيرياً مرتفعاً نسبياً ضمن بيانات العينة ($Adjusted R^2 = 0.621$)، مع الإشارة إلى أن (37.9%) من التباين يعود لعوامل أخرى لم تشملها الدراسة وخطأ القياس.

خامساً: التوصيات

في ضوء نتائج الدراسة، توصي الدراسة بما يلي:

أولاً: على صعيد بناء القدرات البشرية

توصي الدراسة وزارة البيئة والمياه والزراعة بإطلاق برنامج شامل لتطوير كفاءات العاملين في مجال الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة المشاريع، يتضمن برامج تدريبية متخصصة وشراكات مع الجامعات والمعاهد التقنية واستقطاب كفاءات متخصصة. كما يُنصح بإنشاء وحدات متخصصة لتقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن الهياكل التنظيمية لإدارة المشاريع في الوزارة.

ثانياً: على صعيد البنية التقنية

يُوصى ببناء منصة بيانات مشاريع مركزية تُوحد بيانات جميع المشاريع الإنشائية في الوزارة وتُتيحها للأنظمة الذكية، مع الاهتمام بمعايير جودة البيانات وحوكمتها. ويُستحسن البدء بتطبيق منهجية BIM في جميع المشاريع الإنشائية الجديدة بوصفها ركيزة أساسية لأتمتة الذكاء الاصطناعي.

ثالثاً: على صعيد الاستراتيجية المؤسسية

تُوصي الدراسة بصياغة استراتيجية واضحة للتحويل الرقمي في إدارة المشاريع الإنشائية بالوزارة تُحدد الأولويات والمراحل الزمنية ومؤشرات النجاح، مع تبني نهج تدريجي في التطبيق يبدأ بمشاريع نموذجية تختبر فيها الوزارة الحلول التقنية قبل توسيع نطاق تطبيقها.

رابعاً: على صعيد إدارة التغيير

يُوصى بإيلاء اهتمام جدي لإدارة التغيير المؤسسي من خلال إشراك الموظفين في مراحل تبني التقنية وتبسيط الضوء على الفوائد العملية للذكاء الاصطناعي في تخفيف أعباء العمل وتحسين دقة القرارات، مع إنشاء مجتمعات ممارسة داخلية تتبادل التجارب والدروس المستفادة في توظيف هذه التقنيات.

أظهرت نتائج هذه الدراسة التطبيقية وجود علاقة إيجابية دالة إحصائياً بين توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية بوزارة البيئة والمياه والزراعة وتحسين مؤشرات الكفاءة الزمنية والتكلفية والجودة وإدارة المخاطر، وذلك في حدود عينة الدراسة وتصميمها المقطعي.

وقد كشفت نتائج نموذج الانحدار المتعدد أن بُعد دعم اتخاذ القرار الذكي جاء الأعلى إسهاماً تفسيرياً بين أبعاد المتغير المستقل ($\beta=0.312$)، يليه تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ ($\beta=0.274$)، ثم إدارة المخاطر الاستباقية ($\beta=0.241$)، وأخيراً أتمتة العمليات الذكية ($\beta=0.198$). وفي نموذج الانحدار البسيط احتفظ بُعد دعم اتخاذ القرار الذكي بأعلى قيمة تحديد ($R^2 = 0.510$)، مما يُعزز هذا الترتيب. ويُشير هذا الترتيب إلى أن استجابات العينة تعكس استفادةً أعلى من أنظمة دعم القرار الذكية، في حين يظل مجال أتمتة العمليات الإدارية الأكثر حاجةً للتطوير والتوسع.

كما أشارت نتائج الإحصاء الوصفي إلى أن مستوى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في الوزارة يقع في النطاق المتوسط بمتوسط حسابي عام (3.35 من 5)، وهو ما يُشير إلى وجود فرصة حقيقية للتوسع في تبني هذه التقنيات لتحقيق قدر أكبر من الكفاءة الإدارية.

وختاماً، فإن توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية ضرورة استراتيجية في ظل طموحات رؤية 2030 وما تستهدفه من مشاريع تنموية ضخمة تسعى المملكة إلى إنجازها بأعلى مستويات الكفاءة والجودة وضمن الأطر الزمنية والمالية المحددة. وتأمل الدراسة أن تُسهم نتائجها في توجيه استثمارات الوزارة التقنية نحو المجالات الأكثر إسهاماً في تحسين كفاءة إدارة مشاريعها الإنشائية.

المراجع

المراجع العربية:

أبو خضير، محمود. (2023). إدارة المشاريع الذكية: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئة الأعمال المعاصرة. دار النشر الأكاديمي، عمان.

إبراهيم، أحمد؛ وآخرون. (2024). أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الصحية: دراسة تطبيقية على وزارة الصحة بالمملكة العربية السعودية. مجلة الإدارة والاقتصاد، 45(2)، 112-135.

البشير، خالد. (2024). أثر حوكمة البيانات في كفاءة إدارة المشاريع الرقمية في القطاع الحكومي السعودي. مجلة العلوم الإدارية والمالية، 12(3)، 45-68.

بني هاني، زياد. (2023). أثر إدارة المخاطر الرقمية على نجاح المشاريع في شركات الاتصالات الأردنية. مجلة دراسات للعلوم الإدارية، 50(4)، 200-225.

الجربوع، ناصر. (2022). تقنيات الثورة الصناعية الرابعة ودورها في تعزيز التنافسية في المشاريع الهندسية. المجلة العربية للعلوم الإدارية، 29(1)، 15-40.

الحري، منيرة. (2023). دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بمخاطر المشاريع: دراسة استطلاعية في شركات المقاولات الكبرى. مجلة الإدارة العامة، 63(2)، 310-335.

الحسن، محمد؛ والنجار، خالد. (2023). تكنولوجيا المعلومات وأثرها في نجاح المشاريع: الدور الوسيط للمنصات الرقمية في الشركات الإنشائية الأردنية. المجلة الأردنية في إدارة الأعمال، 19(4)، 450-472.

الحيارى، عمر؛ والحياصات، محمد. (2022). أثر السمات الشخصية لمديري المشاريع على نجاح المشاريع الإنشائية: دراسة تطبيقية على المشاريع الإنشائية في مدينة عمان. مجلة دراسات للعلوم الإدارية، 49(1)، 88-105.

الحيارى، عمر؛ وحياصات، محمد. (2024). أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي على جودة المشاريع في قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات: دراسة حالة شركة أورنج في الأردن. المجلة الأردنية في إدارة الأعمال، 20(1)، 48-25.

حمدان، محمد. (2021). تقنيات البناء الرقمي (BIM) وأثرها في تقليل التكاليف في المشاريع الإنشائية. المجلة الهندسية الأردنية، 15(3)، 90-115.

حسن، إبراهيم. (2022). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الرقابة والمتابعة للمشاريع الكبرى. المركز العربي للبحوث الإدارية، عمان.

الخالدي، سارة. (2024). التحول الرقمي كاستراتيجية لتحقيق رؤية المملكة 2030 في إدارة المشاريع التنموية. مجلة الاقتصاد والإدارة، 38(4)، 220-245.

درويش، سهير. (2024). الإطار القانوني والأخلاقي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية. مجلة القانون والأعمال، 14(3)، 301-325.

الرشيدى، أحمد. (2021). أثر ممارسات إدارة المشاريع الرشيقة على سرعة الإنجاز: دراسة تطبيقية في قطاع البرمجيات. المجلة الأردنية في إدارة الأعمال، 17(2)، 310-330.

الزهراني، سلمى حسن. (2023). دور التحول الرقمي في تطوير أداء المنظمات الحكومية: تجربة وزارات المملكة العربية السعودية. مجلة الإدارة والاقتصاد، 45(1)، 55-80.

سالم، أحمد. (2023). أثر التحول الرقمي على الابتكار في إدارة المشاريع: دراسة تطبيقية على قطاع الطاقة. مجلة جامعة الملك عبدالعزيز للاقتصاد والإدارة، 36(1)، 145-120.

السهلي، عادل. (2023). تحديات تبني الذكاء الاصطناعي في الشركات الإنشائية الخليجية: دراسة نوعية. مجلة جامعة الملك سعود للعلوم الإدارية، 35(1)، 225-200.

الصافي، ليلى. (2022). تطبيقات تعلم الآلة في اتخاذ قرارات إدارة المشاريع. المجلة الدولية لإدارة المشاريع، 5(2)، 65-45.

العبدالكريم، فيصل. (2024). أثر الذكاء الاصطناعي على استدامة المشاريع الإنشائية. مجلة الهندسة والبيئة، 11(1)، 35-10.

عبدالفتاح، ريم؛ وأبو قلة، لمى. (2024). أثر استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المشاريع: دراسة حالة شركة المناصير للزيوت والمحروقات في الأردن. مجلة دراسات للعلوم الإدارية، 51(2)، 235-210.

عبدالقادر، سامية. (2020). تطبيقات الذكاء الاصطناعي: مدخل لتطوير التعليم في ظل تحديات جائحة فيروس كورونا (COVID-19). مجلة كلية التربية، 36(5)، 175-150.

العتيبي، فهد. (2023). دور أنظمة دعم القرار الذكية في تحسين أداء الفرق الافتراضية للمشاريع. مجلة الاقتصاد والإدارة السعودية، 40(3)، 175-150.

عطا الله، نوال. (2022). الذكاء الاصطناعي والقيادة الرقمية: مهارات جديدة لمديري المشاريع في القرن الحادي والعشرين. دار المسيرة، عمان.

العمرسان، محمد؛ والحياري، عمر. (2021). أثر تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع الهندسية في الأردن. المجلة الأردنية في إدارة الأعمال، 17(3)، 422-400.

العريفي، سعد؛ والحر افشة، سامي. (2019). أثر المعايير الدولية لتقييم المشاريع على نجاح المشاريع في الشركات الإنشائية الهندسية الأردنية. مجلة دراسات للعلوم الإدارية، 46(2)، 330-355.

الغامدي، إبراهيم سعد. (2021). إدارة المشاريع الإنشائية الحكومية في ضوء رؤية 2030. مجلة جامعة الملك عبدالعزيز للاقتصاد والإدارة، 35(2)، 85-110.

الفهد، طارق. (2022). نماذج إدارة المشاريع في ظل اقتصاد المعرفة: رؤية مستقبلية. مكتبة العبيكان، الرياض.

فارس، مروان. (2024). دور الحوسبة السحابية في التكامل بين فرق العمل الدولية في المشاريع التقنية. مجلة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، 12(1)، 45-67.

المعادات، محمد؛ وأبو زيد، وائل. (2021). تأثير تخطيط المشروع على نجاح المشاريع الإنشائية: الدور المعدّل لمستوى المخاطرة في شركات مشاريع الإنشاءات الأردنية. مجلة دراسات للعلوم الإدارية، 48(4)، 510-532.

المنصور، ريم. (2024). واقع استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي في التخطيط الاستراتيجي للمشاريع. المجلة العربية للبحوث الإدارية، 44(2)، 180-205.

محمود، هبة. (2023). أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة اتخاذ القرار في إدارة الموارد البشرية للمشاريع. مجلة الإدارة والأعمال، 9(2)، 110-135.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>

Gupta, G. (2025). The impact of artificial intelligence on modern program management. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 11(1), 592–600. <https://doi.org/10.32628/CSEIT25111266>

Haque, A., & Fahad, M. (2025). Artificial intelligence in organizational management: A strategic framework. *International Journal of Business Strategy*, 15(2), 120-140.

Hossain, M. Z., Hasan, L., Dewan, M. A., & Monira, N. A. (2024). The impact of artificial intelligence on project management efficiency. *International Journal of Management Information Systems and Data Science*, 1(5), 1–17. <https://doi.org/10.62304/ijmisds.v1i05.211>

Jiang, H., Lin, P., & Qiang, M. (2021). Machine learning for cost estimation in large-scale construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), 2345-2368. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0321>

Jurina, K., & Kapulica, B. (2024). Application of artificial intelligence in project management: Analysis of potentials and challenges. *Et2er*, 6(2), 115–121. <https://doi.org/10.70077/et2er.6.2.15>

Kim, S., & Chi, S. (2020). Application of neural networks to construction schedule optimization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020042.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001815](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001815)

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607–610.
<https://doi.org/10.1177/001316447003000308>

Mahmoudi, A., Liu, S., & Deng, X. (2020). A hybrid AI model for risk assessment in oil and gas construction projects in the Middle East. *Safety Science*, 127, 104706.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104706>

Osunsanmi, T. O., Aigbavboa, C., & Oke, A. (2020). Construction industry professionals' perception of the value of artificial intelligence. *Building and Real Estate Economics*, 9(2), 65–82.

Project Management Institute. (2013). *Organizational project management maturity model (OPM3)* (3rd ed.).

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)* (7th ed.).

Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed.). Pearson.

Sekaran, U., & Bougie, R. (2019). *Research methods for business: A skill-building approach* (8th ed.). Wiley.

Taroun, A. (2021). Towards a better modelling and assessment of construction risk. *International Journal of Project Management*, 39(2), 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.11.002>

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)

Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The processes of technological innovation*. Lexington Book

الملاحق

ملحق (1): الاستبانة

حضرة المستجيب/ة الكريم/ة،

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته،

يضع بين أيديكم الباحث هذه الاستبانة في إطار دراسة علمية بعنوان «أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الإنسانية: دراسة تطبيقية على وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية».

تُمثّل مشاركتكم الكريمة ركيزة أساسية لإنجاز هذا البحث وبلوغ نتائج دقيقة وموثوقة. وتُعدّ مشاركتكم طوعية تماماً، ولكم الحق في الانسحاب في أي وقت دون أي تبعات. علماً بأن إجاباتكم ستُعامل بسرية تامة ولن تُستخدم إلا لأغراض البحث العلمي، ولن تُجمع أي بيانات تعريفية تكشف عن هويتكم. يُرجى التكرم بالإجابة عن جميع الفقرات بدقة وموضوعية.

القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية

يرجى وضع علامة (✓) أمام الاختيار المناسب:

1. الجنس:

[] ذكر [] أنثى

2. الفئة العمرية:

[] أقل من 30 سنة [] 30-44 سنة [] 45-54 سنة [] 55 سنة فأكثر

3. المؤهل العلمي:

[] دبلوم/ثانوية [] بكالوريوس [] ماجستير [] دكتوراه

4. سنوات الخبرة:

[] أقل من 5 سنوات [] 5-15 سنة [] أكثر من 15 سنة

5. المسمى الوظيفي:

[] مدير مشروع [] مهندس [] مسؤول تقنية معلومات/بيانات [] مشرف فني [] أخرى

6. القطاع التابع له:

[] البيئة [] المياه [] الزراعة

القسم الثاني: تقنيات الذكاء الاصطناعي (المتغير المستقل)

يرجى تحديد مستوى موافقتك على كل عبارة وفق مقياس ليكرت الخماسي:

الدرجة	المعنى
5	أوافق بشدة
4	أوافق
3	محايد
2	لا أوافق
1	لا أوافق بشدة

البُعد الأول: تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ

م	العبارة	1	2	3	4	5
1	تعتمد الوزارة على أنظمة تحليل البيانات الضخمة لاستشراف مسارات المشاريع الإنشائية المستقبلية.					
2	تستخدم الوزارة نماذج التحليل التنبؤي للكشف المبكر عن الانحرافات المحتملة في المشاريع.					
3	تُوظف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات الأداء التاريخية لتحسين تخطيط المشاريع الجديدة.					
4	يُسهّم تحليل البيانات الضخمة في رفع دقة تقدير التكاليف والجدول الزمني للمشاريع.					
5	تستفيد الوزارة من نماذج التنبؤ الذكي في توقع الطلب على مواد البناء والموارد.					
6	تُنتج أنظمة تحليل البيانات للمديرين اتخاذ قرارات تخصيص الموارد بصورة أكثر دقة.					

البُعد الثاني: أتمتة العمليات الذكية

م	العبارة	1	2	3	4	5
7	تعتمد الوزارة على أتمتة العمليات الروتينية في إدارة المشاريع الإنشائية كإعداد التقارير وجدولة المهام.					
8	في تسريع إجراءات الاعتمادات الإدارية للمشاريع (RPA) تُوظف روبوتات أتمتة العمليات.					
9	تُسهّم الأتمتة الذكية في تقليص الأخطاء البشرية في عمليات تتبع المشاريع وتحديث سجلاتها.					
10	تُستخدم أنظمة الأتمتة لتوليد المطالبات المالية الدورية للمشاريع وفق معطيات التنفيذ الفعلي.					
11	تُسهّم الأتمتة الذكية في تقليل الوقت المُستغرق في الأعمال الإدارية الورقية المرتبطة بالمشاريع.					
12	تعتمد الوزارة على أنظمة ذكية لأتمتة عمليات الشراء وإدارة عقود المقاولين والموردين.					

البُعد الثالث: دعم اتخاذ القرار الذكي

م	العبارة	1	2	3	4	5
13	تُتيح للمديرين رصد أداء المشاريع (Dashboards) تُوفّر الوزارة لوحات مؤشرات ذكية آنياً.					
14	تُستخدم مخرجات أنظمة دعم القرار ضمن مدخلات تقييم استمرار المشاريع أو إيقافها.					
15	تُوظف الأنظمة الخبيرة في تقديم توصيات محددة للتعامل مع مشكلات التنفيذ الطارئة.					
16	يُسهّم الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة قرارات اختيار المقاولين والموردين.					
17	تستعين الوزارة بأدوات المحاكاة الذكية في تقييم بدائل التصميم الإنشائي قبل التنفيذ.					
18	تُنتج أنظمة دعم القرار تحليل التداعيات المتوقعة لأي تغيير في نطاق المشروع أو جداوله الزمني.					

البُعد الرابع: إدارة المخاطر الاستباقية

م	العبارة	5	4	3	2	1
19	تعتمد الوزارة على أنظمة ذكية لتحديد وتصنيف مخاطر المشاريع الإنشائية في مراحلها المبكرة.					
20	تُوظف نماذج التعلم الآلي في التنبؤ باحتمالية وقوع مخاطر التأخير في المشاريع					
21	تُسهّم أنظمة الإدارة الاستباقية للمخاطر في تقليص نسبة الحوادث والأضرار في مواقع البناء					
22	يستطيع النظام الذكي اقتراح خطط استجابة للمخاطر بصورة آلية استناداً لبيانات المشاريع السابقة.					
23	تُوظف أنظمة رصد ذكية لمراقبة المخاطر البيئية والمناخية التي قد تؤثر على سير المشاريع					
24	يُسهّم استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر في تعزيز ثقة أصحاب المصلحة بالمشاريع.					

القسم الثالث: كفاءة إدارة المشاريع الإنشائية (المتغير التابع)

م	العبارة	5	4	3	2	1
25	تُتَجَزَّ المشاريع الإنشائية في الوزارة ضمن الجداول الزمنية المعتمدة					
26	تلتزم المشاريع الإنشائية بالميزانيات المرصودة مع الحد الأدنى من التجاوزات المالية					
27	تُحقّق المخرجات الإنشائية معايير الجودة والمواصفات الفنية المعتمدة					
28	تُوظّف الموارد البشرية والمادية بصورة فعّالة في تنفيذ المشاريع الإنشائية					
29	يُبدّي أصحاب المصلحة رضاهم عن مستوى إدارة وتنفيذ المشاريع الإنشائية في الوزارة					
30	تتوفّر آليات فعّالة لرصد ومعالجة الانحرافات في سير المشاريع الإنشائية بصورة سريعة					

شكراً جزيلاً على تعاونكم وحسن مشاركتكم

Midocean University

College of Management

Department of project management



The Impact of Using Artificial Intelligence Technologies on Improving the Efficiency of Construction Project Management: An Applied Study at the .Ministry of Environment, Water and Agriculture, Kingdom of Saudi Arabia

Prepared by: Naif Saeed Ahmed Al-Ahmari

University ID: 253000086

Supervisors: Dr. Faisal Abdul Hamid Mohammed Hassan

Dr. Fayez Jarad

Academic Year: 2026