

دور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس كفاءة إدارة المشاريع
حالة دراسية على مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية
رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراة تخصص إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي

مقدمة من
الباحثة/ رباب طارق الصائغ
الرقم الاكاديمي/232001710

2026



مشكلة الدراسة

تواجه مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية تحديات متزايدة في قياس كفاءة إدارة المشاريع وتحسين جودة الأداء، في ظل التوسع في المشاريع الحكومية والتحول الرقمي المرتبط برؤية المملكة 2030.

وعلى الرغم من التطور التقني وتوفر أدوات الذكاء الاصطناعي، إلا أن مستوى توظيف هذه الأدوات داخل مكاتب إدارة المشاريع لا يزال محدودًا مقارنة بالإمكانات التي تقدمها في دعم اتخاذ القرار، وتحسين جودة البيانات، والتنبيه بالمخاطر، ورفع كفاءة المتابعة والتنفيذ.

كما توجد فجوة بين الإمكانيات التقنية المتاحة والتطبيق الفعلي لأدوات الذكاء الاصطناعي في البيئة البلدية، بالإضافة إلى وجود تحديات تقنية وتنظيمية وبشرية تؤثر على كفاءة تبني هذه الأدوات.

ومن هنا جاءت هذه الدراسة لقياس أثر أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات بالمملكة العربية السعودية، وتحليل واقع استخدامها، والتحديات المرتبطة بها، وسبل تعزيز الاستفادة منها في دعم التحول الرقمي ورفع كفاءة الأداء الحكومي.

اهداف الدراسة

الهدف الرئيسي:

قياس وبيان أثر أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات بالمملكة العربية السعودية، وتطوير إطار عملي لتحسين تطبيق هذه التقنيات في البيئة الحكومية.

الأهداف الفرعية:

- تحليل الواقع الحالي لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات.
- قياس أثر أدوات الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية وكفاءة إدارة المشاريع.
- تحديد العوامل التقنية والتنظيمية والبشرية المؤثرة على نجاح تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي.
- تطوير إطار عملي يدعم التطبيق الأمثل لأدوات الذكاء الاصطناعي في البيئة البلدية.
- تقديم توصيات استراتيجية تساهم في تعزيز التحول الرقمي ورفع كفاءة الأداء الحكومي.

أهمية الدراسة

تتبع أهمية الدراسة من أهمية توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في تطوير كفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات، بما يسهم في دعم التحول الرقمي وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030.

كما تسهم الدراسة في تعزيز الفهم العلمي والتطبيقي للعلاقة بين أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع، من خلال دعم اتخاذ القرار، وتحسين جودة البيانات، وتعزيز التنبؤ بالمخاطر، ورفع كفاءة المتابعة والتنفيذ.

وتكتسب الدراسة أهميتها التطبيقية من تقديم إطار عملي وتوصيات تسهم في دعم الجهات الحكومية في تبني أدوات الذكاء الاصطناعي، وتحسين الأداء المؤسسي، ورفع كفاءة تنفيذ المشاريع الحكومية في البيئة البلدية بالمملكة العربية السعودية.

الاطار النظرى والدراسات السابقة

الفصل الأول: الإطار المنهجي للدراسة

تناول هذا الفصل الأسس المنهجية للدراسة، من خلال توضيح مشكلة الدراسة المرتبطة بوجود فجوة بين الإمكانيات التي توفرها أدوات الذكاء الاصطناعي ومستوى توظيفها الفعلي في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات. كما تناول الفصل أهمية الدراسة وأهدافها وتساؤلاتها وفرضياتها، إضافة إلى توضيح مبررات اختيار الموضوع وعلاقته برؤية المملكة 2030 والتحول الرقمي في القطاع الحكومي. وقد توصل الفصل إلى بناء إطار منهجي متكامل يوضح طبيعة الدراسة ومتغيراتها والعلاقات التأثيرية بينها.

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

تناول هذا الفصل الإطار النظري المرتبط بالذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع ومكاتب إدارة المشاريع، إضافة إلى استعراض النظريات والنماذج العلمية المرتبطة بالتحول الرقمي وتبني التقنيات الحديثة. كما استعرض الفصل عددًا من الدراسات العربية والأجنبية ذات العلاقة بموضوع الدراسة، وتحليل أبرز نتائجها وأوجه الاتفاق والاختلاف بينها، مع تحديد الفجوات البحثية التي لم تتم معالجتها بشكل كافٍ في البيئة البلدية السعودية. وقد توصل الفصل إلى بناء نموذج نظري يوضح العلاقة بين أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع، بما يدعم صياغة فرضيات الدراسة الحالية.

الاطار النظري والدراسات السابقة

الفصل الثالث: منهجية الدراسة وإجراءاتها

تناول هذا الفصل المنهجية العلمية المتبعة في الدراسة، من خلال تحديد نوع الدراسة والمنهج المستخدم، ومجتمع الدراسة وعينيتها، إضافة إلى تصميم أداة الدراسة وآلية جمع البيانات وتحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة عبر برنامج SPSS. كما تناول الفصل إجراءات التحقق من صدق وثبات الأداة والأساليب المستخدمة لاختبار الفرضيات. وقد توصل الفصل إلى بناء منهجية علمية دقيقة تدعم موثوقية النتائج وإمكانية تعميمها على البيئة الحكومية المشابهة.

الفصل الرابع: نتائج الدراسة واختبار الفرضيات

تناول هذا الفصل عرض النتائج الإحصائية وتحليلها وتفسيرها في ضوء أهداف الدراسة وفرضياتها، من خلال قياس أثر أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات. وقد أظهرت النتائج وجود أثر ذي دلالة إحصائية لأدوات الذكاء الاصطناعي في دعم اتخاذ القرار، وتحسين جودة البيانات، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، ورفع كفاءة المتابعة والتنفيذ، بما يسهم في تحسين الأداء المؤسسي ودعم التحول الرقمي في القطاع الحكومي.



الاطار النظري والدراسات السابقة

الفصل الخامس: الخاتمة والتوصيات

تناول هذا الفصل عرض أبرز النتائج التي توصلت إليها الدراسة، وربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة، إضافة إلى تقديم مجموعة من التوصيات العملية التي تدعم تعزيز استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات. كما تضمن الفصل عددًا من المقترحات البحثية المستقبلية التي تسهم في تطوير الدراسات المرتبطة بالذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي في القطاع الحكومي، بما يدعم رفع كفاءة الأداء وتحقيق أهداف التنمية المستدامة ورؤية المملكة 2030.

المنهجية (Methodology)

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، لكونه المنهج الأنسب لطبيعة الدراسة وأهدافها، حيث يهدف إلى تحليل واقع استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وقياس أثرها على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات بالمملكة العربية السعودية. كما ساعد هذا المنهج في دراسة العلاقة بين المتغيرات وتحليل التأثيرات المرتبطة بتطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي في البيئة الحكومية.

مجتمع وعينة الدراسة:

تمثل مجتمع الدراسة في العاملين بمكاتب إدارة المشاريع بالأمانات في المملكة العربية السعودية، باعتبارهم الفئة الأكثر ارتباطاً بموضوع الدراسة وممارسات إدارة المشاريع والتحول الرقمي. وتم اختيار عينة الدراسة بطريقة مناسبة لتمثيل المجتمع المستهدف، بما يساهم في الوصول إلى نتائج أكثر دقة وموضوعية تدعم أهداف الدراسة وفرضياتها.



المنهجية (Methodology)

مصادر جمع البيانات:

اعتمدت الدراسة على نوعين من البيانات، تمثلت في البيانات الأولية والبيانات الثانوية. حيث تم جمع البيانات الأولية من خلال الاستبانة باعتبارها الأداة الرئيسية للدراسة، لقياس آراء أفراد العينة حول أثر أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع. كما تم الاعتماد على البيانات الثانوية من خلال الكتب والمراجع العلمية، والدراسات السابقة، والأبحاث المحكمة، والتقارير المرتبطة بالذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع والتحول الرقمي.

أداة الدراسة:

تم تصميم الاستبانة بالاعتماد على الأدبيات العلمية والدراسات السابقة ذات العلاقة بموضوع الدراسة، وتضمنت مجموعة من المحاور التي تقيس أبعاد أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع. كما تم التحقق من صدق وثبات الأداة لضمان دقة النتائج وموثوقيتها العلمية.



المنهجية (Methodology)

أدوات التحليل الإحصائي:

تم تحليل بيانات الدراسة باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، من خلال تطبيق مجموعة من الأساليب الإحصائية المناسبة لاختبار فرضيات الدراسة وتحليل العلاقات بين المتغيرات. كما تم استخدام الأساليب الإحصائية للتحقق من صدق وثبات أداة الدراسة، وقياس مستوى تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات.



أهم النتائج والتوصيات

أهم النتائج:

أظهرت نتائج الدراسة وجود أثر ذي دلالة إحصائية لأدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات بالمملكة العربية السعودية، حيث أسهمت هذه الأدوات بشكل فاعل في تحسين عمليات اتخاذ القرار، ورفع جودة البيانات، وتعزيز دقة المتابعة، وزيادة القدرة على التنبؤ بالمخاطر المحتملة قبل حدوثها، مما انعكس إيجاباً على كفاءة تنفيذ المشاريع الحكومية.

كما أكدت النتائج وجود علاقة إيجابية بين مستوى تبني أدوات الذكاء الاصطناعي وتحسين الأداء المؤسسي داخل مكاتب إدارة المشاريع، حيث ساعدت التقنيات الذكية في تسريع معالجة البيانات وتحسين دقة التقارير ورفع كفاءة الرقابة والمتابعة، بما يدعم تحقيق أهداف التحول الرقمي في القطاع البلدي.

وأوضحت الدراسة أن نجاح تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي لا يعتمد على الجانب التقني فقط، بل يرتبط أيضاً بمدى جاهزية البيئة التنظيمية والتقنية، وتوفر البنية التحتية المناسبة، إضافة إلى دعم الإدارة العليا، وتأهيل الكوادر البشرية، وتعزيز الثقافة الرقمية داخل الجهات الحكومية.

كما أظهرت النتائج وجود عدد من التحديات التي تؤثر على كفاءة تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي، من أبرزها محدودية الخبرات المتخصصة، والحاجة إلى تطوير الأنظمة الحالية، ورفع مستوى التكامل بين الأنظمة الرقمية، إضافة إلى التحديات التنظيمية المتعلقة بإدارة البيانات وحوكمتها.

اهم النتائج والتوصيات

أهم التوصيات:

أوصت الدراسة بضرورة التوسع في تبني أدوات الذكاء الاصطناعي داخل مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات، لما لها من دور محوري في رفع كفاءة الأداء وتحسين جودة إدارة المشاريع الحكومية، بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030.

كما أوصت بأهمية تطوير البنية التقنية والرقمية داخل الجهات الحكومية، وتعزيز التكامل بين أنظمة إدارة المشاريع والأدوات الذكية ولوحات المعلومات التحليلية، بما يسهم في تحسين سرعة اتخاذ القرار ورفع مستوى المتابعة والتحليل.

وأكدت الدراسة على ضرورة الاستثمار في تدريب وتأهيل الكوادر البشرية ورفع كفاءتها في مجال الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي، مع تعزيز الوعي بأهمية التقنيات الحديثة ودورها في تطوير بيئة العمل الحكومي وتحسين الأداء المؤسسي.

وأوصت الدراسة كذلك بضرورة تطوير السياسات والإجراءات التنظيمية المرتبطة بحوكمة البيانات وأمن المعلومات، بما يدعم الاستخدام الآمن والفعال لأدوات الذكاء الاصطناعي داخل الجهات الحكومية.

كما أكدت الدراسة أهمية تشجيع الدراسات المستقبلية المرتبطة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاع الحكومي والبلدي، بهدف تطوير النماذج التطبيقية وقياس أثر التقنيات الحديثة على كفاءة الأداء واستدامة المشاريع الحكومية.

اشكرکم علی حسن استماعکم

دور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس كفاءة إدارة المشاريع

حالة دراسية على مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالملكة العربية السعودية

رسالة مقدمة لجامعة ميدأوشن لاستكمال متطلبات نيل درجة الدكتوراه

إعداد:

رباب طارق بن خليل الصائغ

الملكة العربية السعودية

1447هـ - 2026م

بسم الله الرحمن الرحيم

قال الله تعالى:

﴿يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ

وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ

وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ﴾

(سورة المجادلة - الآية 11)

وقال تعالى:

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

(سورة طه - الآية 114)

صدق الله العظيم

إلى والديَّ العزيزين

الذين كانا مصدر الدعاء والدعم والتشجيع طوال مسيرتي العلمية،
وغرسًا في نفسي حب العلم والإصرار على النجاح.

إلى أخواتي

الذين كانوا دائمًا سندًا لي ومصدر دعم ومحبة.

إلى زوجي العزيز

الذي كان أكبر داعم لي في رحلتي العلمية،
ووقف إلى جانبي بصبر وتشجيع مستمر،
وكان لوقفته الصادقة الأثر الكبير في إتمام هذه الرسالة.

إلى أبنائي

الذين كانوا مصدر إلهام ودافعًا للاستمرار والعطاء.

إليكم جميعًا أهدي هذا العمل المتواضع

تقديرًا لدعمكم ومحبتكم التي كانت القوة الحقيقية وراء هذا الإنجاز.

الباحثة

رباب طارق الصائغ

الحمد لله أولاً وآخراً، حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه، على فضله وتوفيقه الذي مكّني من إتمام هذه الرسالة، فله الحمد والشكر على ما أنعم به من توفيق وإعانة.

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى جامعة ميدأوشن وأعضاء هيئة التدريس الكرام على ما قدموه من دعم علمي وتوجيهات قيمة كان لها الأثر الكبير في إنجاز هذا البحث.

كما أتوجه بخالص الشكر والامتنان إلى عائلتي الكريمة على دعمهم المستمر وتشجيعهم الدائم طوال مسيرتي العلمية، فكان لوقوفهم بجانب الأثر الكبير في إتمام هذه الرسالة.

أسأل الله أن يجزيهم جميعاً خير الجزاء، وأن يجعل هذا العمل نافعا ومفيداً.

المستخلص:

أستهدفت هذه الدراسة إلى تحليل دور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات في المملكة العربية السعودية، في ظل التوجه المتزايد نحو التحول الرقمي وتبني التقنيات الذكية لتحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

وتتمثل مشكلة الدراسة في وجود فجوة بين الإمكانيات التي توفرها أدوات الذكاء الاصطناعي وبين مستوى توظيفها الفعلي في إدارة المشاريع داخل الأمانات، مما يستدعي دراسة مدى تأثير هذه الأدوات في تحسين كفاءة إدارة المشاريع ودعم عمليات اتخاذ القرار.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة العلاقة بين استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع في القطاع البلدي. وتم جمع البيانات من خلال استبانة وزعت على عينة من العاملين في مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات داخل المملكة العربية السعودية.

وقد تم تحليل البيانات باستخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية المناسبة عبر برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، بهدف اختبار فرضيات الدراسة وقياس مستوى تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع.

وأظهرت نتائج الدراسة وجود تأثير ذو دلالة إحصائية لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، حيث ساهمت هذه الأدوات في دعم عمليات اتخاذ القرار، وتحسين جودة البيانات، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، إضافة إلى تحسين سرعة تنفيذ المشاريع ورفع مستوى دقة المتابعة.

وتكمن أهمية الدراسة في إبراز الدور المتزايد للتقنيات الذكية في تطوير إدارة المشاريع الحكومية، كما تساهم في تقديم مجموعة من التوصيات التي تدعم تعزيز استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع داخل الأمانات، بما يساهم في رفع كفاءة الأداء وتحقيق أهداف التحول الرقمي في المملكة.

الكلمات المفتاحية:

الذكاء الاصطناعي، إدارة المشاريع، مكاتب إدارة المشاريع، التحول الرقمي، كفاءة إدارة المشاريع.

Abstract

This study aims to analyze the role of Artificial Intelligence (AI) tools in measuring the efficiency of project management within Project Management Offices (PMOs) in municipalities across the Kingdom of Saudi Arabia. The

study is conducted within the context of the growing trend toward digital transformation and the adoption of smart technologies to achieve the objectives of Saudi Vision 2030

The research problem lies in the gap between the capabilities offered by Artificial Intelligence tools and their actual level of utilization in managing projects within municipalities. Therefore, this study seeks to examine the impact of AI tools on improving project management efficiency and supporting decision-making processes

The study adopted the descriptive analytical approach to examine the relationship between the use of Artificial Intelligence tools and project management efficiency in the municipal sector. Data were collected through a questionnaire distributed to employees working in Project Management Offices in municipalities across Saudi Arabia

The collected data were analyzed using appropriate statistical methods through the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) in order to test the study hypotheses and measure the impact of Artificial Intelligence tools on project management efficiency

The results revealed a statistically significant impact of Artificial Intelligence tools on improving project management efficiency. These tools contributed to enhancing decision-making processes, improving data quality, strengthening risk prediction capabilities, accelerating project implementation, and increasing monitoring accuracy

The importance of this study lies in highlighting the growing role of smart technologies in developing government project management practices. It also provides practical recommendations to enhance the use of Artificial Intelligence tools in Project Management Offices within municipalities,

which contributes to improving performance efficiency and supporting digital transformation initiatives in Saudi Arabia

Keywords

Artificial Intelligence, Project Management, Project Management Offices, Digital Transformation, Project Management Efficiency

جدول المحتويات

6	جدول المحتويات
8	قائمة الاختصارات
9	الفصل الأول: الإطار المنهجي للدراسة
11	المقدمة
15	مشكلة الدراسة
19	الكلمات الدالة
20	أهمية الدراسة
24	أهداف الدراسة
25	فرضيات الدراسة Research Hypotheses
	Error! Bookmark not defined. خلاصة الفصل الأول
29	الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة (مراجعة الأدبيات ذات الصلة)
29	مقدمة
29	النماذج والنظريات ذات الصلة بالدراسة
33	متغيرات الدراسة
33	أولاً: المتغيرات المستقلة
35	ثانياً: المتغيرات التابعة
36	ثالثاً: العلاقة بين المتغيرات المستقلة والتابعة
37	رابعاً: الدراسات السابقة (مراجعة الأدبيات)
54	خلاصة الفصل الثاني
59	الفصل الثالث: الطريقة والإجراءات (المنهجية)
59	مقدمة الفصل الثالث:
59	نوع البحث (Research Type)

60	طرق جمع البيانات
66	مجتمع الدراسة وعينتها
68	الأساليب الإحصائية المستخدمة
70	القيود المتوقعة للدراسة:
Error! Bookmark not defined.	ملخص الفصل الثالث
75	الفصل الرابع: نتائج الدراسة واختبار الفروض
76	محتوى أداة الدراسة:
78	التحليل الإحصائي لبيانات الدراسة الميدانية:
114	الفصل الخامس: خاتمة البحث
115	أهم ما توصلت اليه الدراسة من نتائج:
122	توصيات الدراسة:
125	مقترحات لدراسات مستقبلية:
Error! Bookmark not defined.	خاتمة عامة للدراسة
130	المراجع
130	المراجع العربية:
130	المراجع الأجنبية:

قائمة الاختصارات:

الاختصار	المعنى بالعربية (والإنجليزية)
AI	Artificial Intelligence – الذكاء الاصطناعي
PMO	Project Management Office – مكتب إدارة المشاريع
SDAIA	Saudi Data & AI Authority – الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي
TAM	Technology Acceptance Model – نموذج قبول التكنولوجيا
TOE	Technology–Organization–Environment framework – إطار التكنولوجيا–المنظمة–البيئة
KMO	Kaiser–Meyer–Olkin measure – مقياس كايسر–ماير–أولكين لكفاية العينة (في التحليل العاملي)
AVE	Average Variance Extracted – متوسط التباين المستخلص/نسبة التباين المفصلة
R	Correlation Coefficient – معامل الارتباط
R ²	Coefficient of Determination – معامل التحديد
β	Beta Coefficient – معامل الانحدار القياسي
α (Cronbach's Alpha)	Cronbach's Alpha – معامل كرونباخ ألفا لقياس الثبات
Sig	Significance – الدلالة الإحصائية
DF	Degrees of Freedom – درجات الحرية
F Test	Fisher's Test – اختبار ف
χ ²	Chi-Square Test – اختبار كاي تربيع
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences – برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية
NVivo	برنامج لتحليل البيانات النوعية (ليس اختصاراً، إنما اسم البرنامج)
PMWeb	Project Management Web – نظام لإدارة المشاريع (اسم تجاري)
Oracle Unifier	نظام أوراكل لإدارة المشاريع (اسم تجاري)
KPI	Key Performance Indicator – مؤشر الأداء الرئيس
API	Application Programming Interface – واجهة برمجة التطبيقات
NLP	Natural Language Processing – معالجة اللغة الطبيعية

الفصل الأول: الإطار المنهجي للدراسة

المقدمة:

السياق العام للتحويل الرقمي في المملكة العربية السعودية:

في العقد الرقمي الذي نعيشه، تبرز المملكة العربية السعودية كنموذج رائد في التحويل الرقمي وتبني استخدام التقنيات الحديثة، مع التركيز الشديد على الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence(AI) كعنصر أساسي لتحقيق أهدافها الطموحة ضمن خطة رؤية 2030. تأتي هذه الخطوة استجابة للتغيرات العالمية السريعة وإدراكًا للدور المحوري الذي يمكن أن يلعبه الذكاء الاصطناعي في تعزيز الكفاءة، خصوصًا في القطاع الحكومي وإدارة المشاريع العامة. تواجه العديد من القطاعات تحديات معقدة، مثل تباعد البيانات وتأخر الجداول الزمنية وتجاوز الميزانيات، الأمر الذي يحتم البحث عن حلول تكنولوجية متقدمة لمعالجة هذه التحديات (Maphosa and Maphosa, 2022). يُعدّ الذكاء الاصطناعي بقدرته على التعامل مع البيانات الضخمة وتقديم تحليلات تنبؤية، مفتاحًا لتحسين إدارة المشاريع من خلال تعزيز الشفافية والدقة في التخطيط والتنفيذ وتقليل المخاطر المرتبطة بالمشاريع.

يعزز الذكاء الاصطناعي من قدرة مديري المشاريع على اتخاذ قرارات مستنيرة بفضل قدرته على تبسيط العمليات وتحليل البيانات بدقة، مما يسمح لهم بالتركيز على الجوانب الاستراتيجية والإبداعية بدلًا من الانغماس في المهام التشغيلية الروتينية. يُظهر هذا التوجه استعداد المملكة لتبني الذكاء الاصطناعي كأداة لتحقيق الكفاءة التشغيلية، تعزيز جودة الخدمات العامة، وتحسين جودة الحياة للمواطنين. في هذا الإطار، تقوم الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA) بدور رئيسي في تسريع التحويل الرقمي عبر القطاعات الحكومية، مستهدفة إحداث تحول جذري في كيفية إدارة المشاريع الحكومية وتنفيذها (Saudi Data & AI Authority, 2020).

ومع ذلك، فإن الانتقال إلى استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يمثل تحديات كبيرة، تتضمن ضرورة تطوير المهارات الرقمية للعاملين، وضمان الاندماج الفعال للأنظمة التكنولوجية المتقدمة، وتأمين الاستثمارات الضرورية في مجالات البحث والتطوير. أستهدفت هذه الدراسة إلى استكشاف كيفية استفادة إدارة المشاريع الحكومية من الذكاء الاصطناعي كمحفز للابتكار والتطوير، مع تحديد المحددات الأساسية لنجاح هذه الجهود في ظل التحولات التكنولوجية المتسارعة.

تركز الدراسة الحالية على مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بمختلف مناطق المملكة العربية السعودية كبيئة تطبيقية لتحليل دور أدوات الذكاء الاصطناعي. يعتبر القطاع البلدي السعودي ميداناً حيويًا لتطبيق التقنيات الحديثة، حيث تضطلع أمانات المناطق بإدارة عدد كبير ومتنوع من المشاريع التنموية والخدمية التي تمس جوانب الحياة اليومية للمواطن. تبنت العديد من الأمانات في المملكة استراتيجيات واضحة للتحويل الرقمي وتطبيق التقنيات المتقدمة في عملياتها، مما يجعلها ميداناً مناسباً لدراسة التحديات والفرص المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع البلدية. كما تتميز بعض الأمانات بوجود أنظمة معلومات متطورة وقواعد بيانات شاملة حول مشاريعها، مما يسهل عملية جمع البيانات وإجراء التحليلات اللازمة للدراسة. إن شمول عدة أمانات في مناطق مختلفة ضمن نطاق الدراسة من شأنه أن يجعل النتائج والتوصيات أكثر قابلية للتعميم على مستوى المملكة، نظرًا للتشابه النسبي في الهيكلة التنظيمية والتحديات التي تواجه هذه الجهات في إدارة المشاريع الحكومية.

مبررات اختيار مكاتب الأمانات كبيئة للدراسة:

أولاً: الأهمية الاستراتيجية والتنموية: الأمانات في المدن الكبرى بالمملكة – مثل أمانة منطقة الرياض وأمانة محافظة جدة وغيرها – تُعد من أهم الجهات الحكومية المسؤولة عن تنفيذ المشاريع التنموية والخدمية. المشاريع البلدية التي تشرف عليها هذه الأمانات لها تأثير مباشر على الاقتصاد الوطني وعلى تحقيق مستهدفات رؤية 2030؛ لذا فإن دراستها تمكن من فهم دور التقنيات الحديثة في دفع عجلة التنمية على نطاق واسع.

ثانياً: تنوع وحجم المشاريع: تدير الأمانات مجموعة واسعة ومتنوعة من المشاريع، من مشاريع البنية التحتية الكبرى (كالطرق والجسور وشبكات المياه) إلى مشاريع الخدمات المجتمعية (كالحدائق العامة والفعاليات الثقافية). هذا التنوع يوفر بيئة غنية لدراسة تطبيقات الذكاء الاصطناعي عبر مختلف أنواع المشاريع ومستويات التعقيد، مما يساعد في اختبار فاعلية الأدوات الذكية في ظروف متنوعة.

ثالثاً: التوجه نحو التحويل الرقمي: تبنت كثير من الأمانات استراتيجيات واضحة للتحويل الرقمي وتطبيق التقنيات المتقدمة ضمن عملياتها الإدارية والميدانية. هذا الزخم الرقمي يجعل الأمانات ساحة نموذجية لدراسة الفرص والتحديات المرتبطة

بإدماج أدوات الذكاء الاصطناعي، حيث يوجد وعي مؤسسي وإداري بأهمية التقنيات الجديدة ورغبة في الاستفادة منها لتحسين الأداء.

رابعاً: توفر البيانات والمعلومات: تتميز بعض الأمانات بتوافر بنية تحتية معلوماتية متقدمة تشمل نظم معلومات جغرافية وقواعد بيانات تفصيلية عن المشاريع. هذا التوفر للبيانات يسهل من عملية جمع المعلومات وإجراء التحليلات الإحصائية والتنبؤية الضرورية للدراسة، مما يضمن استخلاص نتائج أكثر دقة وموثوقية.

خامساً: إمكانية تعميم النتائج: يتيح تضمين عدة أمانات ضمن الدراسة الحالية استخراج نتائج وتوصيات ذات طابع عام يمكن الاستفادة منها عبر مختلف المناطق. إن تشابه الهياكل التنظيمية والإدارية بين الأمانات في المملكة يعني أن الدروس المستخلصة ستكون قابلة للتطبيق على نطاق واسع، مما يعزز من قيمة الدراسة في دعم صانعي القرار على المستوى الوطني. في ضوء ما سبق، تأسست هذه الدراسة ملء فجوة معرفية مهمة تتعلق بكيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في بيئة إدارة المشاريع الحكومية على مستوى الأمانات المحلية. فعلى الرغم من الإمكانيات الهائلة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة إدارة المشاريع من خلال التحليلات المتقدمة والتعلم الآلي، إلا أن هناك عقبات كبيرة قد تحول دون استغلال هذه الإمكانيات بشكل كامل. تشمل هذه التحديات الحاجة إلى بيانات دقيقة وشاملة، وتكاليف التطوير والتطبيق، وضرورة تطوير مهارات القوى العاملة للتعامل مع التقنيات المتقدمة.

خلفية الباحثة المهنية وعلاقتها بموضوع الدراسة:

تطلق هذه الدراسة من خبرة مهنية مباشرة للباحثة في مجال مكاتب إدارة المشاريع (PMO) داخل جهات حكومية واستشارية في المملكة العربية السعودية، حيث شاركت في تطبيق أنظمة إدارة المشاريع الرقمية، ومتابعة مؤشرات الأداء، وتحليل بيانات المشاريع لدعم متخذي القرار.

وخلال عملها في بيئات تعتمد على أنظمة إدارة المشاريع المؤسسية ولوحات المؤشرات التفاعلية، ساهمت الباحثة في إعداد تقارير تحليلية وتطوير لوحات معلومات باستخدام أدوات تحليل البيانات، بهدف تحسين كفاءة متابعة المشاريع ورفع مستوى الشفافية وتسريع عمليات اتخاذ القرار.

وقد أظهرت هذه التجربة العملية الدور المتزايد للتقنيات الذكية في تحسين أداء مكاتب إدارة المشاريع، خاصة في ما يتعلق بتحليل البيانات، والتنبؤ بالمخاطر، ومتابعة مؤشرات الأداء بشكل لحظي. كما كشفت هذه التجربة عن عدد من التحديات المرتبطة بتبني هذه التقنيات داخل الجهات الحكومية، سواء من حيث الجاهزية التقنية أو التنظيمية أو مهارات المستخدمين.

ومن هذا المنطلق، جاءت فكرة هذه الدراسة لتسليط الضوء على دور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس وتحسين كفاءة إدارة المشاريع داخل الأمانات، من منظور تطبيقي يستند إلى الواقع العملي، بما يساهم في تقديم نتائج وتوصيات قابلة للتطبيق في بيئات العمل الحكومية بالمملكة العربية السعودية.

وقد أسهمت هذه التحديات العملية، مثل صعوبة قياس كفاءة إدارة المشاريع بشكل دقيق، ومحدودية توظيف أدوات التحليل الذكي في دعم اتخاذ القرار، في توليد تساؤلات بحثية جوهرية لدى الباحثة، مما قاد إلى صياغة مشكلة الدراسة الحالية وأسئلتها بشكل منهجي يسعى إلى سد الفجوة بين الواقع العملي والإمكانات التقنية المتاحة.

دوافع الدراسة:

تنبع دوافع هذه الدراسة من مجموعة من التحديات العملية التي تبينت الباحثة خلال عملها في بيئات مكاتب إدارة المشاريع في الجهات الحكومية والاستشارية بالمملكة العربية السعودية. فقد برزت عدة تحديات تتعلق بصعوبة قياس كفاءة إدارة المشاريع بصورة دقيقة، إضافة إلى محدودية استخدام أدوات التحليل الذكي في دعم اتخاذ القرار داخل هذه المكاتب. كما تبينت الباحثة وجود فجوة بين الإمكانيات الكبيرة التي توفرها تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات والتنبؤ بالمخاطر وتحسين التخطيط، وبين مستوى تطبيق هذه التقنيات فعلياً في بيئة إدارة المشاريع الحكومية. وقد أسهمت هذه الملاحظات الميدانية في توليد اهتمام بحثي لدى الباحثة لفهم طبيعة هذه الفجوة بشكل علمي ومنهجي.

ومن هذا المنطلق جاءت فكرة الدراسة الحالية بهدف تحليل دور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس وتحسين كفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات، والسعي إلى تقديم نموذج تطبيقي يساعد الجهات الحكومية على الاستفادة من هذه التقنيات بشكل أكثر فاعلية.

الطابع التطبيقي للدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على منهج تطبيقي يستند إلى بيانات واقعية تم جمعها من بيئة عمل فعلية داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات، إضافة إلى تحليل مؤشرات الأداء والتقارير المرتبطة بسير المشاريع. وقد تم تصميم أداة الدراسة وتطوير محاورها بالاستناد إلى الخبرة المهنية للباحثة في مجال إدارة المشاريع وتحليل البيانات، مع الاستفادة من المراجع العلمية ذات الصلة. كما أن نتائج الدراسة وتحليلها الإحصائي تستند إلى بيانات ميدانية تم جمعها ومعالجتها باستخدام أدوات تحليل إحصائي، بما يضمن أن مخرجات البحث تعكس واقع بيئة العمل الحكومية، ولا تقتصر على الطرح النظري أو النماذج العامة. ويعزز ذلك الطابع التطبيقي للدراسة ويجعل نتائجها أكثر واقعية وقابلية للتطبيق في مكاتب إدارة المشاريع داخل الأمانات.

مشكلة الدراسة:

في ظل التطورات التكنولوجية الراهنة والمتسارعة، تبرز الحاجة الماسة إلى فهم دور الذكاء الاصطناعي في تحويل الأنظمة والعمليات التقليدية لإدارة المشاريع، خاصةً في القطاع الحكومي ولا سيما في القطاع البلدي السعودي. تواجه المملكة العربية السعودية تحديات جوهرية في دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي بكفاءة ضمن مشروعاتها الحكومية. هذا التحدي لا يقتصر على التقنية ذاتها فحسب، بل يمتد ليشمل البنية التحتية التقنية، والقدرات البشرية، والإطار التنظيمي، وثقافة الابتكار داخل المؤسسات الحكومية. على الرغم من الإمكانيات الهائلة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي لتعزيز كفاءة إدارة المشاريع - من خلال التحليلات المتقدمة والتنبؤ وتقديم الدعم في اتخاذ القرار - فإن هناك فجوة بين الإمكانيات التكنولوجية المتاحة والواقع العملي لتطبيقها.

أستهدفت هذه الدراسة إلى استكشاف وتحليل الفجوة بين الإمكانيات التكنولوجية للذكاء الاصطناعي والواقع العملي لتطبيقه في إدارة المشاريع البلدية في المملكة العربية السعودية. سنركز على تقييم مدى استفادة القطاع الحكومي (على مستوى الأمانات المحلية) من تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تسليم المشروعات، وخفض التكاليف، وتقصير الجداول الزمنية، وتعزيز إدارة المخاطر وجودة المخرجات، مع الأخذ بعين الاعتبار التحديات الرئيسية التي تعيق التنفيذ الفعال لهذه التكنولوجيا. هذه المشكلة البحثية تقودنا إلى طرح السؤال الرئيسي للدراسة وعدد من الأسئلة الفرعية المتفرعة عنه.

وعلى الرغم من تناول عدد من الدراسات السابقة لموضوع توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، إلا أن عرض هذه الدراسات يظهر وجود فجوة بحثية تتمثل في محدودية الدراسات التطبيقية التي تناولت هذا الموضوع في بيئة مكاتب إدارة المشاريع داخل الأمانات بالمملكة العربية السعودية. كما أن بعض الدراسات ركزت على الجوانب النظرية أو التقنية دون الربط المباشر بنتائجها العملية في تحسين كفاءة إدارة المشاريع.

وبناء على ذلك، تسعى الدراسة الحالية إلى معالجة هذه الفجوة من خلال الربط بين ما توصلت إليه الدراسات السابقة والتطبيق العملي في بيئة الأمانات، بما يساهم في تقديم فهم أكثر شمولاً وواقعية لدور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس وتحسين كفاءة إدارة المشاريع.

مصنوفة الفجوات البحثية وكيفية معالجتها في الدراسة:

في ضوء ما سبق، تسعى الدراسة الحالية إلى معالجة عدد من الفجوات البحثية التي تم تحديدها من خلال مراجعة الأدبيات والخبرة العملية، وذلك من خلال تبني منهجية تحليلية تطبيقية، كما هو موضح في الجدول التالي:

الفجوة البحثية	كيفية المعالجة في الدراسة
ضعف توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في بيئة إدارة المشاريع	قياس أثر أدوات الذكاء الاصطناعي كمتغير مستقل على كفاءة إدارة المشاريع
غياب نموذج متكامل يربط بين العوامل التقنية والتنظيمية	بناء نموذج تحليلي يضم (الأدوات، الحوكمة، الاستثمار) ضمن إطار واحد
قلة الدراسات التطبيقية في القطاع البلدي	تطبيق الدراسة على مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات وجمع بيانات ميدانية

استخدام التحليل الإحصائي (SPSS) لاختبار الفرضيات وقياس التأثير	صعوبة قياس كفاءة إدارة المشاريع بدقة
--	--------------------------------------

سؤال البحث الرئيسي:

ما مدى تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بأمانات المملكة العربية السعودية؟

ويتفرع عن هذا السؤال مجموعة من الأسئلة الفرعية التي تتناول جوانب أكثر تحدياً:

❖ الأسئلة الفرعية:

- 1) سؤال التأثير على صنع القرار: إلى أي مدى تؤثر أدوات الذكاء الاصطناعي على تحسين عمليات صنع القرار في مكاتب إدارة المشاريع بأمانات المملكة العربية السعودية؟
- 2) سؤال التحديات والحلول: ما هي التحديات الرئيسية التي تواجه تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع البلدية، وما هي الاستراتيجيات المقترحة للتغلب على هذه التحديات؟
- 3) سؤال الجودة والدقة: كيف تؤثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي على تحسين جودة مخرجات المشاريع ودقة البيانات المستخدمة في إدارتها؟
- 4) سؤال إدارة المخاطر: ما الدور الذي تلعبه أدوات الذكاء الاصطناعي في تعزيز قدرة مكاتب إدارة المشاريع على التنبؤ بالمخاطر وإدارتها بشكل استباقي؟
- 5) سؤال القبول والتبني: ما هي العوامل التي تؤثر على مستوى قبول وتبني الموظفين لأدوات الذكاء الاصطناعي في بيئة العمل الحكومية؟

على الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع، فإن معظم الدراسات قد ركزت على جوانب معينة مثل تحسين صنع القرار، أو تقليل التكاليف، أو تحسين الجدولة الزمنية. ومع ذلك، تبرز فجوة بحثية في

استكشاف الدور التكاملي للذكاء الاصطناعي في تحقيق الأهداف الاستراتيجية عبر تقوية التعاون بين الأقسام المختلفة وتحسين الكفاءة الشاملة للمشروعات.

كما أنه لا تزال هناك حاجة لفهم أعمق لكيفية تأثير الذكاء الاصطناعي على تعزيز الممارسات الإدارية في القطاعات ذات البيئات المعقدة والمتغيرة مثل قطاع التشييد والمشاريع الحكومية في المملكة العربية السعودية. تستدعي هذه الفجوات دراسة شاملة تأخذ في الاعتبار السياقات المتنوعة وتحديات تطبيق التكنولوجيا في بيئات عمل مختلفة (الشهري، عبد الله، وباسويد، خلود، وغروي، محمد -2023).

أهمية البحث تأتي من الحاجة إلى تطوير نماذج قياسية يمكن من خلالها تقييم وتحسين استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع بطريقة تسهم في النجاح المستدام وتجاوز التحديات التقنية والإدارية التي تظهر أثناء تنفيذ المشاريع.

الفجوات البحثية التي تسعى الدراسة لسدها:

على الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة المشاريع، إلا أن معظمها ركز على جوانب جزئية مثل تحسين صنع القرار، تقليل التكاليف، أو تحسين الجدولة الزمنية. وتبرز الحاجة الماسة إلى دراسات أكثر شمولاً تأخذ في الاعتبار السياق المحلي والتنظيمي في المملكة العربية السعودية، وخاصة في البيئة البلدية. وفي هذا الإطار، تسعى الدراسة الحالية إلى سد عدد من الفجوات البحثية التي لم تحظَ بما يكفي من الاهتمام، ومن أبرزها:

1. غياب الدراسات التطبيقية في البيئة البلدية السعودية، رغم أهميتها كجزء محوري في تحقيق أهداف التحول

الرقمي الوطني ضمن رؤية المملكة 2030.

2. عدم توفر نماذج قياس متكاملة تربط بين أدوات الذكاء الاصطناعي ومؤشرات كفاءة إدارة المشاريع (مثل

فعالية اتخاذ القرار، جودة البيانات، دقة تسليم المشاريع)، في ضوء استخدام فعلي لتطبيقات مثل "بلدي لنس"،

"ممثل"، و"جيوتيك".

3. قصور الأبحاث في معالجة الأبعاد التنظيمية والتشريعية التي تؤثر على مدى نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي،

بما يشمل السياسات الحكومية، حوكمة البيانات، واللوائح الداخلية في مؤسسات القطاع العام.

4. نقص في النماذج التفسيرية أو التكاملية التي تجمع بين العوامل التقنية والبشرية والتنظيمية، ما يحول دون

رسم تصور واضح وشامل لكيفية الاستفادة المثلى من الذكاء الاصطناعي في بيئة مشروعات الأمانات.

5. غياب الدراسات الكمية التي تعتمد على أدوات إحصائية لقياس العلاقات التأثيرية بين أدوات الذكاء

الاصطناعي والمتغيرات التابعة، إذ اكتفت معظم الدراسات السابقة بالطرح الوصفي أو التحليلي دون دعم رقمي

دقيق.

معالجة هذه المشكلة البحثية تكتسب أهمية خاصة في السياق الحالي للمملكة العربية السعودية لعدة أسباب جوهرية. أولاً،

تتماشى هذه الدراسة مع التوجهات الاستراتيجية للمملكة في مجال التحول الرقمي ضمن رؤية 2030، مما يجعلها تساهم

في تحقيق الأهداف الوطنية للتنمية المستدامة. ثانياً، تقدم هذه الدراسة إطاراً علمياً ومنهجياً يمكن للمؤسسات الحكومية

الأخرى الاستفادة منه في تطوير استراتيجياتها لتطبيق الذكاء الاصطناعي.

إن سد هذه الفجوات سيساهم في تطوير نموذج بحثي محكم يمكن تعميم نتائجه على نطاق أوسع داخل المملكة، كما يعزز

من موثوقية القرارات الإدارية ويقدم أساساً علمياً للسياسات المعنية بتحسين كفاءة إدارة المشاريع الحكومية من خلال تبني

الذكاء الاصطناعي.

الكلمات الدالة:

الذكاء الاصطناعي (AI)، مكتب إدارة المشروعات (PMO)، SADIA - الهيئة السعودية للبيانات والذكاء

الاصطناعي (تستخدم اختصار SDAIA عادةً بالإنجليزية)

أهمية الدراسة:

تنطلق أهمية هذه الدراسة من الحاجة إلى تطوير فهم علمي وتطبيقي متعمق لدور أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، وهو محور بحثي بالغ الأهمية في العصر الرقمي الحالي. تتجلى أهمية الدراسة عبر ثلاث زوايا متكاملة: نظرية وعملية ومجتمعية.

من الناحية النظرية:

تسهم هذه الدراسة في تطوير الإطار المفاهيمي لفهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية. فهي تقدم نموذجًا نظريًا متكاملًا يربط بين تقنيات الذكاء الاصطناعي ومؤشرات كفاءة إدارة المشاريع، مما يساعد في سد الفجوة المعرفية في هذا المجال. يمكن لهذا النموذج النظري أن يشكل أساسًا لدراسات مستقبلية، ويوفر إطارًا مرجعيًا للباحثين المهتمين بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاع الحكومي.

علاوة على ذلك، تساهم الدراسة في تعميق الفهم للعوامل المؤثرة على نجاح تطبيق التقنيات المتقدمة في البيئات الحكومية المعقدة. فمن خلال تحليل التفاعل بين العوامل التقنية والتنظيمية والبشرية، تقدّم الدراسة رؤى نظرية قيمة حول ديناميكيات التحول الرقمي في القطاع العام. مثل هذه الرؤى قد تقود إلى تطوير نظريات جديدة في مجال إدارة التغيير التقني والمؤسسي ضمن المؤسسات الحكومية. وأخيرًا، تعزز هذه الدراسة الأدبيات العلمية من خلال توسيع نطاق الفهم النظري حول تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشروعات في القطاع الحكومي – وهو مجال لم يحظَ بتغطية واسعة مقارنةً بالقطاع الخاص – وذلك بالتركيز على كيفية تأثير التكنولوجيا على مجالات مثل صنع القرار وتقييم المخاطر وتحسين الكفاءة التشغيلية.

من الناحية العملية:

أستهدفت الدراسة إلى تقديم توصيات قابلة للتطبيق لتحسين استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع الحكومية، بما يساهم في رفع كفاءة تنفيذ المشروعات. من خلال التقييم الشامل للتحديات والفرص المرتبطة بتطبيق

الذكاء الاصطناعي، توفر الدراسة لصانعي القرار ومديري المشاريع بيانات وإرشادات عملية تدعم اتخاذ قرارات استراتيجية مدروسة فيما يتعلق بتبني التقنيات الذكية. هذه التوصيات يمكن أن تسهّل عمليات تنفيذ حلول الذكاء الاصطناعي وتحسّن نتائج المشاريع النهائية، مما يساعد في تحقيق الأهداف التنموية والاقتصادية المستهدفة على المستوى الوطني.

من خلال تحليل التجارب العملية للأمانات في المملكة العربية السعودية، تقدّم الدراسة نموذجًا تطبيقيًا يمكن تكييفه مع احتياجات مؤسسات حكومية أخرى. يتضمن هذا النموذج أفضل الممارسات والدروس المستفادة والتوصيات العملية لتحسين تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع. كما تساهم الدراسة في تطوير مؤشرات أداء محددة وقابلة للقياس يمكن استخدامها لتقييم فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في سياق إدارة المشاريع. توفر هذه المؤشرات أداة للمؤسسات لمراقبة تقدمها في تبني التقنيات الحديثة وتحديد مجالات التحسين المطلوبة.

الأهمية المجتمعية:

على المستوى المجتمعي، يمكن أن تساهم هذه الدراسة في تحسين جودة الخدمات الحكومية المقدمة للمواطنين من خلال تعزيز كفاءة إدارة المشاريع التنموية. إن تحسين فعالية وكفاءة تنفيذ المشاريع الحكومية عبر تطبيق الذكاء الاصطناعي سيؤدي إلى تسريع إنجاز المشاريع ورفع جودة مخرجاتها، مما ينعكس إيجابًا على حياة المواطنين من خلال خدمات أفضل وبنية تحتية أكثر تطورًا. كما تعزز الدراسة الثقة العامة في قدرة الجهات الحكومية على تبني التقنيات الحديثة واستخدامها بكفاءة لخدمة المجتمع، وهو أمر مهم في سياق رؤية المملكة 2030 التي تسعى إلى بناء مجتمع حيوي واقتصاد مزدهر ووطن طموح.

تعمل الدراسة أيضًا على رفع مستوى الوعي المجتمعي بأهمية التحول الرقمي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين الخدمات العامة. هذا الوعي المتزايد قد يقود إلى دعم مجتمعي أكبر لمبادرات التحول الرقمي الحكومية، حيث يدرك المواطنون القيمة المضافة للتقنيات في حياتهم اليومية. وأخيرًا، يمكن اعتبار هذه الدراسة نموذجًا يُحتذى به للمؤسسات البحثية والجهات الحكومية الأخرى في المنطقة والعالم العربي، مما يساهم في نشر أفضل الممارسات الخاصة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في القطاع الحكومي وتحقيق الفائدة العامة على نطاق أوسع.

الأهمية الاقتصادية:

من الناحية الاقتصادية، تساهم الدراسة في تقديم فهم أفضل للعائد على الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الحكومي. من خلال قياس تأثير هذه التقنيات على كفاءة إدارة المشاريع، يمكن للدراسة أن تساعد في تبرير الاستثمارات المستقبلية في هذا المجال.

كما تقدم الدراسة توجيهات لتحسين استخدام الموارد العامة وتقليل الهدر في المشاريع الحكومية، مما يساهم في تحقيق وفورات مالية كبيرة يمكن إعادة توجيهها لمشاريع تنمية أخرى.

تساهم الدراسة أيضاً في تعزيز القدرة التنافسية للمملكة في مجال التحول الرقمي، مما يمكن أن يجذب استثمارات أجنبية في قطاع التكنولوجيا ويساهم في تنويع الاقتصاد السعودي.

وترتكز أهمية هذا البحث ليس فقط على دراسة حالة واحدة داخل القطاع البلدي، بل على إمكانية الاستفادة من نتائجه في مقارنته مع ممارسات وجهود أمانات أخرى داخل المملكة، نظراً للتشابه في الأنظمة الإدارية والأهداف المرتبطة برفع كفاءة إدارة المشاريع. ويسهم ذلك في دعم قابلية التعميم مستقبلاً وتوسيع نطاق الاستفادة من نتائج الدراسة على مستوى وطني أشمل.

الأهمية التطبيقية للدراسة في البيئة البلدية السعودية:

تكتسب الدراسة الحالية أهمية تطبيقية خاصة في سياق البيئة البلدية بالمملكة العربية السعودية، نظراً للدور المحوري الذي تقوم به الأمانات في تنفيذ المشاريع التنموية والخدمية التي تمس حياة المواطنين بشكل مباشر. ومع التوجه المتزايد نحو التحول الرقمي وتبني التقنيات الذكية ضمن رؤية المملكة 2030، أصبحت الحاجة ملحة إلى تطوير أساليب إدارة المشاريع داخل الجهات الحكومية، بما يضمن رفع كفاءة الأداء وتحسين جودة المخرجات.

وتسهم هذه الدراسة في تقديم تصور علمي وتطبيقي لدور أدوات الذكاء الاصطناعي في دعم مكاتب إدارة المشاريع داخل الأمانات، حيث يمكن لهذه الأدوات أن تساعد في تحليل البيانات الضخمة، وتحسين دقة التنبؤ بالمخاطر، وتسريع عمليات اتخاذ القرار، مما ينعكس إيجاباً على كفاءة تنفيذ المشاريع.

كما توفر الدراسة مجموعة من المؤشرات التي يمكن أن تستفيد منها الجهات الحكومية في تقييم مستوى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي داخل مكاتب إدارة المشاريع، وتحديد الجوانب التي تحتاج إلى تطوير، سواء على المستوى التقني أو التنظيمي أو البشري.

ومن الناحية الإدارية، يمكن أن تساعد نتائج الدراسة صناع القرار في الأمانات على:

- تطوير سياسات التحول الرقمي.
- تحسين كفاءة الإنفاق على المشاريع.
- تعزيز استخدام الأنظمة الذكية في متابعة الأداء.
- دعم القرارات المبينة على البيانات.

كما يمكن أن تشكل هذه الدراسة مرجعاً علمياً للجهات الحكومية التي تسعى إلى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، خاصة في القطاعات الخدمية التي تتسم بتعقيد العمليات وتعدد الأطراف المعنية.

دوافع الدراسة:

انبثقت فكرة هذه الدراسة من الخبرة المهنية للباحثة في مجال إدارة المشاريع والعمل ضمن مكاتب إدارة المشاريع في القطاع البلدي، حيث تبينت الباحثة وجود تحديات عملية تتعلق بقياس كفاءة إدارة المشاريع وتحليل أداء المشاريع الحكومية بصورة دقيقة. كما برزت الحاجة إلى الاستفادة من التقنيات الحديثة، وعلى رأسها أدوات الذكاء الاصطناعي، لدعم عمليات التخطيط والمتابعة واتخاذ القرار في المشاريع.

وقد ساهمت هذه الخبرة الميدانية في تشكيل دافع علمي لدى الباحثة لدراسة الدور الذي يمكن أن تؤديه أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية، ومحاولة تقديم إطار علمي يمكن أن يساهم في دعم التحول الرقمي في إدارة المشاريع الحكومية.

أهداف الدراسة:

الهدف الرئيسي:

يتمثل الهدف الرئيسي لهذه الدراسة في تقييم وقياس تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بأمانات المملكة العربية السعودية، وتطوير إطار عملي لتحسين تطبيق هذه التقنيات في البيئة الحكومية السعودية.

الأهداف الفرعية:

تسعى الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الفرعية المحددة والقابلة للقياس، من أبرزها:

الهدف الأول: تحليل الوضع الحالي لتطبيق الذكاء الاصطناعي، يهدف هذا الهدف إلى إجراء تحليل شامل للوضع الراهن لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات في المملكة العربية السعودية. يتضمن ذلك تحديد الأدوات والتطبيقات المستخدمة حاليًا، ومستوى الاستفادة منها، والتحديات التي تواجه تطبيقها. المخرج المتوقع هو تقرير مفصّل عن الواقع الحالي يشمل خريطة شاملة للتقنيات المستخدمة ومستوى نضجها التقني.

الهدف الثاني: قياس تأثير الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية، يركّز هذا الهدف على قياس التأثير الكمي والنوعي لأدوات الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية في إدارة المشاريع. تشمل هذه المؤشرات كفاءة صنع القرار، ودقة التخطيط، وسرعة التنفيذ، وجودة المخرجات، وفعالية إدارة المخاطر. المخرج المتوقع هو مجموعة من المؤشرات الكمية التي تقيس التحسّن في الأداء نتيجة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.

الهدف الثالث: تحديد العوامل المؤثرة على نجاح التطبيق، يسعى هذا الهدف إلى تحديد وتحليل العوامل التقنية والتنظيمية والبشرية التي تؤثر على نجاح تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع. يشمل ذلك دراسة تأثير عوامل مثل جودة البيانات، والبنية التحتية التقنية، والمهارات البشرية، والثقافة التنظيمية، والدعم الإداري. المخرج المتوقع هو نموذج تحليلي يحدّد أهمية كل عامل ودرجة تأثيره على نجاح تبني التقنيات الذكية.

الهدف الرابع: تطوير إطار عملي للتطبيق الأمثل، يهدف هذا الهدف إلى تطوير إطار عملي شامل يرشد المؤسسات الحكومية في التطبيق الأمثل لأدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع. يتضمن هذا الإطار مراحل واضحة لتطبيق التقنية، والمتطلبات التقنية والبشرية اللازمة، ومؤشرات النجاح، واستراتيجيات إدارة المخاطر المصاحبة. المخرج المتوقع هو دليل إرشادي عملي يمكن للمؤسسات الحكومية المختلفة الاستفادة منه لتطبيق الذكاء الاصطناعي بفعالية.

الهدف الخامس: تقديم توصيات استراتيجية للتطوير المستقبلي، يركز هذا الهدف على صياغة مجموعة من التوصيات الاستراتيجية لتطوير تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية على المدى المتوسط والبعيد. تتضمن هذه التوصيات تحديد مجالات الاستثمار المستقبلي في التقنيات الذكية، ومتطلبات التطوير التقني، وبرامج تنمية الموارد البشرية، بالإضافة إلى التحديثات التنظيمية والتشريعية المطلوبة لدعم التحول الرقمي. المخرج المتوقع هو خارطة طريق استراتيجية تمكن صناع القرار من توجيه جهود التطوير المستقبلية بوضوح.

Research Hypotheses فرضيات الدراسة

بناءً على أهداف الدراسة والإطار النظري المقترح، تم صياغة مجموعة من الفرضيات لتوجيه البحث واختبار علاقات التأثير المتوقعة:

الفرضية الرئيسية (H1): يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية بين أدوات الذكاء الاصطناعي وقياس كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بأمانات المملكة العربية السعودية.

(سيتم اختبار هذه الفرضية من خلال تحليل البيانات الكمية المستخرجة من سجلات الأداء ومؤشرات المشاريع في الأمانات محل الدراسة، بالإضافة إلى نتائج الاستبانات والمقابلات. إذا تبين استخدام فعال لأدوات الذكاء الاصطناعي، سيتم قياس التحسن في الكفاءة عبر مؤشرات محددة مثل زمن الاستجابة لاتخاذ القرار، ودقة القرارات، ومعدل الالتزام بالجدول الزمني والميزانية. سيتمكن ذلك من تحديد مدى إسهام الأدوات الذكية فعلياً في تحسين عمليات الإدارة ونتائجها).

فرضيات فرعية مشتقة من الفرضية الرئيسية:

تنبثق من الفرضية الرئيسية ثلاث فرضيات فرعية تتناول جوانب محددة من تأثير الذكاء الاصطناعي:

الفرضية الفرعية الأولى (H1a): يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية بين أدوات الذكاء الاصطناعي وتبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي لإدارة المشاريع بأمانات المملكة العربية السعودية.

التبرير النظري: تستند هذه الفرضية إلى نظرية صنع القرار الرشيد (Rational Decision-Making Theory) التي تؤكد أن توفر معلومات دقيقة وشاملة يحسن من جودة القرارات المتخذة. الذكاء الاصطناعي، من خلال قدراته على تحليل البيانات الضخمة واستخراج الأنماط المخفية، يوفر للمديرين معلومات أكثر دقة وشمولية، مما يمكنهم من اتخاذ قرارات أكثر رشداً وفعالية. كما تدعم نظرية الذكاء التنظيمي (Organizational Intelligence Theory) هذه الفرضية من خلال التأكيد على أن تحسين قدرات المنظمة على جمع ومعالجة وتحليل المعلومات يؤدي إلى تحسين جودة القرارات الاستراتيجية والتشغيلية.

الفرضية الفرعية الثانية (H1b): يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية بين أدوات الذكاء الاصطناعي والتكامل مع أنظمة إدارة المشاريع البلدية بالمملكة العربية السعودية.

التبرير النظري: تستند هذه الفرضية إلى نظرية جودة المعلومات (Information Quality Theory) التي تحدد أبعاد جودة المعلومات بما في ذلك الدقة، والاكتمال، والحداثة، والموثوقية. تقنيات الذكاء الاصطناعي، وخاصة خوارزميات التعلم الآلي، تتمتع بقدرات متقدمة في اكتشاف الأخطاء والتناقضات في البيانات وتصحيحها تلقائياً، مما يحسن من جودة البيانات بشكل عام. كما تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز أمان البيانات من خلال قدرتها على اكتشاف التهديدات الأمنية والاستجابة لها بسرعة، مما يدعم الحفاظ على سرية وسلامة معلومات المشاريع.

الفرضية الفرعية الثالثة (H1c): يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية بين أدوات الذكاء الاصطناعي والسياسات والحوكمة والأمن في مكاتب إدارة المشاريع بأمانات المملكة العربية السعودية.

التبرير النظري: تستند هذه الفرضية إلى نظرية إدارة المشاريع الحديثة (Modern Project Management Theory) التي تؤكد على أهمية التخطيط الدقيق والمراقبة المستمرة والتحكم الفعال في تحقيق نجاح المشاريع. الذكاء الاصطناعي يوفر أدوات متقدمة للتخطيط التنبؤي والجدولة الذكية وإدارة الموارد، مما يساهم في تحسين كفاءة تنفيذ المشاريع وضمان تسليمها في الوقت المحدد وضمن الميزانية المخصصة. كما تدعم نظرية التحسين المستمر (Continuous

Improvement Theory) هذه الفرضية من خلال التأكيد على أن استخدام التقنيات المتقدمة في مراقبة الأداء يمكن من تحديد فرص التحسين وتطبيقها بشكل مستمر خلال دورة حياة المشروع..

التبرير النظري: تستند هذه الفرضية إلى نظرية إدارة المخاطر الحديثة (Modern Risk Management Theory) التي تؤكد على أهمية التحليل الكمي للمخاطر والتنبؤ المبكر بما لضمان نجاح المشاريع. تقنيات الذكاء الاصطناعي، وخاصة خوارزميات التعلم الآلي والتحليل التنبؤي، تتمتع بقدرات فائقة في تحليل البيانات التاريخية وتحديد الأنماط التي قد تشير إلى مخاطر محتملة. وهذا يمكن مديري المشاريع من اتخاذ إجراءات وقائية مبكرة وتطوير استراتيجيات فعالة للتخفيف من تلك المخاطر قبل تفاقمها.

ستتم مناقشة واختبار كل فرضية من الفرضيات أعلاه من خلال منهجية البحث المختارة وجمع البيانات وتحليلها إحصائيًا. في حال تأكيد صحة أي من الفرضيات، فإن ذلك سيشكل دليلًا عمليًا على فعالية دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية. أما في حال عدم تأييد بعض الفرضيات، فسيتم تحليل الأسباب المحتملة لذلك الاختلاف، وتقديم تفسيرات مبنية على الإطار النظري ونتائج الدراسات السابقة ذات الصلة.

الخلاصة:

تناول هذا الفصل الإطار المنهجي للدراسة، حيث تم عرض الخلفية العامة لموضوع البحث في سياق التحول الرقمي في المملكة العربية السعودية، مع إبراز الدور المتنامي للذكاء الاصطناعي كأحد أهم المحركات الرئيسة لتطوير كفاءة الأداء في إدارة المشاريع، خاصة في القطاع الحكومي والبلدي.

وقد تم تحديد مشكلة الدراسة في وجود فجوة بين الإمكانيات المتقدمة التي توفرها أدوات الذكاء الاصطناعي، ومستوى توظيفها الفعلي في مكاتب إدارة المشاريع داخل الأمانات، الأمر الذي يستدعي دراسة أثر هذه الأدوات في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، ودعم عمليات اتخاذ القرار، وتعزيز جودة المخرجات.

كما تناول الفصل أهمية الدراسة، حيث تتمثل أهميتها العلمية في إثراء الأدبيات المتعلقة بدور الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، بينما تكمن أهميتها التطبيقية في تقديم نتائج وتوصيات يمكن أن تسهم في تحسين ممارسات مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات، ودعم جهود التحول الرقمي بما يتماشى مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 .

وقد تم عرض أهداف الدراسة، والتي تركزت حول تحليل أثر أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع، بالإضافة إلى مجموعة من الأهداف الفرعية المرتبطة بتحسين اتخاذ القرار، وجودة البيانات، وإدارة المخاطر، وتسريع تنفيذ المشاريع.

كما تضمن الفصل صياغة السؤال الرئيس للدراسة، والمتمثل في قياس مدى تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات، إضافة إلى مجموعة من الأسئلة الفرعية التي تناولت جوانب متعددة لهذا التأثير، مثل دور الذكاء الاصطناعي في دعم القرار، وتحسين جودة البيانات، والتنبؤ بالمخاطر، ومستوى تبني هذه التقنيات.

وفي سياق تأطير الدراسة، تم تحديد فرضيات البحث التي تسعى إلى اختبار العلاقة بين استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع، بما يعكس وجود نموذج تحليلي يربط بين المتغيرات المستقلة والتابعة.

كما استعرض الفصل حدود الدراسة ومجالاتها التطبيقية، والذي يركز على مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات داخل المملكة العربية السعودية، مع توضيح مبررات اختيار هذا المجال، لما يتميز به من أهمية استراتيجية وتنوع في المشاريع، إضافة إلى توفر البيانات وإمكانية تعميم النتائج.

وبناءً على ما سبق، فقد أسهم هذا الفصل في وضع الأساس المنهجي للدراسة من خلال تحديد إطارها العام، وصياغة مشكلتها، وأهدافها، وتساؤلاتها، وفرضياتها، بما يمهد للانتقال إلى الإطار النظري في الفصل التالي، ويعزز من ترابط هيكل الدراسة وتكاملها.

وعليه، يمثل هذا الفصل نقطة الانطلاق الرئيسة للدراسة، حيث يحدد توجهها العلمي ويؤسس لبناء تحليل متكامل يجمع بين الجانب النظري والتطبيقي في الفصول اللاحقة.

الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة (مراجعة الأدبيات ذات الصلة)

مقدمة:

يركز هذا الفصل على استعراض الأدبيات العلمية والنظريات المتعلقة بموضوع دور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس كفاءة إدارة المشاريع، مع تسليط الضوء على أبرز الدراسات السابقة التي تناولت العلاقة بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وأداء إدارة المشاريع. يتناول الإطار النظري متغيرات الدراسة المستقلة والتابعة، ويستعرض الأسس النظرية التي تستند إليها فرضيات البحث. كما يشمل الفصل مناقشة نتائج الدراسات الحديثة (خلال السنوات الأخيرة، 2020 فما بعد) التي بحثت في تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، بهدف تحديد ما توصل إليه الباحثون سابقاً وأوجه الاتفاق والاختلاف في النتائج، وصولاً إلى تحديد موقع الدراسة الحالية ضمن هذا السياق المعرفي. في الأقسام التالية، نستعرض النماذج والنظريات ذات الصلة، ثم نشرح متغيرات الدراسة (المستقلة والتابعة) ومؤشراتها، وأخيراً نناقش أبرز الدراسات السابقة وكيف تُبرز نتائجها الفجوات البحثية التي تسعى دراستنا إلى سدها.

نظراً لتعدد النظريات المرتبطة بمجال الدراسة، فقد تم التركيز في هذا الفصل على النظريات الأكثر ارتباطاً بمتغيرات الدراسة الحالية، وبشكل خاص ما يتعلق باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع، وذلك بهدف تحقيق ترابط واضح بين الإطار النظري والنموذج التطبيقي للدراسة، وتجنب التوسع غير المرتبط بشكل مباشر بفرضيات البحث.

النماذج والنظريات ذات الصلة بالدراسة:

في سياق هذه الدراسة، تم التركيز على النظريات والنماذج الأكثر ارتباطاً بمتغيرات الدراسة، وبشكل خاص ما يتعلق باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي والعوامل التنظيمية والاستثمار في التكنولوجيا، وعلاقتها بكفاءة إدارة المشاريع، وذلك بهدف تحقيق ترابط واضح بين الإطار النظري والنموذج التحليلي للدراسة وربط فرضياتها بشكل منهجي.

فيما يلي أبرز الأطر النظرية ذات الصلة:

• نظرية التحول الرقمي: (Digital Transformation Theory) تُعنى هذه النظرية بكيفية

توظيف التقنيات الرقمية لتحويل العمليات التقليدية إلى نماذج أكثر كفاءة ومرونة. في سياق دراستنا، يمكن

تفسير تبني الأمانات لأدوات الذكاء الاصطناعي كجزء من استراتيجية التحول الرقمي في الإدارة الحكومية.

تدعم الأدبيات هذا المنحى، حيث تشير إلى أن التحول الرقمي القائم على الذكاء الاصطناعي بات قوة دافعة

لتعزيز الابتكار والإبداع ورفع كفاءة الأداء في المؤسسات الحديثة. واعتماداً على هذه النظرية، فإن وجود رؤية رقمية واستراتيجية تحول واضحة في المؤسسة يساعد في تكامل أدوات الذكاء الاصطناعي ضمن الهيكل التنظيمي للمشاريع، مما ينعكس إيجاباً على سرعة اتخاذ القرار ودقة التنفيذ. من منظور نظري، يُعتبر التحول الرقمي شرطاً أساسياً لتحقيق الاستفادة القصوى من تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة إدارة المشاريع الحكومية.

- **نظرية الأداء المؤسسي (Organizational Performance Theory):** تركز هذه النظرية

على العوامل التي تؤثر في كفاءة وفعالية أداء المنظمات. تربط دراستنا هذه النظرية بأثر الأدوات التكنولوجية (كالذكاء الاصطناعي) على أداء إدارة المشاريع. وتشير البحوث الحديثة إلى وجود علاقة إيجابية قوية بين تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحسين الأداء المؤسسي بشكل عام. فقد أثبتت إحدى الدراسات وجود ارتباط معنوي موجب بين اعتماد الذكاء الاصطناعي وارتفاع إنتاجية الموظفين وتحسين نتائج المنظمة، مما يدعم مفهوم أن الاستثمار في التقنيات الذكية قد يؤدي إلى تحسين ملموس في الأداء المؤسسي. وعليه، يمكن استخدام هذه النظرية لتفسير توقعاتنا بشأن تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع؛ إذ نتوقع أن يؤدي استخدام تلك الأدوات إلى رفع كفاءة تنفيذ المشاريع وتحسين الجودة وتقليل الهدر في الوقت والموارد (Kassa, B Y., & Ketema, E. (2025).

- **نظرية إدارة المعرفة (Knowledge Management Theory):** تتناول إدارة المعرفة كيفية

جمع المعرفة داخل المنظمة وتخزينها ومشاركتها واستخدامها بفعالية. ترتبط هذه النظرية بدراستنا من خلال دور الذكاء الاصطناعي في تحويل البيانات إلى معرفة قابلة للاستخدام لدعم القرار في المشاريع. تسهم أدوات الذكاء الاصطناعي (مثل نظم تحليل البيانات الضخمة والتعلم الآلي) في تنظيم كميات هائلة من البيانات واستنباط أنماط ومعلومات قيمة منها، وهو ما يمثل عملية خلق معرفة جديدة. تؤكد الدراسات أن الذكاء الاصطناعي أحدث ثورة في كيفية جمع المعلومات وخلقها ومشاركتها داخل المؤسسات (Taherdoost, H., & Madanchian, M (2023)، الأمر الذي يعزز إدارة المعرفة المؤسسية. بناءً على ذلك، تدعم هذه النظرية فرضيتنا بأن تطبيق الذكاء الاصطناعي يُمكن مديري المشاريع في الأمانات من اتخاذ قرارات مبنية على معرفة أعمق وبيانات أدق، مما يحسّن جودة القرارات وموثوقيتها (وهو أحد أبعاد كفاءة إدارة المشاريع المدروسة).

• **نظرية إدارة المخاطر (Risk Management Theory):** توفر هذه النظرية إطاراً لفهم كيفية

تحديد المخاطر وتحليلها والاستجابة لها في سياق المشاريع. يربطها بموضوع الدراسة، يمكن افتراض أن أدوات الذكاء الاصطناعي تساعد بشكل كبير في تعزيز نهج إدارة المخاطر عبر الانتقال من الأسلوب التفاعلي إلى الأسلوب الاستباقي. وقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن الذكاء الاصطناعي يمتلك قدرات متقدمة في التحليلات التنبؤية التي تمكن المؤسسات من توقع المخاطر والتعامل معها قبل تفاقمها (Munmun, Z. S., Hossain, M) D., Jahan, I., & Akther, S. (2023)) على سبيل المثال، يمكن لخوارزميات التعلم الآلي تحليل البيانات التاريخية والراهنة لاستشراف المشكلات المحتملة في المشروع (مثل تأخر التسليم أو تجاوز التكلفة) وإطلاق إنذارات مبكرة. هذه الإمكانيات تدعم فرضية دراستنا المتعلقة بدور الذكاء الاصطناعي في تقليل تأثيرات المخاطر على المشاريع الحكومية وتعزيز استقرار تنفيذها. كما تساهم نظرية إدارة المخاطر في تفسير كيفية استفادة الأمانات من التقنيات الذكية لاتخاذ إجراءات وقائية استباقية (مثل إعادة جدولة الموارد أو تعديل الخطط) بناءً على تنبؤات دقيقة.

• **نظرية الميزة التنافسية (Competitive Advantage Theory):** تشير هذه النظرية إلى أن

امتلاك المنظمة لموارد أو قدرات فريدة يصعب تقليدها يمنحها ميزة تنافسية تمكنها من التفوق. في حين أن البيئة الحكومية ليست سوقاً تنافسياً بالمفهوم التقليدي، إلا أن مفهوم الميزة التنافسية يمكن إسقاطه على التميز التشغيلي وجودة الخدمات المقدمة للمستفيدين. إن توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع قد يمنح المنظمة قدرات فائقة في الإنجاز والكفاءة لا تتوفر لغيرها بسهولة، مثل إنجاز المشاريع بسرعة أكبر وبدقة أعلى. وتوضح الدراسات أن اعتماد الذكاء الاصطناعي يجلب للمؤسسات العديد من المنافع التشغيلية، كزيادة الكفاءة وخفض التكلفة وتحسين جودة المخرجات والخدمات (Chen, D., Esperança, J. P., & Wang, S (2022)) وعندما تكون هذه التحسينات صعبة التقليد من قبل جهات أخرى، فإنها تصبح بمثابة ميزة تنافسية مستدامة لتلك الجهة الحكومية. انطلاقاً من ذلك، يرى الباحث أن نظرية الميزة التنافسية تساعد في تفسير أهمية الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي لتعزيز التميز والريادة في تقديم الخدمات العامة.

• **نظرية الابتكار المفتوح (Open Innovation Theory):** يؤكد مفهوم الابتكار المفتوح على أهمية

انفتاح المنظمات على تبادل المعارف والتقنيات والتعاون مع الأطراف الخارجية (شركات، جامعات، خبراء...).

من أجل تعزيز الابتكار. في سياق هذه الدراسة، يتقاطع هذا المفهوم مع فكرة الشراكة في تبني أدوات الذكاء

الاصطناعي ضمن مشاريع أمانات المملكة العربية السعودية عبر التعاون مع مطوري الأنظمة الذكية والقطاع

الخاص. تعكس نظرية الابتكار المفتوح فرضية أن التعاون وتشارك المعرفة يسرع من وتيرة الابتكار. وقد أشارت

الأدبيات الحديثة إلى أن الذكاء الاصطناعي نفسه يمكن أن يكون عامل تمكين للابتكار المفتوح من خلال

تسهيل تبادل المعرفة بين المنظمات بشكل أكثر فعالية (Broekhuizen, T., Dekker, H., de

Faria, P., Firk, S., Nguyen D. K., & Sofka, W. 2023) فتقنيات الذكاء الاصطناعي

(مثل المنصات التشاركية وتحليلات البيانات) تتيح للشركاء الخارجيين والداخلين مشاركة المعلومات والأفكار

بمرونة أكبر، مما يولد حلولاً مبتكرة للمشكلات. ويرى الباحث أن تهيئة بيئة ابتكار مفتوح في مشاريع الأمانة -

عبر بناء شراكات استراتيجية مع جهات تمتلك خبرات في الذكاء الاصطناعي - قد يعزز القدرة على دمج

التقنيات الحديثة بسرعة وكفاءة أعلى. بذلك، تدعم نظرية الابتكار المفتوح فرضية الدراسة المتعلقة بأهمية التعاون

الخارجي والداخلي لإنجاح مبادرات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.

باختصار، يُشكّل **مزيح هذه النظريات** إطاراً متكاملًا لفهم أبعاد الدراسة الحالية. فكل نظرية منها تُسلط الضوء على

زاوية معينة: التحول الرقمي يُؤطر البيئة الشاملة، والأداء المؤسسي يقيس الأثر، وإدارة المعرفة تشير لدور البيانات

والمعلومات، وإدارة المخاطر توضح جانب التحديات، والميزة التنافسية تبين الثمار المتوقعة، والابتكار المفتوح يحدد أسلوب

التبني والتكامل. هذا التكامل النظري يمنح الدراسة أساساً راسخاً لتحليل النتائج المتوقعة وتفسيرها علمياً في الفصول

اللاحقة.

متغيرات الدراسة:

بناءً على الخلفية النظرية والدراسات السابقة، يمكن تحديد متغيرات الدراسة المستقلة والتابعة على النحو التالي:

أولاً: أبعاد المتغير المستقل (أدوات الذكاء الاصطناعي):

تعتمد الدراسة على متغير مستقل رئيسي يتمثل في استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، والذي يُفترض أن يؤثر على كفاءة إدارة المشاريع في أمانات المملكة العربية السعودية. ويتضمن هذا المتغير مجموعة من الأبعاد المرتبطة بتطبيق هذه الأدوات داخل بيئة العمل، مثل سياسات وإجراءات الحوكمة والاستثمار في التكنولوجيا، والتي تسهم مجتمعة في دعم تبني التقنيات الذكية وتحقيق الاستفادة منها في إدارة المشاريع.

1- أدوات الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence Tools)

تُعرف أدوات الذكاء الاصطناعي بأنها الأنظمة التي تُمكن الآلات من محاكاة الذكاء البشري في التحليل واتخاذ القرارات بناءً على البيانات. وقد أظهرت الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين إدارة المشاريع من خلال أتمتة العمليات، وتوفير تحليلات دقيقة، وتقليل الأخطاء البشرية (Fridgeirsson, 2023).

أبعاد المتغير المستقل:

• أدوات الذكاء الاصطناعي

- تحليل البيانات الضخمة
- التنبؤ بالمخاطر
- أتمتة العمليات
- تحسين التخطيط والجدولة

• سياسات وإجراءات الحوكمة

تشمل سياسات وإجراءات الحوكمة جميع القوانين واللوائح التي تحكم تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، وتُعد البيئة التنظيمية عاملاً مؤثراً في نجاح تطبيق هذه الأدوات.

- الإطار القانوني والتشريعي
- الخصوصية وأمن البيانات
- التوافق مع المعايير الدولية
- حوكمة البيانات

• الاستثمار في التكنولوجيا

يعكس الاستثمار في التكنولوجيا مدى تبني المؤسسات لتقنيات الذكاء الاصطناعي، ويُعد عاملاً داعماً لتفعيل هذه الأدوات داخل بيئة العمل.

- الميزانية المخصصة
- التدريب والتطوير
- البنية التحتية التكنولوجية
- الشراكات والاستشارات

وتجدر الإشارة إلى أن بُعد "الاستثمار في التكنولوجيا" قد تم تضمينه ضمن أبعاد المتغير المستقل (استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي)، حيث يُمثل عاملاً داعماً لتبني هذه الأدوات وتفعيلها داخل بيئة العمل، وليس كمتغير مستقل منفصل، وذلك لضمان الاتساق بين الإطار النظري والتحليل الإحصائي المعتمد في الدراسة، وتجنب أي تضارب في تفسير نتائجها.

ثانيًا: ابعاد المتغير التابع (كفاءة إدارة المشاريع)

1- كفاءة وفعالية عملية صنع القرار

تشير إلى مدى قدرة أدوات الذكاء الاصطناعي على تحسين جودة وسرعة اتخاذ القرار في إدارة المشاريع، من خلال تحليل البيانات وتقليل الأخطاء البشرية (Maphosa, 2022).

- دقة البيانات المستخدمة في اتخاذ القرار

- سرعة اتخاذ القرار

- رضا أصحاب المصلحة

2- جودة وسلامة البيانات

تعكس مدى دقة وموثوقية البيانات المستخدمة في إدارة المشاريع، بالإضافة إلى مستوى حمايتها وأمنها، لما لذلك من أثر مباشر على جودة القرارات ونجاح المشاريع (Belharet, 2020).

- دقة البيانات وموثوقيتها

- أمن المعلومات

- الامتثال لمعايير الخصوصية

3- تسليم المشروع وتنفيذه

يرتبط هذا البعد بكفاءة إنجاز المشاريع من حيث الالتزام بالوقت والجودة، ومدى مساهمة أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين الإنتاجية وتسريع التنفيذ (Krishnan, 2023).

- تقليل التأخيرات الزمنية

- تحسين جودة المخرجات

- زيادة رضا المستفيدين

ثالثاً: العلاقة بين المتغيرات المستقلة والتابعة

تشير الدراسات إلى وجود تأثير واضح لأدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع، حيث أكدت دراسة (Merdžanović, 2022) أن تطبيق الذكاء الاصطناعي يُحسن من عمليات التخطيط والتنفيذ ويقلل من المشكلات التشغيلية في إدارة المشاريع. كما يتضح أن تضافر وجود البيئة التنظيمية (السياسات) مع الموارد التقنية (الاستثمار) وأدوات الذكاء الاصطناعي يؤدي إلى تعظيم أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة المشروع الكلية.

ويجدر بالذكر أن العلاقة بين هذه الأبعاد ليست خطية بسيطة فقط، بل قد توجد تأثيرات تفاعلية، فعلى سبيل المثال قد لا تحقق أدوات الذكاء الاصطناعي أثرها الكامل في حال عدم توفر سياسات تنظيمية داعمة أو استثمارات كافية، مما يبرز أهمية التكامل بين أبعاد المتغير المستقل في تفسير كفاءة إدارة المشاريع.

وسييسهم التحليل الإحصائي في الفصول اللاحقة في تحديد حجم تأثير كل بُعد على حدة، وكذلك فهم ما إذا كانت هناك تأثيرات مشتركة (تفاعلات) تعزز من كفاءة إدارة المشاريع.

رابعًا: الدراسات السابقة (مراجعة الأدبيات)

رقم	الباحث	السنة	عنوان الدراسة	الهدف	المنهجية	حجم العينة	الفرضيات	النتائج	التوصيات
1	Fridgeirsson	2023	تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع	دراسة العلاقة بين استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة المشاريع	تحليل كمي باستخدام استبيانات ومقابلات	120 مدير مشروع في قطاع البناء	هناك تأثير إيجابي للذكاء الاصطناعي على التخطيط وإدارة الموارد	تحسين التخطيط وتقليل المخاطر في المشاريع من خلال الذكاء الاصطناعي	توصي الدراسة بتوسيع استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة المشروعات الكبرى
2	Maphosa	2022	أثر الذكاء الاصطناعي على صنع القرار في إدارة المشاريع	تحليل دور الذكاء الاصطناعي في دعم اتخاذ القرار	دراسة استطلاعية مع تحليل إحصائي	80 مدير مشروع من قطاعات مختلفة	الذكاء الاصطناعي يزيد من دقة وسرعة اتخاذ القرارات	أظهرت النتائج أن استخدام AI في صنع القرار يُحسن من دقة البيانات والسرعة في اتخاذ القرارات	توصي الدراسة بتكثيف برامج التدريب لاستخدام تقنيات AI في دعم القرارات الإدارية
3	Krishnan	2023	تأثير الذكاء الاصطناعي على تسليم المشروعات	تقييم كيفية تأثير AI على تنفيذ المشروعات	تحليل وصفي باستخدام بيانات من مشاريع سابقة	بيانات من 50 مشروعًا مختلفًا	AI يقلل من تأخيرات المشاريع ويحسن جودة التنفيذ	استخدام AI أدى إلى تقليل التأخيرات الزمنية بنسبة 30%	توصي الدراسة بدمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة تخطيط موارد المشاريع (ERP) لزيادة الفعالية

4	Prifti	2022	تحسين كفاءة إدارة المشاريع باستخدام الذكاء الاصطناعي	تحليل تأثير AI على تحسين الإنتاجية وتقليل التكاليف التشغيلية	تحليل بليومتري ودراسة حالة	70 شركة تقنية	الذكاء الاصطناعي يُساهم في تحسين إدارة الوقت وتقليل الهدر المالي	AI يساعد في تحسين تخصيص الموارد وزيادة الإنتاجية	توصي الدراسة بتطوير استراتيجيات واضحة لاعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الحكومية
5	Ruiz	2020	السياسات والتنظيم وتأثيرها على استخدام الذكاء الاصطناعي	دراسة تأثير القوانين والتنظيمات على تبني AI	تحليل قانوني ومقاربات مع خبراء قانونيين	50 مسؤول حكومي	السياسات الواضحة تعزز استخدام الذكاء الاصطناعي في المشروعات الحكومية	وجود إطار تنظيمي قوي يُساهم في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي	توصي الدراسة بسن قوانين واضحة ومحدثة لتنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي في المشاريع
6	Sahadevan	2023	دور الاستثمار في الذكاء الاصطناعي في تحسين أداء المشاريع	دراسة العلاقة بين مستوى الاستثمار التكنولوجي وأداء المشاريع	تحليل بيانات مالية وإحصاءات	بيانات من 100 شركة مختلفة	كلما زاد الاستثمار في AI ، زادت كفاءة المشروعات	زيادة الميزانيات المخصصة للذكاء الاصطناعي يُحسن من الأداء التشغيلي	توصي الدراسة بتخصيص ميزانيات أكبر لدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في تخطيط المشاريع

المصدر: من إعداد الباحثة

تحليل الدراسات السابقة:

يتبين من استعراض هذه الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يُسهم بشكل كبير في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، سواء من حيث دعم اتخاذ القرار أو إدارة البيانات والمخاطر أو تحسين الجوانب التشغيلية. ومع ذلك، أظهرت بعض الدراسات نتائج متباينة في بعض الجوانب. فعلى سبيل المثال، أشارت بعض البحوث إلى انخفاض تكاليف المشاريع عند تبني أدوات الذكاء الاصطناعي بسبب زيادة الكفاءة وتقليل الهدر، بينما لم تجد دراسات أخرى تأثيراً كبيراً على التكاليف وربما أشارت إلى ارتفاع تكاليف التنفيذ الأولية لتلك الأدوات. يمكن تفسير هذا الاختلاف في النتائج بعدة عوامل محتملة، منها اختلاف البيئات التي أُجريت فيها الدراسات (قطاع خاص مقابل قطاع حكومي، أو دول متقدمة مقابل دول نامية)، وكذلك اختلاف أنواع المشاريع وحجمها ومدى نضج البنية التحتية الرقمية في المؤسسات محل الدراسة. على سبيل المثال، قد تؤدي تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الصغيرة إلى تكلفة نسبية أعلى دون فوائد ملموسة إذا كانت مراحل التنفيذ قصيرة ولا تتطلب أنظمة معقدة، في حين تظهر فوائد أكبر في المشاريع الضخمة والطويلة الأمد. كذلك فإن مستوى التدريب والتأهيل لدى فرق العمل يلعب دوراً حاسماً؛ إذ قد تختلف النتائج تبعاً لمدى قدرة الفريق على استيعاب التكنولوجيا الجديدة واستخدامها بفعالية. لذا، من المهم عند تحليل النتائج المتضاربة مراعاة السياق العام لكل دراسة، بما في ذلك العوامل التقنية والبشرية والاقتصادية المحيطة بها.

من خلال تحليل مجموع الدراسات السابقة يتضح أن الذكاء الاصطناعي يوفر فرصاً حقيقية لتحسين كفاءة إدارة المشاريع ودعم اتخاذ القرار وتقليل المخاطر وتسريع التنفيذ. معظم البحوث أشارت إلى الفوائد المحتملة لهذه التقنيات، إلا أنها أيضاً نهبت إلى وجود متطلبات أساسية لتحقيق تلك الفوائد مثل توفر البنية التحتية التقنية المناسبة، وجود إطار تنظيمي داعم، وثقافة العنصر البشري لقبول التكنولوجيا والتعامل معها. بشكل عام، يمكن تلخيص أبرز النتائج المشتركة فيما يلي:

الذكاء الاصطناعي يعد أداة فعالة لتحسين كفاءة إدارة المشاريع، حيث ثبتت قدرته على دعم اتخاذ قرارات أكثر موضوعية وسرعة، وتوفير تحليلات تنبؤية تسهم في تجنب التأخيرات وتجاوز التكاليف.

نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي يعتمد بصورة كبيرة على البيئة التنظيمية المحيطة؛ فوجود سياسات حوكمة واضحة، والتزام بأمن البيانات وخصوصيتها، ورفع وعي العاملين، كلها عوامل تبين أنها ضرورية لضمان تحقيق النتائج المرجوة.

تحديات تبني الذكاء الاصطناعي غالبًا ما تكون غير تقنية بالدرجة الأولى، بل ثقافية وتنظيمية؛ مثل مقاومة التغيير من قبل بعض الموظفين، أو الخوف من فقدان الوظائف، أو ضعف الثقة في مخرجات الأنظمة الذكية.

من ناحية قياس الأداء، أغلب الدراسات اتفقت على تحسّن في بعض المؤشرات عند استخدام الذكاء الاصطناعي (كجودة القرارات وسرعة إنجاز المهام)، لكنها اختلفت في مدى التحسّن في مؤشرات أخرى (مثل التكلفة الإجمالية للمشروع كما أُشير سابقًا)، مما يؤكد ضرورة النظر لحثيات التطبيق في كل حالة.

رأي الباحث بناءً على الدراسات السابقة:

بناءً على ما تقدّم، يرى الباحث أن الذكاء الاصطناعي يمثل قوة دافعة واعدة لتحسين كفاءة إدارة المشاريع، لكنه ليس حلاً سحريًا بحد ذاته. فنجاح تبنيه يتطلّب مقارنة شمولية تراعي الجوانب التقنية والتنظيمية والبشرية معًا. فتوفر خوارزميات وأدوات ذكية دون تهيئة بيئة العمل واعتماد سياسات مناسبة قد يؤدي إلى نتائج محدودة أو متعثرة. كما أن دعم القيادات العليا وثقافة المؤسسة بشأن الابتكار يلعبان دورًا جوهريًا في مدى نجاح أي مبادرة للذكاء الاصطناعي. وعليه، ستتجه الدراسة الحالية إلى اختبار فرضياتها ليس فقط للتأكد من وجود تأثيرات للذكاء الاصطناعي، بل أيضًا لفهم كيف ولماذا تنشأ تلك التأثيرات، وما العوامل التي تعززها أو تضعفها في سياق القطاع البلدي السعودي.

بعبارة أخرى، إذا نظرنا إلى نتائج البحوث السابقة كوحدة متكاملة، يتبين أن المؤسسات التي جنت فوائد كبيرة من تبني الذكاء الاصطناعي هي تلك التي استثمرت في تدريب موظفيها على استخدام التقنيات الجديدة، وتلك التي اعتمدت إطارًا تنظيميًا مرناً يشجع الابتكار ويخفف من مقاومة التغيير. وعلى النقيض، المؤسسات التي أدخلت التقنية دون تهيئة وافترقت للدعم القيادي أو عانت من ضعف في جودة البيانات، لم تحقق نفس النتائج.

من منظور الباحث، هذا التأكيد على الطبيعة المتكاملة لتبني الذكاء الاصطناعي يعني أن دراستنا ينبغي أن تراعي ليس فقط وجود التقنيات في الأمانات، بل أيضًا درجة انخراط الموظفين معها، وسياسات الأمانة المتعلقة بها، والاستثمار المستمر في تطويرها. وستكون إحدى مهامنا في تحليل النتائج هي تمييز تأثير كل عامل من هذه العوامل وفهم تفاعلاتها. فعلى

سبيل المثال، إذا وجدت نتائجنا تحسناً طفيفاً فقط في كفاءة المشاريع رغم استخدام AI ، فقد يدل ذلك على وجود خلل في أحد العوامل التمكينية (كعدم جاهزية الموظفين أو نقص الدعم الإداري) أكثر من كون التقنية غير فعالة

التوصيات بناءً على الدراسات السابقة:

استناداً إلى الثغرات والتوصيات التي أشارت إليها الأدبيات السابقة، سيكون من المفيد توجيه الجهود المستقبلية نحو ما يلي:

1. تعزيز الاستثمار في الذكاء الاصطناعي : سواء من خلال زيادة التمويل المخصص لتبني الأدوات الذكية في إدارة المشاريع، أو عبر بناء شراكات مع شركات التقنية لتطوير حلول مخصصة للتحديات المحلية.
2. تأهيل الكوادر البشرية: عبر التدريب والتطوير المستمر لمهارات العاملين في إدارة المشاريع فيما يتعلق بالتقنيات الحديثة، وضمان رفع مستوى الوعي بفوائد الذكاء الاصطناعي وكيفية استخدامه بالشكل الأمثل.
3. تحسين سياسات الحوكمة: من خلال وضع أدلة إرشادية وأطر تنظيمية واضحة لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المؤسسات الحكومية، بما يضمن أمن البيانات وخصوصيتها، ويحدد المسؤوليات والأدوار عند اعتماد أنظمة ذكية في اتخاذ القرار.
4. تشجيع الدراسات التطبيقية المحلية: الحاجة قائمة لإجراء المزيد من الدراسات التطبيقية الميدانية في المملكة حول تجارب تبني الذكاء الاصطناعي في المشاريع، لتوليد معارف قائمة على الواقع المحلي يمكن الاسترشاد بها.

الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية:

يشهد القطاع الحكومي في مختلف دول العالم تحولاً متسارعاً نحو تبني التقنيات الرقمية المتقدمة، وفي مقدمتها تقنيات الذكاء الاصطناعي، وذلك بهدف تحسين كفاءة الأداء المؤسسي وتعزيز جودة الخدمات المقدمة للمستفيدين. ويُعد مجال إدارة

المشاريع من أكثر المجالات التي يمكن أن تستفيد من تطبيقات الذكاء الاصطناعي، نظرًا لاعتماده الكبير على تحليل البيانات واتخاذ القرارات في بيئات تتسم بالتعقيد وعدم اليقين.

لقد ساهمت أدوات الذكاء الاصطناعي في إحداث تحول نوعي في أساليب إدارة المشاريع، حيث لم تعد عمليات التخطيط والجدولة وإدارة المخاطر تعتمد فقط على الخبرة البشرية، بل أصبحت مدعومة بأنظمة تحليل ذكية قادرة على معالجة كميات ضخمة من البيانات واستخلاص أنماط وتوقعات دقيقة. وفي السياق الحكومي، تزداد أهمية هذه الأدوات نظرًا لحجم المشاريع العامة وتعقيدها، وارتباطها المباشر بالتنمية الاقتصادية والاجتماعية.

تتمثل أبرز أدوار الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية في دعم عمليات اتخاذ القرار، وتحسين دقة التنبؤ بالمخاطر، وتقليل التكاليف، وتسريع تنفيذ المشاريع. حيث يمكن لخوارزميات التعلم الآلي تحليل البيانات التاريخية للمشاريع السابقة، واكتشاف العوامل التي أدت إلى التأخير أو تجاوز التكاليف، ومن ثم تقديم توصيات مبنية على البيانات لتفادي تلك المشكلات في المشاريع المستقبلية.

كما تسهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في تعزيز الشفافية والمساءلة في المشاريع الحكومية، من خلال توفير لوحات معلومات ذكية تعرض مؤشرات الأداء بشكل لحظي، وتكشف الانحرافات عن الخطط المعتمدة في وقت مبكر، مما يساعد متخذي القرار على التدخل السريع واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة.

وفي إطار التحول الرقمي الذي تشهده المملكة العربية السعودية ضمن رؤية 2030، أصبح توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية أحد المحاور الرئيسة لتعزيز كفاءة الإنفاق وتحسين جودة تنفيذ المشاريع. حيث تسعى الجهات الحكومية، ومنها الأمانات والبلديات، إلى تبني أنظمة ذكية تدعم التخطيط الحضري، وإدارة المشاريع الخدمية، ومتابعة الأداء الميداني.

الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع (PMO) :

تُعد مكاتب إدارة المشاريع (PMO) أحد الركائز الأساسية في تحسين أداء المشاريع داخل المؤسسات، حيث تضطلع بدور محوري في توحيد المنهجيات، ومتابعة الأداء، وإدارة المخاطر، وضمان تحقيق الأهداف الاستراتيجية. ومع تطور

التقنيات الرقمية، بدأ مفهوم PMO الذكي في الظهور، والذي يعتمد على توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي لدعم عمليات إدارة المشاريع.

يساهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز قدرات مكاتب إدارة المشاريع من خلال توفير تحليلات تنبؤية تساعد في توقع المشكلات قبل حدوثها، وتحليل مؤشرات الأداء، وتقديم توصيات مبنية على البيانات. كما يمكن استخدام تقنيات معالجة اللغة الطبيعية لتحليل التقارير النصية والاجتماعات والمراسلات، واستخلاص مؤشرات عن مستوى التقدم أو وجود مخاطر محتملة.

ومن أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي داخل PMO :

- أنظمة التنبؤ بتأخر المشاريع.
 - تحليل الانحرافات في التكاليف والجدول الزمني.
 - التخصيص الذكي للموارد.
 - دعم اتخاذ القرار الاستراتيجي.
- كما تساعد هذه الأدوات في تقليل الاعتماد على التقديرات الشخصية، والانتقال نحو إدارة مشاريع قائمة على البيانات، مما يؤدي إلى تحسين دقة القرارات وتقليل نسبة الخطأ البشري.
- وفي السياق الحكومي، يمكن لمكاتب إدارة المشاريع المدعومة بالذكاء الاصطناعي أن تلعب دوراً مهماً في متابعة المشاريع البلدية والتنموية، من خلال ربط البيانات الميدانية بأنظمة التحليل الذكي، وتوفير تقارير دورية لصناع القرار.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في البلديات والمدن الذكية:

أصبحت البلديات في العديد من دول العالم تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن إطار ما يُعرف بالمدن الذكية، والتي أُسْتُهْدِفَتْ إلى تحسين جودة الحياة من خلال استخدام التكنولوجيا في إدارة الخدمات العامة. وتشمل هذه التطبيقات إدارة المرور، والنظافة، والبنية التحتية، والمرافق العامة، وغيرها من الخدمات البلدية. في هذا السياق، يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع البلدية من خلال:

- تحليل بيانات الشكاوى والبلاغات لتحديد أولويات المشاريع.
- التنبؤ بمناطق الأعطال أو التدهور في البنية التحتية.
- تحسين تخطيط المشاريع الخدمية.
- مراقبة تنفيذ المشاريع ميدانيًا باستخدام أنظمة ذكية.

كما تتيح تقنيات الرؤية الحاسوبية تحليل الصور الميدانية لاكتشاف المخالفات أو العيوب في الطرق والمرافق، مما يساعد على تسريع عمليات الصيانة واتخاذ القرارات بشكل استباقي. وفي المملكة العربية السعودية، تتجه العديد من الأمانات إلى تبني مبادرات المدن الذكية، التي تعتمد على دمج أنظمة الذكاء الاصطناعي مع منصات إدارة المشاريع، بهدف رفع كفاءة الخدمات البلدية وتحقيق مستهدفات رؤية 2030.

التحديات التنظيمية لتطبيق الذكاء الاصطناعي في القطاع الحكومي:

على الرغم من الفوائد الكبيرة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي، إلا أن تطبيقه في القطاع الحكومي يواجه عددًا من التحديات التنظيمية والتقنية والبشرية. ومن أبرز هذه التحديات:

1. نقص الكفاءات البشرية المتخصصة في تقنيات الذكاء الاصطناعي.

2. ضعف جودة البيانات أو عدم تكاملها بين الأنظمة المختلفة.

3. التحديات المتعلقة بأمن المعلومات وخصوصية البيانات.

4. مقاومة التغيير داخل المؤسسات الحكومية.

5. غياب الأطر التنظيمية الواضحة لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

كما أن طبيعة القطاع الحكومي، التي تتسم بالإجراءات الرسمية واللوائح التنظيمية الصارمة، قد تعيق سرعة تبني التقنيات الجديدة مقارنة بالقطاع الخاص. لذلك، فإن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية يتطلب وجود بيئة تنظيمية داعمة، وسياسات واضحة، واستثمارات في البنية التحتية الرقمية وتنمية القدرات البشرية.

نماذج تبني التكنولوجيا وعلاقتها بالدراسة الحالية:

تُعد نماذج تبني التكنولوجيا من الأطر النظرية الأساسية التي تساعد في تفسير كيفية قبول الأفراد والمؤسسات للتقنيات الحديثة، والعوامل التي تؤثر في عملية التبني والاستخدام الفعلي لهذه التقنيات. ومع التوسع في استخدام الذكاء الاصطناعي داخل المؤسسات الحكومية، أصبحت الحاجة ملحة لفهم العوامل التي تؤثر في تبني هذه الأدوات داخل بيئات العمل الرسمية، وخاصة في مكاتب إدارة المشاريع.

وتكمن أهمية نماذج تبني التكنولوجيا في أنها توفر إطاراً علمياً يفسر سلوك المستخدمين والمؤسسات تجاه الأنظمة التقنية، وتساعد في تحليل أسباب نجاح أو فشل تطبيق التقنيات الحديثة. ومن بين أبرز هذه النماذج التي استخدمت في الدراسات المتعلقة بتبني التقنيات: نموذج قبول التكنولوجيا (TAM) ونموذج الإطار التكنولوجي-التنظيمي-البيئي (TOE) ، حيث يعد هذان النموذجان من أكثر النماذج استخداماً في تفسير تبني التقنيات داخل المؤسسات الحكومية.

أولاً: مفهوم تبني التكنولوجيا في المؤسسات الحكومية:

يشير تبني التكنولوجيا إلى عملية قبول واستخدام التقنيات الحديثة داخل المؤسسات، سواء على مستوى الأفراد أو على مستوى المنظمة ككل. ولا يقتصر التبني على مجرد توفير التقنية، بل يشمل مجموعة من العوامل المتعلقة بإدراك المستخدمين

لفائدة هذه التقنية، وسهولة استخدامها، ومدى توافقها مع بيئة العمل، إضافة إلى العوامل التنظيمية والبيئية التي تؤثر في قرار التبني.

وفي القطاع الحكومي، تتسم عملية تبني التكنولوجيا بخصوصية أكبر مقارنة بالقطاع الخاص، نظرًا لارتباطها بالأنظمة واللوائح التنظيمية، وارتفاع مستوى المساءلة، إضافة إلى الحاجة إلى ضمان أمن المعلومات وحماية البيانات. ولذلك، فإن نجاح تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في المؤسسات الحكومية لا يعتمد فقط على الجانب التقني، بل يتأثر أيضًا بعوامل تنظيمية وبشرية وبيئية.

وفي سياق مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالملكة العربية السعودية، فإن تبني أدوات الذكاء الاصطناعي يتطلب:

- وجود بنية تقنية مناسبة.
- دعم إداري واضح.
- سياسات حوكمة وتنظيم.
- كوادر بشرية قادرة على استخدام هذه الأدوات.

ثانيًا: نموذج قبول التكنولوجيا (Technology Acceptance Model – TAM) :

يُعد نموذج قبول التكنولوجيا (TAM) من أشهر النماذج المستخدمة في تفسير سلوك الأفراد تجاه تبني الأنظمة التقنية. وقد طوّر هذا النموذج ديفيس (Davis) عام 1989، بهدف تفسير العوامل التي تؤثر في قرار الأفراد باستخدام نظام تقني معين.

يرتكز نموذج TAM على متغيرين رئيسيين:

1. المنفعة المدركة (Perceived Usefulness)

وهي درجة اعتقاد الفرد بأن استخدام نظام تقني معين سيؤدي إلى تحسين أدائه الوظيفي. فكلما شعر المستخدم بأن التقنية تساعده في أداء عمله بشكل أفضل، زادت احتمالية استخدامه لها.

2. سهولة الاستخدام المدركة (Perceived Ease of Use)

وهي درجة اعتقاد الفرد بأن استخدام النظام سيكون خاليًا من الجهد أو التعقيد. فكلما كانت التقنية سهلة التعلم والاستخدام، زادت احتمالية تقبلها من قبل المستخدمين.

يفترض نموذج TAM أن:

- المنفعة المدركة وسهولة الاستخدام تؤثران في نية الاستخدام.
 - نية الاستخدام تؤثر في الاستخدام الفعلي للتقنية.
- وقد تم استخدام هذا النموذج في العديد من الدراسات المتعلقة بتبني الأنظمة الحكومية، والتحول الرقمي، وتطبيقات الذكاء الاصطناعي.

تطبيق نموذج TAM على مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات

في سياق الدراسة الحالية، يمكن تفسير تبني أدوات الذكاء الاصطناعي داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات من خلال

متغيري نموذج TAM:

المنفعة المدركة في بيئة PMO

قد يدرك موظفو مكاتب إدارة المشاريع أن أدوات الذكاء الاصطناعي:

- تساعد في تحليل بيانات المشاريع بشكل أسرع.

- تدعم اتخاذ القرار المبني على البيانات.
 - تقلل من الأخطاء البشرية.
 - تحسن دقة التنبؤ بالمخاطر.
 - تسرع إعداد التقارير ولوحات المؤشرات.
- كلما زاد إدراك الموظفين لهذه الفوائد، زادت احتمالية تبنيهم لتلك الأدوات.

سهولة الاستخدام المدركة

يتأثر تقبل الموظفين لأدوات الذكاء الاصطناعي بمدى:

- سهولة واجهات الأنظمة.
- توافقها مع الأنظمة الحالية.
- توفر التدريب والدعم الفني.
- بساطة إجراءات الاستخدام.

إذا شعر الموظفون بأن هذه الأدوات معقدة أو صعبة الاستخدام، فقد تنخفض مستويات التبني، حتى لو كانت فوائدها كبيرة.

ثالثاً: نموذج الإطار التكنولوجي-التنظيمي-البيئي (TOE)

يُعد نموذج TOE من النماذج الشاملة التي تفسر تبني التكنولوجيا على مستوى المؤسسات، وقد طوّره تورناتزكي وفليشر عام 1990. ويركز هذا النموذج على ثلاثة أبعاد رئيسية تؤثر في تبني التكنولوجيا داخل المؤسسات:

1. البعد التكنولوجي

ويشمل خصائص التكنولوجيا نفسها، مثل:

- درجة التعقيد.
- مدى التوافق مع الأنظمة الحالية.
- المزايا النسبية للتكنولوجيا.
- مستوى الأمان والموثوقية.

2. البعد التنظيمي

ويتعلق بخصائص المؤسسة، مثل:

- حجم المؤسسة.
- الموارد المالية والتقنية.
- دعم الإدارة العليا.
- الثقافة التنظيمية.
- مستوى التدريب والتأهيل.

3. البعد البيئي

ويشمل العوامل الخارجية المؤثرة، مثل:

- السياسات الحكومية.
- التشريعات والأنظمة.
- التوجهات الوطنية للتحويل الرقمي.
- متطلبات الجهات الرقابية.

تطبيق نموذج TOE على الأمانات في المملكة العربية السعودية

يمكن تفسير تبني أدوات الذكاء الاصطناعي داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات من خلال أبعاد نموذج TOE كما يلي:

البعد التكنولوجي:

يرتبط بنوعية أدوات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في إدارة المشاريع، مثل:

- أنظمة التحليل التنبؤي.
- أدوات متابعة الأداء.
- لوحات المؤشرات الذكية.
- أنظمة إدارة المخاطر.

كلما كانت هذه الأدوات متوافقة مع الأنظمة الحالية وسهلة التكامل، زادت احتمالية تبنيها.

البعد التنظيمي:

يرتبط بالعوامل الداخلية داخل الأمانات، مثل:

- دعم الإدارة العليا لتبني الذكاء الاصطناعي.
- وجود سياسات واضحة للتحويل الرقمي.
- مستوى جاهزية مكاتب إدارة المشاريع.
- توافر الموارد المالية والتقنية.

- مستوى تأهيل الكوادر البشرية.

البعد البيئي:

يرتبط بالعوامل الخارجية المؤثرة في الأمانات، مثل:

- التوجهات الوطنية ضمن رؤية المملكة 2030.
- سياسات التحول الرقمي الحكومية.
- مبادرات الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي.
- المتطلبات التنظيمية والرقابية.

التكامل بين نماذج تبني التكنولوجيا والدراسة الحالية:

تجمع الدراسة الحالية بين الجوانب التقنية والتنظيمية والبشرية في تحليل دور أدوات الذكاء الاصطناعي في كفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات. ولذلك، فإن استخدام نموذجي TAM و TOE يوفر أساساً نظرياً متكاملًا لتفسير عملية التبني.

فبينما يفسر نموذج TAM العوامل الفردية المرتبطة بإدراك الموظفين لفوائد أدوات الذكاء الاصطناعي وسهولة استخدامها، يفسر نموذج TOE العوامل المؤسسية والتنظيمية والبيئية التي تؤثر في تبني هذه الأدوات داخل الأمانات.

ويمكن ربط أبعاد نموذج TOE مباشرة بمتغيرات الدراسة الحالية على النحو التالي:

المتغير المقابل في الدراسة	بعد نموذج TOE
أدوات الذكاء الاصطناعي	البعد التكنولوجي
سياسات الحوكمة والإجراءات	البعد التنظيمي

وبذلك، توفر نماذج تبني التكنولوجيا إطاراً نظرياً يدعم فرضيات الدراسة، ويساعد في تفسير العلاقة بين أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية.

خاتمة الإطار النظري والدراسات السابقة:

استعرضنا في هذا الفصل الأساس النظري والدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع دور أدوات الذكاء الاصطناعي في كفاءة إدارة المشاريع البلدية. قدّم الإطار النظري رؤية شاملة للعلاقات المفترضة بين المتغيرات المستقلة والتابعة، مستنداً إلى نظريات التحول الرقمي والأداء المؤسسي وإدارة المعرفة وإدارة المخاطر والميزة التنافسية، وغيرها. كما استعرضنا نتائج عدد من الدراسات السابقة البارزة، واستخلصنا منها ممارسات مثلى وتوصيات عملية مثل زيادة الاستثمار في التقنية، وتأهيل الكوادر، وتحسين سياسات الحوكمة، والتي ستكون مفيدة في تقييم الوضع الحالي وفي صياغة التوصيات النهائية للدراسة. يتضح وجود اهتمام عالمي متنامٍ ببحث تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع، إلا أن هناك قصوراً في التطبيقات الشاملة ضمن سياق المشاريع الحكومية في المملكة العربية السعودية. وهنا تبرز أهمية الدراسة الحالية التي ستسعى إلى سد هذه الفجوة من خلال التحليل المعمق لأثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع البلدية، وتحديد العوامل التنظيمية والبشرية والمالية التي تدعم أو تعيق نجاح تطبيق هذه الأدوات في بيئة العمل المحلية.

التحليل النقدي للدراسات السابقة:

من خلال مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع، تبين أن أغلب الدراسات تناولت هذا المجال من زاوية وصفية تركز على عرض الأدوات أو النتائج دون التعمق في التحليل المقارن بين البيئات التنظيمية المختلفة. وقد حرصت الباحثة في هذا الفصل على تحليل تلك الدراسات وفق منهج نقدي يبرز أوجه القوة والقصور فيها، والفجوات المعرفية التي تسعى الدراسة الحالية إلى سدّها.

يتضح أن الدراسات السابقة أجمعت على أن أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي تمثل عنصرًا حاسمًا في رفع كفاءة إدارة المشاريع وتحسين جودة اتخاذ القرار. غير أن بعض الدراسات ركزت على الجوانب التقنية البحتة للذكاء الاصطناعي (مثل الخوارزميات والتحليل التنبؤي)، بينما أغفلت الجوانب الإدارية والتنظيمية المرتبطة بآليات التبني والتكامل داخل المؤسسات الحكومية.

وهنا تبرز أهمية الدراسة الحالية التي تسعى إلى **دمج البعدين التقني والإداري** لفهم كيف يؤثر الذكاء الاصطناعي فعليًا على كفاءة إدارة المشاريع داخل الأمانات السعودية.

كما أظهرت بعض الدراسات الأجنبية أن تطبيق الذكاء الاصطناعي يواجه تحديات تتعلق بضعف الحوكمة أو غياب معايير موحدة لتقييم الأداء. وعلى الرغم من وجود دراسات عربية تناولت هذا الموضوع، إلا أنها كانت غالبًا عامة ولم تركز على مكاتب إدارة المشاريع (PMO) تحديدًا، ولم تُبرز أثر السياسات البلدية والتحول الرقمي المحلي في تعزيز هذا التبني. ومن هنا جاءت الدراسة الحالية لتعالج هذه الفجوة من خلال **توجيه التحليل نحو بيئة العمل الحكومية البلدية** وتحديد العلاقة بين أدوات الذكاء الاصطناعي ومؤشرات الأداء الفعلي للمشاريع.

كذلك، عند المقارنة بين الدراسات السابقة، لوحظ اختلاف في النتائج حول مدى تأثير الذكاء الاصطناعي على الوقت والتكلفة والمخاطر، إذ تعود هذه الفروق إلى اختلاف البيئات التطبيقية ومستوى نضج المؤسسات في التحول الرقمي. وقد تبنت الدراسة الحالية هذا البُعد التحليلي عبر استخدام منهج كمي قائم على تحليل آراء العاملين في مكاتب إدارة المشاريع، لتقديم نتائج أكثر دقة وتمثيلًا للواقع العملي في الأمانات السعودية.

الربط بين الإطار النظري والدراسة الحالية:

يُعد الإطار النظري في هذه الدراسة أحد الركائز الأساسية لفهم طبيعة العلاقة بين **التقنيات الذكية وكفاءة إدارة المشاريع**. إذ توضح النماذج النظرية التي استعرضتها الباحثة أن الذكاء الاصطناعي يساهم في تعزيز جودة اتخاذ القرار، وتطوير نظم المراقبة والتنبؤ بالمخاطر، وتحسين إدارة الموارد.

وترى الباحثة أن هذه المفاهيم النظرية تنسجم تمامًا مع أهداف الدراسة الحالية التي تسعى إلى قياس أثر تبني هذه الأدوات في بيئة الأمانات، حيث تختلف طبيعتها الإدارية عن بيئات القطاع الخاص التي ركزت عليها أغلب الدراسات السابقة. ومن خلال هذا الربط، يتضح أن الدراسة الحالية لا تكتفي بنقل المفاهيم النظرية من الدراسات السابقة، بل تعيد توحيدها في سياق تطبيقي جديد يعكس طبيعة الإدارة الحكومية في المملكة، مما يعزز القيمة العلمية والتطبيقية للبحث.

الملخص التحليلي للإطار النظري:

يتضح من التحليل النقدي للأدبيات السابقة أن هناك شبه إجماع على أهمية الذكاء الاصطناعي في دعم إدارة المشاريع، إلا أن الدراسات السابقة لم تتناول هذا الموضوع من منظور تكاملي يجمع بين التقنية والإدارة في إطار مؤسسي حكومي. كما كشفت المراجعة أن أغلب الدراسات ركزت على قطاعات الصناعة أو التقنية، في حين تفتقر الدراسات التطبيقية في القطاع البلدي إلى التحليل الكمي الذي يوضح أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة الوقت، والتكلفة، والجودة، والمخاطر.

بناءً على ذلك، تسعى الدراسة الحالية إلى سدّ الفجوة المعرفية من خلال تطبيق أدوات تحليلية كمية على بيئة الأمانات السعودية، لقياس العلاقة بين أدوات الذكاء الاصطناعي ومؤشرات كفاءة إدارة المشاريع، وتقديم نموذج معرفي يمكن الاستفادة منه في تطوير الأداء المؤسسي ودعم التحول الرقمي في القطاع البلدي.

خلاصة الفصل الثاني:

يعرض هذا الفصل الأساس النظري والدراسات السابقة حول دور أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع. يبدأ بتوضيح أن الهدف من مراجعة الأدبيات هو فهم العلاقة بين المتغيرات المستقلة (أدوات الذكاء الاصطناعي، وسياسات الحوكمة، والاستثمار في التكنولوجيا) والمتغير التابع (كفاءة إدارة المشاريع)، وتحديد الفجوات البحثية والاتجاهات الرئيسية في الأدبيات الحديثة.

النظريات والأطر المفاهيمية

تُستعرض عدة نظريات لتفسير التأثيرات المحتملة للذكاء الاصطناعي في سياق إدارة المشاريع:

- نظرية التحول الرقمي تؤكد أن دمج التقنيات الرقمية، ومنها الذكاء الاصطناعي، يعيد تشكيل العمليات التقليدية ويعزز الكفاءة المؤسسية.
- نظرية الأداء المؤسسي تربط بين تبني التقنيات الذكية ورفع إنتاجية العاملين وتحسين النتائج النهائية.
- نظرية إدارة المعرفة تبرز كيف يحول الذكاء الاصطناعي البيانات الضخمة إلى معرفة قيمة تدعم صنع القرار.
- نظرية إدارة المخاطر ترى أن التحليلات التنبؤية للذكاء الاصطناعي تساعد على رصد المخاطر والحد من تأثيرها قبل وقوعها.
- نظرية الميزة التنافسية تشير إلى أن امتلاك قدرات مميزة في الذكاء الاصطناعي يمنح الجهة الحكومية تفوقاً في جودة وسرعة تنفيذ المشروعات.
- نظرية الابتكار المفتوح تشجع على التعاون الخارجي والداخلي لتطوير حلول ذكية تتلاءم مع الاحتياجات المحلية.

المتغيرات المستقلة

يتناول الفصل ثلاث متغيرات مستقلة رئيسية:

1. أدوات الذكاء الاصطناعي وتشمل تحليل البيانات الضخمة، التنبؤ بالمخاطر، أتمتة العمليات، وتحسين التخطيط والجدولة. هذه الأدوات تساعد على خفض الأخطاء البشرية وتوفير تحليلات دقيقة للمشاريع.
2. سياسات وإجراءات الحوكمة وتضم الإطار القانوني، الخصوصية وأمن البيانات، الالتزام بالمعايير الدولية، وحوكمة البيانات. وضوح هذه السياسات يحدد مدى نجاح تطبيق التقنيات الذكية.
3. الاستثمار في التكنولوجيا ويغطي الميزانية المخصصة للذكاء الاصطناعي، التدريب والتطوير، البنية التحتية التقنية، والشراكات الاستشارية. توجيه الاستثمارات بشكل مناسب يساهم في تعزيز استخدام الأدوات الذكية.

المتغيرات التابعة

يركز المتغير التابع على كفاءة إدارة المشاريع ويقاس عبر ثلاثة أبعاد:

1. كفاءة صنع القرار التي تعكس سرعة وجودة القرارات ومدى رضا أصحاب المصلحة.
2. جودة وسلامة البيانات وتشمل دقة البيانات والحماية من الهجمات السيبرانية والامتثال للخصوصية.
3. تسليم المشروع وتنفيذه ويقاس بمدى تقليل التأخيرات، تحسين جودة المخرجات، ورضا العملاء أو المستفيدين.

الدراسات السابقة والفجوات البحثية:

تبيّن الأدبيات أن الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين إدارة المشاريع من حيث سرعة اتخاذ القرار، جودة البيانات، والقدرة على التنبؤ بالمخاطر. لكن بعض الدراسات وجدت تبايناً في تأثيراته على تكاليف المشاريع، إذ ترتفع أحياناً الكلفة الأولية عند التبني. يُعزى هذا التباين إلى اختلافات في البيئة التنظيمية ومستوى النضج الرقمي وحجم المشروع. كما تشير الأدبيات إلى أن التحديات غالباً ما تكون ثقافية وتنظيمية، مثل مقاومة الموظفين للتغيير وضعف سياسات الحوكمة.

تركز هذه الدراسة على سد الفجوات التالية:

- قلة الدراسات التطبيقية في البيئة البلدية السعودية التي تجمع بين الجانب التقني (أدوات الذكاء الاصطناعي) والجانب الإداري (السياسات والاستثمار).
- غياب نماذج قياس متكاملة تربط بين استخدام الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع.
- الحاجة لفهم تأثيرات العوامل التنظيمية والبشرية على تبني التقنيات الذكية داخل الأمانات.
- محدودية الدراسات التي توظف أدوات التحليل الكمي لقياس العلاقات التأثيرية بصورة دقيقة.

نماذج تبني التكنولوجيا

يعرض الفصل أيضاً نموذج قبول التكنولوجيا (TAM) الذي يفسر تبني الأفراد للتقنيات بناءً على المنفعة المدركة وسهولة الاستخدام، ونموذج الإطار التكنولوجي-التنظيمي-البيئي (TOE) الذي يضيف أبعاداً مؤسسية وبيئية مثل دعم القيادة

والبنية التحتية والسياسات الحكومية. يسهم دمج هذين النموذجين في شرح تبني أدوات الذكاء الاصطناعي داخل مكاتب إدارة المشاريع في الإمارات السعودية.

الخلاصة:

تناول هذا الفصل الإطار النظري للدراسة من خلال استعراض المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع البحث، وتحليل النماذج والنظريات ذات الصلة، إضافة إلى عرض الدراسات السابقة التي تناولت دور أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، وذلك بهدف بناء أساس علمي يدعم تفسير نتائج الدراسة الميدانية.

وقد بدأ الفصل بتوضيح المفاهيم الرئيسة المرتبطة بالذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع، مع التركيز على دور أدوات الذكاء الاصطناعي في دعم وظائف إدارة المشاريع المختلفة، مثل التخطيط، واتخاذ القرار، وإدارة المخاطر، وتحسين جودة المخرجات. كما تم استعراض مفهوم كفاءة إدارة المشاريع باعتباره المتغير التابع، وبيان أبعاده المختلفة المرتبطة بالأداء والفعالية.

كما تناول الفصل تحليل المتغيرات الأساسية للدراسة، حيث تم تحديد المتغيرات المستقلة المرتبطة باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، والتي تشمل الأبعاد التقنية والتنظيمية، في حين تم تحديد المتغير التابع المتمثل في كفاءة إدارة المشاريع، مع توضيح العلاقة النظرية بين هذه المتغيرات في ضوء الأدبيات العلمية .

وفي إطار تأصيل الدراسة نظرياً، تم استعراض عدد من النماذج والنظريات ذات العلاقة، مثل نماذج تبني التكنولوجيا، والتي تفسر سلوك الأفراد والمنظمات في استخدام التقنيات الحديثة، إضافة إلى الأطر التي تربط بين العوامل التقنية والتنظيمية والبيئية، مما أسهم في بناء نموذج مفاهيمي متكامل للدراسة.

كما تضمن الفصل مراجعة منهجية للدراسات السابقة العربية والأجنبية، حيث أظهرت هذه الدراسات وجود توجه متزايد نحو استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، لما لها من دور في تحسين جودة اتخاذ القرار، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، ورفع كفاءة الأداء. ومع ذلك، كشفت المراجعة عن وجود فجوة بحثية تتمثل في محدودية الدراسات التطبيقية التي تناولت هذا الموضوع في القطاع البلدي، خاصة في بيئة مكاتب إدارة المشاريع في الإمارات.

وقد أسهم تحليل الدراسات السابقة في تحديد موقع الدراسة الحالية ضمن الأدبيات، حيث جاءت الدراسة لتسد هذه الفجوة من خلال تقديم تحليل تطبيقي يربط بين استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع في سياق حكومي محلي.

وبناءً على ما سبق، فقد وفر هذا الفصل إطاراً نظرياً متكاملًا يدعم الدراسة، ويسهم في تفسير نتائجها لاحقاً، كما مهد لتطوير نموذج الدراسة وصياغة فرضياتها بشكل علمي ومنهجي، بما يعزز من ترابط فصول البحث ويحقق التكامل بين الجانبين النظري والتطبيقي.

وعليه، يشكل هذا الفصل الأساس العلمي الذي تستند إليه الدراسة في تحليل نتائجها الميدانية، وربطها بالأدبيات السابقة، وصولاً إلى تقديم تفسير علمي متكامل لنتائج البحث.

الفصل الثالث: الطريقة والإجراءات (المنهجية)

مقدمة الفصل الثالث:

يهدف هذا الفصل إلى تقديم وصف شامل ومفصل لمنهجية البحث المعتمدة في هذه الدراسة، مع تبرير جميع القرارات المنهجية المتخذة بناءً على أسس علمية. يشمل الفصل تفاصيل عن فلسفة البحث، وتصميم الدراسة، واستخدام المنهج المختلط (الذي يجمع بين الأساليب الكمية والنوعية)، وإجراءات اختيار العينة وحجمها، وأدوات جمع البيانات، والأساليب الإحصائية المستخدمة في التحليل. كما يتطرق الفصل إلى الاعتبارات الأخلاقية وإجراءات ضمان الجودة والموثوقية، لضمان موثوقية النتائج ودقتها.

تم تصميم منهجية هذه الدراسة بعناية لتحقيق أهداف البحث والإجابة على أسئلته بطريقة علمية وموثوقة. جاء اختيار المنهج الكمي بناءً على طبيعة مشكلة البحث المعقدة التي تتطلب فهماً عميقاً لكل من الجوانب الكمية (القياسية) والنوعية (التفسيرية) لتأثير الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في البيئة الحكومية السعودية. يضمن هذا النهج الشمولي الحصول على بيانات غنية ومتنوعة تدعم النتائج والتوصيات المقدمة.

ومن أجل تعزيز الجانب التطبيقي للدراسة وزيادة قوة نتائجها وقابليتها للتعميم، تم الاستفادة من التجارب والممارسات المعتمدة في عدد من الأمانات داخل المملكة مثل أمانة منطقة الرياض وأمانة المنطقة المدينة وباقي الأمانات، وذلك لكونها تشارك مع بيئة الدراسة نفس السياق التنظيمي والتشغيلي في مجال إدارة المشاريع والتحول الرقمي. ويسهم هذا التوسع النظري في دعم المقارنة وتفسير النتائج بصورة أشمل، رغم اقتصار التطبيق العملي على عينة محددة، بما يعزز من القيمة العلمية للدراسة ويدعم موثوقية نتائجها وإمكانية الاستفادة منها في بيئات مشابهة ضمن منظومة القطاع البلدي السعودي.

نوع البحث (Research Type)

اعتمدت الدراسة على المنهج الكمي، وذلك من خلال استخدام الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، بهدف قياس أثر استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في أمانات المملكة العربية السعودية.

وقد تم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة عبر برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، وذلك لاختبار فرضيات الدراسة وقياس العلاقات بين المتغيرات، بما يساهم في الوصول إلى نتائج دقيقة تدعم أهداف البحث.

طرق جمع البيانات:

اعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، حيث تم تصميمها بما يتناسب مع متغيرات الدراسة وأهدافها، وذلك بالاستناد إلى الأدبيات السابقة والدراسات ذات الصلة.

وقد تم إعداد الاستبانة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي، وتوجيهها إلى عينة من العاملين في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات في المملكة العربية السعودية، بهدف جمع بيانات كمية قابلة للتحليل الإحصائي.

كما خضعت الاستبانة للتحكيم العلمي من قبل مجموعة من الخبراء للتأكد من صدقها، وتم إجراء دراسة استطلاعية للتحقق من ثباتها، حيث بلغ معامل كرونباخ ألفا (0.84)، مما يشير إلى مستوى ثبات مرتفع للأداة.

وبعد جمع البيانات، تم تحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة عبر برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، وذلك لاختبار فرضيات الدراسة وتحقيق أهدافها.

مبررات اختيار المنهج الكمي في الدراسة:

اعتمدت الدراسة الحالية على المنهج الكمي لقياس أثر أدوات الذكاء الاصطناعي في كفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية. ويُعد المنهج الكمي من أكثر المناهج استخدامًا في الدراسات التي أُنشئت إلى قياس العلاقات بين المتغيرات واختبار الفرضيات بشكل موضوعي قائم على البيانات.

ويرتكز المنهج الكمي على استخدام أدوات قياس رقمية، مثل الاستبانة والتحليل الإحصائي، بهدف الوصول إلى نتائج قابلة للتعميم، مما يجعله مناسبًا للدراسة الحالية التي تسعى إلى قياس العلاقة بين أدوات الذكاء الاصطناعي ومتغيرات كفاءة إدارة المشاريع.

وقد تم اختيار المنهج الكمي في هذه الدراسة لعدة مبررات علمية ومنهجية، من أهمها:

1. طبيعة مشكلة الدراسة التي تتطلب قياس العلاقات بين متغيرات محددة.

2. وجود فرضيات بحثية تستدعي اختبارها إحصائيًا.

3. الحاجة إلى نتائج قابلة للتعميم على مكاتب إدارة المشاريع في الإمارات.

4. إمكانية استخدام أدوات إحصائية متقدمة لتحليل البيانات.

كما يتيح المنهج الكمي إمكانية استخدام نماذج تحليل إحصائية تساعد في قياس قوة العلاقة بين المتغيرات، واختبار دلالتها الإحصائية، مما يعزز من دقة النتائج وموضوعيتها.

تصميم أداة الدراسة (الاستبانة):

اعتمدت الدراسة الحالية على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، نظرًا لملاءمتها للدراسات الكمية التي تستهدف عينة كبيرة نسبيًا، ولقدرتها على قياس اتجاهات وآراء الأفراد تجاه موضوع الدراسة.

وقد تم تصميم الاستبانة بناءً على:

- الإطار النظري للدراسة.
- متغيرات الدراسة المستقلة والتابعة.
- الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع.

وتكونت الاستبانة من قسمين رئيسيين:

القسم الأول: البيانات الديموغرافية:

وشمل مجموعة من الأسئلة المتعلقة بخصائص أفراد العينة، مثل:

- الفئة العمرية.
- المؤهل العلمي.

- سنوات الخبرة.

- المسمى الوظيفي.

و أستخدمت هذه البيانات إلى وصف عينة الدراسة وتحليل الفروق بين المجموعات المختلفة.

القسم الثاني: محاور الدراسة:

اشتمل هذا القسم على مجموعة من العبارات التي تقيس متغيرات الدراسة، وهي:

1. أدوات الذكاء الاصطناعي.

2. سياسات الحوكمة والإجراءات التنظيمية.

3. الاستثمار في التكنولوجيا.

4. كفاءة إدارة المشاريع.

وقد تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات أفراد العينة، حيث تتدرج الإجابات من:

- موافق بشدة

- موافق

- محايد

- غير موافق

- غير موافق بشدة

إجراءات بناء الاستبانة:

مرت عملية إعداد الاستبانة بعدة مراحل منهجية لضمان دقتها وملاءمتها لأهداف الدراسة، وشملت هذه المراحل:

1. مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة المتعلقة بموضوع الدراسة.

2. تحديد أبعاد ومتغيرات الدراسة.

3. صياغة العبارات الخاصة بكل متغير.

4. عرض الاستبانة على مجموعة من المحكمين المتخصصين.

5. إجراء التعديلات اللازمة بناءً على ملاحظات المحكمين.

6. إعداد النسخة النهائية من الاستبانة وتوزيعها على عينة الدراسة.

مجتمع الدراسة وعينتها:

يتكون مجتمع الدراسة من العاملين في مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية، والذين يستخدمون أو يتعاملون مع أنظمة إدارة المشاريع والتقنيات الرقمية المرتبطة بها.

ونظرًا لصعوبة الوصول إلى جميع أفراد المجتمع، تم الاعتماد على عينة ممثلة من العاملين في مكاتب إدارة المشاريع، حيث تم توزيع الاستبانة عليهم وجمع البيانات اللازمة لإجراء التحليل الإحصائي.

وقد تم اختيار العينة بطريقة تضمن تمثيل مختلف الفئات الوظيفية ومستويات الخبرة داخل مكاتب إدارة المشاريع، بهدف الحصول على نتائج أكثر دقة وموضوعية.

اختبارات الصدق والثبات لأداة الدراسة:

أولاً: صدق الأداة (Validity)

تم التحقق من صدق أداة الدراسة من خلال عرضها على مجموعة من المحكمين المتخصصين في مجالات:

• إدارة المشاريع

• التحليل الإحصائي

• نظم المعلومات

- الذكاء الاصطناعي

وذلك بهدف التأكد من:

- وضوح العبارات

- ملاءمتها لأهداف الدراسة

- شمولها لجميع أبعاد المتغيرات

وقد تم الأخذ بملاحظات المحكمين وإجراء التعديلات اللازمة، مما ساهم في تحسين جودة الأداة وزيادة دقتها.

ثانياً: ثبات الأداة (Reliability) :

تم قياس ثبات أداة الدراسة باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) ، والذي يعد من أكثر المؤشرات

استخداماً في الدراسات الكمية لقياس درجة اتساق الإجابات بين عبارات المقياس.

ويشير ارتفاع قيمة معامل ألفا كرونباخ إلى ارتفاع مستوى الثبات في الأداة، حيث تعتبر القيم التي تزيد عن (0.70)

مقبولة في الدراسات الاجتماعية، بينما تشير القيم الأعلى من (0.80) إلى مستوى ثبات مرتفع.

وقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن قيم معامل ألفا كرونباخ لجميع محاور الدراسة كانت ضمن الحدود المقبولة

إحصائياً، مما يدل على تمتع أداة الدراسة بدرجة عالية من الثبات والاتساق الداخلي.

مراحل تحليل البيانات:

تم تحليل بيانات الدراسة باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS) ، وذلك من خلال مجموعة من الخطوات المنظمة،

شملت:

1. إدخال البيانات إلى البرنامج الإحصائي.

2. مراجعة البيانات والتأكد من خلوها من الأخطاء.

3. إجراء التحليل الوصفي للبيانات.

4. حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية.

5. اختبار الفرضيات باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة.

6. تفسير النتائج في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة.

التحليل الموضوعي لتحليل البيانات النوعية:

يُعتمد في تحليل البيانات النوعية على منهج التحليل الموضوعي الذي يهدف إلى اكتشاف الأنماط والدلالات المتكررة داخل إجابات المشاركين، خصوصاً عندما تتعلق بمتغيرات شخصية ومهنية مثل الفئة العمرية، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، القطاع،

الوظيفة الحالية، ومدة التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي. تبدأ العملية بمرحلة القراءة المتعمقة للبيانات لفهم السياق العام واكتشاف الفروق الأولية بين فئات المشاركين؛ إذ تظهر عادةً اختلافات واضحة بين الفئات العمرية في مدى التكيف مع التكنولوجيا، حيث يميل الأصغر سناً إلى قبول أسرع لاستخدام الأدوات الرقمية، بينما يحتاج الأكبر سناً إلى دعم تدريبي إضافي.

كما يكشف تحليل المؤهل العلمي عن أن ذوي الدراسات العليا أو التخصصات التقنية يمتلكون وعياً أعلى بمفاهيم التحول الرقمي، مما ينعكس على قدرتهم في الاستفادة من أدوات الذكاء الاصطناعي. وفيما يتعلق بسنوات الخبرة، تميل الفئات الأكثر

خبرة إلى ربط استخدام الذكاء الاصطناعي بتحسين كفاءة إدارة المشاريع، في حين يرى حديثو التخرج في هذه الأدوات وسيلة

للتعلم ودعم الأداء. أما على مستوى القطاع، فتظهر البيانات تبايناً في جاهزية المؤسسات، حيث يُظهر القطاع الخاص عادةً مرونة أكبر في تبني التقنيات مقارنة ببعض الجهات الحكومية التي قد تواجه تحديات في البنية التحتية. ويتأثر التحليل كذلك بالوظيفة الحالية، إذ تختلف أنماط الاستخدام بين مديري المشاريع والمحللين والموظفين التشغيليين تبعاً لطبيعة مهامهم. كما يتضح

أن مدة التعرض للذكاء الاصطناعي تشكّل عاملاً حاسماً في مستوى الثقة والاعتماد على هذه الأدوات، حيث يُظهر أصحاب

التعرض الطويل فهماً أعمق وقدرة أكبر على دمج الذكاء الاصطناعي في العمليات اليومية. وبعد ترميز الأفكار المتكررة وتجميعها

في موضوعات واضحة، تتم مراجعتها للتأكد من اتساقها مع البيانات الأصلية، ثم صياغتها في صورة موضوعات تفسيرية تعكس

الفروق بين فئات المشاركين، بما يسمح بتقديم قراءة تحليلية متكاملة تربط بين خصائص الأفراد وسلوكهم واتجاهاتهم تجاه أدوات الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع.

مجتمع الدراسة وعينتها:

مجتمع الدراسة: شمل مجتمع البحث جميع العاملين المعنيين بإدارة المشاريع ضمن الأمانات المحلية في مختلف مناطق المملكة العربية السعودية. يضم ذلك مديري المشاريع، والمهندسين، ومحليي البيانات، ومطوري البرمجيات، والقيادات الإدارية في مكاتب إدارة المشاريع، بالإضافة إلى أصحاب المصلحة المرتبطين (مثل الاستشاريين والمقاولين الذين يعملون بالتعاون مع الأمانات في تنفيذ المشاريع). يتميز هذا المجتمع بالتنوع في الاختصاصات والخبرات، مما يعزز قدرة الدراسة على فهم تأثير الذكاء الاصطناعي من جوانب مختلفة. كما أنه يمتد عبر قطاعات متعددة ترتبط بعمل الأمانات (مثل البنية التحتية، وتكنولوجيا المعلومات، والخدمات البلدية، والتخطيط العمراني)، مما يثري نطاق التحليل.

عينة الدراسة: هي جزء مُحدد من مجتمع الدراسة تم اختياره للمشاركة الفعلية في البحث. تم اتباع أسلوب العينة العشوائية البسيطة في اختيار أفراد العينة لضمان أن يكون لكل فرد في المجتمع فرصة متساوية للاختيار، وبالتالي تحقيق تمثيل عادل وشامل لكافة فئات مجتمع الدراسة المستهدفة. يساعد هذا النهج العشوائي على تقليل التحيز في اختيار المشاركين ويعزز من إمكانية تعميم النتائج على المجتمع الأكبر. تم التواصل مع الأمانات المختلفة لجمع قوائم بالموظفين ذوي العلاقة بمجال تقنية المعلومات وإدارة المشاريع، ثم تم اختيار العينة عشوائياً من تلك القوائم. بلغ الحجم النهائي لعينة الدراسة (بعد استبعاد

الاعتبارات وعدم الاستجابات) ما يقارب 220 مشاركاً، وهو حجم كافٍ لتطبيق الاختبارات الإحصائية المطلوبة وضمان قدر مناسب من القوة الإحصائية (Statistical Power).

تم تحديد حجم العينة باستخدام معادلة كوكران (Cochran) لتقدير الحجم المناسب للعينة عند مستوى ثقة 95%، وهامش خطأ مسموح به ($d = 0.05$)، وبافتراض نسبة تباين ($p = 0.5$)، وذلك وفق المعادلة التالية:

$$n_0 = (Z^2 \times p \times q) / d^2$$

حيث تم اعتماد القيم التالية:

$$d = 0.05, q = 0.5, p = 0.5, Z = 1.96$$

وبالتعويض في المعادلة، بلغ الحجم الابتدائي للعينة:

$$n_0 = (1.96^2 \times 0.5 \times 0.5) \div (0.05^2) = 384$$

ونظراً لأن مجتمع الدراسة محدود ($N \approx 500$)، فقد تم تطبيق معادلة تصحيح حجم العينة للمجتمع المحدود كما يلي:

$$n = n_0 / [1 + ((n_0 - 1) / N)]$$

وبالتعويض في المعادلة، يكون:

$$n = 384 \div [1 + ((384 - 1) \div 500)] \approx 217$$

وعليه، تم اعتماد حجم عينة لا يقل عن (217) مفردة لضمان دقة النتائج، وتم زيادة العدد إلى (220) مشاركاً لتعويض أي نقص محتمل في الاستجابات، مع مراعاة تمثيل مختلف مناطق المملكة قدر الإمكان لضمان عدم تحيز النتائج.

الدراسة الاستطلاعية (Pilot Study): دعمت الدراسة الرئيسية بدراسة استطلاعية صغيرة الحجم بهدف اختبار أدوات البحث وإجراءات جمع البيانات قبل تنفيذها على النطاق الواسع. تم إجراء هذه الدراسة الاستطلاعية على عينة قوامها حوالي 20-30 مشاركاً من مجتمع الدراسة (تم اختيارهم عشوائياً من بعض الأمانات الكبرى). هدفت الدراسة الاستطلاعية إلى تقييم موثوقية أدوات القياس والتأكد من وضوح أسئلة الاستبانة وملاءمتها، بالإضافة إلى التعرف على

أي صعوبات محتملة في تنفيذ المقابلات أو جمع البيانات بشكل عام. تم حساب معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) بناءً على بيانات الاستبانة الاستطلاعية للتحقق من الثبات الداخلي لأداة الاستبانة، وقد أسفرت نتائج الدراسة الاستطلاعية عن معامل كرونباخ ألفا بلغ (0.84)، مما يشير إلى مستوى ثبات مرتفع للأداة.. كما تم تلقي ملاحظات مباشرة من المشاركين حول صياغة الأسئلة وأسلوب عرضها، وعلى ضوء ذلك أُجريت تعديلات طفيفة لتحسين الصياغة والتدفق المنطقي لقسم الأسئلة.

أهمية الدراسة الاستطلاعية:

- ساعدت الدراسة الاستطلاعية على التأكد من فعالية أدوات القياس وصلاحياتها قبل تطبيقها على العينة الكاملة، مما يضمن جمع بيانات ذات جودة عالية في الدراسة الرئيسية. على سبيل المثال، إذا وُجد سؤال غير واضح أو مربك للمشاركين، تم تعديله أو تبسيطه.
 - قدّمت نتائج الدراسة الاستطلاعية بيانات أولية دعمت تطوير الإطار النظري وتوقعات الباحث، وعززت التحليل من خلال إعطاء لمحة مبكرة عن الاتجاهات المحتملة (رغم أنها ليست نهائية). على سبيل المثال، لوحظ بشكل أولي وجود توجه إيجابي عام نحو استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي بين المشاركين، مما أعطى مؤشراً على ثقافة القبول المبدئية التي تم أخذها بالاعتبار عند تصميم المرحلة التالية.
 - باختصار، أسهمت الدراسة الاستطلاعية في رفع موثوقية منهجية البحث، وساعدت الباحثة في التعرف المبكر على التحديات اللوجستية والفنية والتغلب عليها (مثل التأكد من فهم المصطلحات التقنية، وضبط المدة الزمنية اللازمة لتعبئة الاستبانة، والتدريب على أسئلة المقابلة)، مما أدى إلى سلاسة أكبر في تنفيذ الدراسة الأساسية.
- الأساليب الإحصائية المستخدمة
- لتحليل البيانات ومعالجة النتائج، تم اختيار مجموعة من الأساليب الإحصائية التي تناسب طبيعة المتغيرات و استهدفت إلى الإجابة عن أسئلة الدراسة واختبار فرضياتها. جاءت عملية اختيار هذه الأساليب بشكل مدروس لضمان تحقيق أقصى استفادة من البيانات الكمية المتاحة والتأكد من صحة الاستنتاجات المستخلصة.

فيما يلي أبرز الأدوات والتحليلات الإحصائية المستخدمة:

- التحليل العاملي الاستكشافي (Exploratory Factor Analysis): استُخدم هذا التحليل للكشف عن البناء الداخلي للبيانات وتحديد العوامل الكامنة التي تفسّر التباين في استجابات المشاركين على الاستبانة. يساعد التحليل العاملي الاستكشافي في اختبار الصدق البنائي (Construct Validity) للمقياس المستخدم، والتأكد من أن مجموعات الأسئلة المرتبطة ببعضها تعكس بالفعل الأبعاد المفترضة (مثل تجمع أسئلة مرتبطة بكفاءة اتخاذ القرار ضمن عامل واحد). لقد مكّنا هذا الأسلوب من التحقق من ملائمة تصنيف المحاور واختزال البيانات إلى عوامل رئيسية أكثر معنى وتفسيراً.
- معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha): تم حساب هذا المعامل كجزء من تحليل الثبات والموثوقية لأداة الاستبانة. يقيس كرونباخ ألفا مدى اتساق الإجابات عبر أسئلة المحور الواحد، وبالتالي يعكس مستوى الثقة في نتائج الاستبانة. وكما ذكرنا، حققت الأداة مستوى ثبات جيد يفوق الحد المقبول (0.7)، مما يعني أن العناصر ضمن كل محور مترابطة داخلياً بشكل كافٍ ويمكن الاعتماد على نتائجها.
- الإحصاء الوصفي (Descriptive Statistics): شمل ذلك استخدام المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية، والتوزيعات النسبية للتعرف على خصائص البيانات وعرضها بصورة مبسطة. أُستخدم الإحصاء الوصفي في وصف خصائص العينة (مثل توزيع المشاركين حسب المنطقة أو المسمى الوظيفي أو مستوى الخبرة)، وكذلك في تلخيص مستوى الموافقة على عبارات الاستبانة المختلفة. ساعدتنا المقاييس الوصفية في فهم نمط البيانات ومعرفة الاتجاهات العامة (مثلاً: متوسط تقييم المشاركين لمدى تأثير الذكاء الاصطناعي على تحسين جودة البيانات).
- تحليل الانحدار (Regression Analysis): تم اللجوء إلى تحليل الانحدار الخطي لقياس تأثير المتغيرات المستقلة على المتغيرات التابعة بصورة كمية وتحديد قوة العلاقة واتجاهها. على سبيل المثال، أُستخدم الانحدار المتعدد لتقدير مدى مساهمة كل من عوامل الذكاء الاصطناعي (مثل استخدام أدوات معينة أو وجود سياسات داعمة) في تفسير التغير في كفاءة إدارة المشاريع (مثل تحسين اتخاذ القرار أو تقليل التأخيرات). مكّنا هذا التحليل من اختبار الفرضيات الرئيسية للبحث إحصائياً، عبر التحقق من معنوية المعاملات واحتمالية تأثيرها.

فإذا وُجدت علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي ومستوى كفاءة إدارة المشاريع، فسيتم اعتبار ذلك دعمًا للفرضية القائلة بوجود تأثير إيجابي لأدوات الذكاء الاصطناعي. استخدمنا أيضًا اختبارات T و F المصاحبة لتحديد معنوية النماذج وملاءمتها.

تجدر الإشارة إلى أنه قد تم الاستعانة ببرامج حاسوبية متقدمة لإجراء التحليلات الإحصائية، وعلى رأسها برنامج SPSS لتحليل البيانات الكمية، بالإضافة إلى برنامج Excel لبعض العمليات الحسابية البسيطة وتصور البيانات. أما البيانات النوعية من المقابلات، فتم تحليلها باستخدام برمجيات مساعدة (مثل NVivo) لتصنيف وترميز الأفكار الرئيسية، مما ساهم في ربط النتائج النوعية بالاستنتاجات الكمية بشكل منهجي. اختيار هذه الأساليب التحليلية جاء نظرًا لقدرتها على توفير صورة متكاملة عن البيانات: فالأساليب الاستكشافية (كالمعملية) ساعدت في بناء فهم مبدئي وهيكلية البيانات، والأساليب الوصفية قدّمت فهمًا عامًا واتجاهات أساسية، في حين أن الأساليب الاستدلالية (كالانحدار) مكّنت من اختبار العلاقة السببية والتحقق من فرضيات الدراسة بصورة علمية دقيقة. إن الجمع بين هذه الأدوات الإحصائية وفّر مستوى عاليًا من الشمولية في التحليل، حيث تم التحقق من النتائج من زوايا متعددة وباستخدام اختبارات مختلفة، مما عزز موثوقية التوصيات التي ستنبثق عن الدراسة.

القيود المتوقعة للدراسة:

ورغم وضوح منهجية الدراسة واعتمادها على أدوات بحثية مناسبة لطبيعة الموضوع، إلا أنه من المتوقع أن تواجه الدراسة عددًا من القيود المرتبطة بالنطاق الجغرافي وحجم العينة ومستوى النضج التقني داخل بعض الجهات البلدية، إضافة إلى احتمالية محدودية الوصول إلى بعض البيانات أو تباين درجة التعاون أثناء جمع المعلومات. ورغم ذلك، فإن هذه القيود لا تؤثر على سلامة المنهجية أو موثوقية النتائج، وسيتم تناول هذه الجوانب بشكل تفصيلي في فصل المناقشة بعد تنفيذ الدراسة الميدانية وتحليل بيانات الاستبانة، مع توضيح انعكاساتها المحتملة على تعميم النتائج وتفسيرها.

تصميم الدراسة وأدوات جمع البيانات:

اعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، حيث تم تصميمها بما يتناسب مع متغيرات الدراسة وأهدافها، وذلك بالاستناد إلى الأدبيات السابقة والدراسات ذات الصلة. وقد تم إعداد الاستبانة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي، وتوجيهها إلى عينة من العاملين في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات.

خضعت الاستبانة للتحكيم العلمي من قبل مجموعة من الخبراء للتأكد من صحتها، كما تم إجراء دراسة استطلاعية للتحقق من ثباتها، حيث بلغ معامل كرونباخ ألفا (0.84)، مما يشير إلى مستوى ثبات مرتفع للأداة.

وبعد جمع البيانات، تم تحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة عبر برنامج (SPSS) لاختبار فرضيات الدراسة وتحقيق أهدافها.

مجتمع الدراسة وعينتها:

ويتكون مجتمع الدراسة من العاملين في مكاتب إدارة المشاريع في عدد من أمانات المملكة العربية السعودية، ومن أبرزها أمانة محافظة جدة وأمانة منطقة الرياض وأمانة العاصمة المقدسة وأمانة المدينة المنورة، حيث تشمل هذه المكاتب مختلف الفئات الوظيفية المرتبطة بإدارة المشاريع، مثل مديري المشاريع، والمشرفين، والمحللين، والمهندسين، بالإضافة إلى الكوادر الفنية والإدارية الداعمة.

ويتميز هذا المجتمع بالتنوع من حيث الخبرات والتخصصات، مما يعكس واقع بيئة العمل في مكاتب إدارة المشاريع داخل الأمانات، ويسهم في تحقيق تمثيل أكثر دقة عند اختيار عينة الدراسة.

شمل مجتمع الدراسة جميع العاملين ذوي العلاقة بإدارة المشاريع في الأمانات السعودية: مديري مشاريع، مهندسين، محلي بيانات، مطوري برمجيات، وقادة إداريين. وبسبب اتساع المجتمع وصعوبة الوصول إلى جميع أفرادها، اختيرت عينة عشوائية بسيطة لضمان تمثيل عادل للفئات المختلفة. استخدم الباحث معادلة كوكران لتحديد حجم العينة المناسب، فبلغ العدد المبدئي 217 مشاركاً عند مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%، وتم رفعه إلى نحو 220 لتعويض أي نقص في الاستجابة. وقد خضعت الأدوات لدراسة استطلاعية على حوالي 30 مشاركاً لضبط صياغة الأسئلة وتقدير زمن الإجابة وتعزيز الثبات. روعي في اختيار العينة تمثيل مختلف المناطق لضمان إمكانية تعميم النتائج على مستوى المملكة.

التحليل الإحصائي والموضوعي:

تم تحليل البيانات الكمية باستخدام برنامج SPSS وفق مراحل منظمة:

- التحليل الوصفي لإبراز الخصائص الديموغرافية للعينة وتحديد اتجاهات الإجابة.
- التحليل العاملي الاستكشافي للتحقق من صدق البناء الداخلي للمقاييس واختزال البنود إلى عوامل واضحة.
- معامل كرونباخ ألفا لقياس ثبات الأدوات، وقد جاءت القيم ضمن الحدود المقبولة.
- الانحدار الخطي المتعدد لقياس تأثير المتغيرات المستقلة على كفاءة إدارة المشاريع واختبار الفرضيات. كذلك استخدمت اختبارات T و F لبيان دلالة النماذج.

أما البيانات النوعية (المقابلات والملاحظات)، فقد جرى تحليلها باستخدام التحليل الموضوعي عبر برنامج NVivo، حيث رُمرت الأفكار المتكررة، وُجمعت في موضوعات تكشف عن التحديات التنظيمية والثقافية والتقنية في تبني الذكاء الاصطناعي.

اعتبارات أخرى:

حرص الباحث على مراعاة الأخلاقيات البحثية من حيث ضمان سرية المشاركين والحصول على موافقتهم، وتوضيح هدف الدراسة وآلية استخدام البيانات. أشار الباحث أيضاً إلى القيود المحتملة مثل تحديات الوصول إلى بعض الأمانات، التفاوت في جاهزية البنية التحتية الرقمية، وتفاوت مستويات المعرفة لدى الموظفين، مؤكداً معالجة هذه القيود في فصل المناقشة.

الخلاصة:

تناول هذا الفصل عرض المنهجية العلمية التي اعتمدت عليها الدراسة لتحقيق أهدافها والإجابة عن تساؤلاتها واختبار فرضياتها، حيث تم توضيح نوع البحث، ومجتمع الدراسة وعينتها، وأدوات جمع البيانات، بالإضافة إلى الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات.

وقد اعتمدت الدراسة على المنهج الكمي لملاءمته لطبيعة الدراسة، حيث يهدف إلى تحليل العلاقة بين استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع في الإمارات، من خلال جمع البيانات الميدانية وتحليلها إحصائياً للوصول إلى نتائج علمية دقيقة.

وفيما يتعلق بمجتمع الدراسة، فقد تمثل في العاملين في مكاتب إدارة المشاريع بالإمارات في المملكة العربية السعودية، باعتبارهم الفئة الأكثر ارتباطاً بموضوع الدراسة، في حين تم اختيار عينة ممثلة لهذا المجتمع بطريقة تضمن تحقيق أهداف الدراسة وإمكانية تعميم نتائجها.

أما بالنسبة لأداة الدراسة، فقد تم الاعتماد على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، حيث تم تصميمها بناءً على متغيرات الدراسة (المتغيرات المستقلة المرتبطة بأدوات الذكاء الاصطناعي، والمتغير التابع المتمثل في كفاءة إدارة المشاريع)، مع مراعاة شمولها لجميع الأبعاد ذات العلاقة، بما يضمن قياس المتغيرات بدقة.

وقد خضعت أداة الدراسة لاختبارات الصدق والثبات للتأكد من صلاحيتها للاستخدام، حيث تم التحقق من الاتساق الداخلي لفقرات الاستبانة، وضمان موثوقية النتائج التي سيتم التوصل إليها بناءً على البيانات المجمعة.

وفيما يخص جمع البيانات، فقد تم توزيع الاستبانة على أفراد العينة المستهدفة وجمعها بطريقة منظمة تتيح تحليلها بشكل علمي، مع مراعاة تحقيق مستوى مناسب من الاستجابة لضمان دقة النتائج.

كما تم تحليل البيانات باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، من خلال تطبيق مجموعة من الأساليب الإحصائية المناسبة، والتي شملت:

- الإحصاءات الوصفية لتحليل خصائص العينة.

- معاملات الارتباط لقياس العلاقة بين المتغيرات.

- تحليل الانحدار لاختبار تأثير المتغيرات المستقلة على المتغير التابع.

- اختبارات الدلالة الإحصائية مثل اختبار (F) ومعامل التحديد (R^2) لاختبار الفرضيات.

وقد أسهم استخدام هذه الأساليب في توفير إطار تحليلي متكامل مكن من اختبار فرضيات الدراسة بدقة، والوصول إلى نتائج علمية موثوقة.

كما تناول الفصل القيود المحتملة للدراسة، والتي قد تؤثر على تعميم النتائج، مثل طبيعة العينة وحدود البيانات المتاحة، مما يعكس وعياً منهجياً بحدود الدراسة.

وبناءً على ما سبق، يمكن القول إن هذا الفصل قد وفر إطاراً منهجياً متكاملًا للدراسة، يجمع بين الأسس العلمية والتطبيق العملي، بما يضمن مصداقية النتائج التي سيتم عرضها في الفصل التالي، ويعزز من موثوقية الاستنتاجات والتوصيات التي ستبنى عليها الدراسة.

الفصل الرابع: نتائج الدراسة واختبار الفروض:

يهدف هذا الفصل إلى عرض نتائج الدراسة وتحليلها ومناقشتها في ضوء أهداف البحث ومشكلته وأسئلته، واختبار مدى تحقق الفروض التي بُنيت عليها الدراسة.

وقد تناولت هذه الدراسة موضوع " أثر أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع " في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات السعودية، انطلاقاً من مشكلة بحثية تمثلت في ضعف الاستفادة المثلى من أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع البلدية، وما يترتب على ذلك من تحديات تتعلق بإدارة الوقت والتكلفة والجودة والمخاطر. وانطلاقاً من ذلك، تم بناء مجموعة من الفروض البحثية لاختبار مدى وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستوى تبني أدوات الذكاء الاصطناعي ومؤشرات كفاءة إدارة المشاريع، وتشمل الوقت، التكلفة، الجودة، والمخاطر.

يستعرض هذا الفصل نتائج التحليل الإحصائي التي تم التوصل إليها من خلال الاستبانة الميدانية، مع تفسير تلك النتائج ومناقشتها في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة ذات العلاقة، لإبراز أوجه الاتفاق والاختلاف ودلالاتها العلمية. كما يهدف هذا الفصل إلى إظهار مدى تحقق أهداف الدراسة ومدى انسجام نتائجها مع الفروض التي وضعتها الباحثة في بداية البحث.

يهدف هذا الفصل إلى عرض نتائج وتحليل ومناقشة دراسة حول "أثر أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع" في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات السعودية، انطلاقاً من مشكلة بحثية تتعلق بضعف الاستفادة المثلى من هذه الأدوات في تحسين كفاءة إدارة المشاريع البلدية. وقد اعتمدت الدراسة على استبانة صُممت وفق مقياس ليكرت الخماسي، وتكونت من متغير مستقل (أدوات الذكاء الاصطناعي، 19 فقرة) وثلاثة أبعاد فرعية، ومتغير تابع (قياس كفاءة إدارة المشاريع، 17 فقرة) وثلاثة أبعاد فرعية. أظهرت نتائج معامل الثبات (ألفا كرونباخ) موثوقية عالية جداً للأداة، حيث بلغ المعامل الإجمالي للمتغير المستقل والمتغير التابع، مما يؤكد الاتساق الداخلي الكبير وصلاحية الأداة لتحليل البيانات. كما عزز التحليل العاملي الاستكشافي صدق وثبات الأبعاد، حيث جاءت قيم اختبار KMO مرتفعة (بين 0.807 و0.822) وقيم اختبار بارتليت معنوية ($Sig = 0.000$) لجميع الأبعاد، بنسب تبين مفسرة جيدة (تصل إلى 66.513%)، مما يدل على تجانس الفقرات وقوة ارتباطها بالعوامل الكامنة. أما بالنسبة لخصائص العينة (220 مفردة)، فقد أظهرت النتائج أن العينة تتسم بالخبرة العالية والمستوى التعليمي المرتفع؛ إذ تركزت بشكل كبير في الفئة العمرية (40-49).

49 سنة) وفي فئة الخبرة (أكثر من 10 سنوات)، وغالبيتها من الذكور (94.5%) وحملة البكالوريوس والمجستير، وتعمل في القطاع الحكومي (58.2%). وتجدر الإشارة إلى أن أكثر من 70% من المستجيبين لديهم تعرض متوسط أو مرتفع لأدوات الذكاء الاصطناعي، مما يعزز مصداقية تقييمهم. أما عن الاتجاهات العامة لاستجابات العينة، فقد أظهر التحليل الوصفي ميل المستجيبين إلى الموافقة بشكل عام على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، خاصة في جانب المخرجات (المتوسطات تزيد عن 3.50)، حيث كانت أعلى درجات الموافقة على أن أدوات الذكاء الاصطناعي تسهم في تسريع اتخاذ القرار وتحسين جودة المخرجات (متوسط 4.02)، وفعاليتها في تحسين دقة البيانات والتنبؤ بالمخاطر. ومع ذلك، يلاحظ ميل إجابات العينة نحو الحياد فيما يخص بُعد السياسات والحوكمة والأمن والميزانيات المخصصة للذكاء الاصطناعي، مما يشير إلى أن الجوانب التنظيمية والتشريعية لهذا التبنى لم تصل بعد إلى مرحلة النضج أو الوضوح الكامل في الجهات المبحوثة.

محتوى أداة الدراسة:

قامت الباحثة بتصميم الاستبانة كأداة للدراسة بشكل يتناسب مع متغيراتها، وذلك من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع الدراسة، حيث تكوّن الاستبانة من قسمين رئيسيين كالتالي:

القسم الأول: عبارة عن مجموعة من الأسئلة المتعلقة بمتغيرات البحث من خلال المجالات والأبعاد المكونة للاستبيان، ويشتمل هذا القسم على عدد (19) فقرة تعبر عن المتغير المستقل بعناصره المختلفة، وعدد (18) فقرة تعبر عن المتغير التابع كالتالي:

المتغير المستقل: أدوات الذكاء الاصطناعي، ويتكون من مجموعة من الأبعاد المرتبطة باستخدام هذه الأدوات في بيئة العمل، وذلك على النحو التالي:

- البُعد الأول: تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، ويتكون من عدد (10) فقرة.
- البُعد الثاني: التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع، ويتكون من عدد (3) فقرة.
- البُعد الثالث: السياسات والحوكمة والأمن، ويتكون من عدد (6) فقرة.
- المتغير التابع: قياس كفاءة إدارة المشاريع ويتكون من (17) فقرة، ويتكون من 3 أبعاد كالتالي:
- البُعد الأول: كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات)، ويتكون من عدد (8) فقرة.
- البُعد الثاني: الوعي، القبول، وتجربة المستخدم، ويتكون من عدد (7) فقرة.
- البُعد الثالث: العوائق والممكّنات ويتكون من عدد (2) فقرة.

القسم الثاني: اهتمت الباحثة في صياغته لعبارات الاستبانة بالبساطة والسهولة قدر المستطاع بحيث يكون مفهومًا لعامة المبحوثين، كما أهتم عند صياغته للعبارات التي يجيب عليها المبحوث أن تكون وفق مقياس ليكرت الخماسي . واعتمدت الباحثة على تصميم قائمة الاستقصاء، وتم استخدام مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات المبحوثين لفقرات الاستبانة حسب الجدول رقم (1):

الاستجابة	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
الدرجة	5	4	3	2	1

جدول رقم (1)

درجات مقياس ليكرت الخماسي

وبذلك يكون الوزن النسبي لكل درجة استجابة في هذه الحالة هو (20%) يتناسب مع هذه الاستجابة، وتم حساب مدى المقياس الخماسي المستخدم للمحور الكلي في الدراسة، كما يمكن توضيح مدى متوسطات القياس في إطار مقياس ليكرت كما بالجدول رقم (2).

الاتجاه	الحد الأدنى	الحد الأقصى
تميل الاتجاهات إلى (غير موافق بشدة)	1	1,79
تميل الاتجاهات إلى (غير موافق)	1,8	2,59
تميل الاتجاهات إلى (محايد)	2,6	3,39
تميل الاتجاهات إلى (موافق)	3,4	4,19
تميل الاتجاهات إلى (موافق بشدة)	4,2	5

جدول رقم (2)

مدى متوسطات القياس في إطار مقياس ليكرت

الجدول السابق يأخذ في الاعتبار عند التقسيم مراعاة ما إذا كانت الفئات متساوية تقريبًا

Pimentel, J. L. (2019). *Some biases in Likert scaling usage and its correction. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 45(1), 183–191.

التحليل الإحصائي لبيانات الدراسة الميدانية:

يتناول هذا الفصل المتعلق بمنهجية البحث والدراسة الميدانية وصفاً للمنهج المتبع من حيث أسلوب الدراسة المستخدم، ومجتمع وعينة الدراسة، وصدق وثبات الاستقصاء، بالإضافة إلى تحديد الأساليب الإحصائية التي اعتمدت عليها الباحثة في تحليل بيانات الدراسة الميدانية. وكذلك، فإن الدراسة الميدانية تتضمن التحليل الإحصائي الوصفي لإجابات عينة البحث، واختبار فروض الدراسة، وتناول الباحث هذا الفصل بالشكل التالي:

معامل الثبات (ألفا كرونباخ):

يقصد بالثبات أنه إذا ما أعيد اختبار أو سؤال مفردات عينة البحث مرة أخرى فإننا نحصل على نفس الإجابات، وبمعنى آخر أنه يمكن الاعتماد على استمارة الاستقصاء المستخدمة في البحث من حيث ثبات النتائج التي يتم التوصل إليها إذا ما تكررت عملية القياس بنفس القائمة وتحت نفس الظروف، وقد تم قياسه من خلال معامل ألفا كرونباخ، وتتراوح قيمته من (0-1)، وكلما اقتربت قيمته من الواحد الصحيح كلما كان المقياس أدق ويمكن الاعتماد عليه لتحليل البيانات، بينما انخفاض قيمته عن (0.50) يدل على انخفاض الثبات وهو الحد الأدنى المقبول لمعامل ألفا، كما يتم حساب معاملات الصدق من خلال الجذر التربيعي لمعامل الثبات ألفا كرونباخ، وهو ما يشير إلى الفهم الجيد لفقرات محاور الاستقصاء من قبل المستقصي منهم.

معامل الثبات ألفا كرونباخ - معامل الصدق:

الأبعاد	عدد الفقرات	معامل الثبات
المتغير المستقل أدوات الذكاء الاصطناعي	19	0.89
تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي	10	0.72
التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع	3	0.74
السياسات والحوكمة والأمن	6	0.89
المتغير التابع قياس كفاءة إدارة المشاريع	17	0.90
كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات)	8	0.94

0.79	7	الوعي، القبول، وتجربة المستخدم
0.70	2	العوائق والممكّنات

جدول رقم (3)

معامل الثبات والصدق لمخاوير الدراسة

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

المتغير المستقل: أدوات الذكاء الاصطناعي

يظهر المتغير المستقل "أدوات الذكاء الاصطناعي" معامل الثبات كأداة قياس إجمالية، حيث بلغ معامل الثبات (ألفا كرونباخ) 0.89، هذه القيمة العالية تؤكد على الاتساق الداخلي الكبير لفقرات هذا المتغير (19 فقرة) في قياس مفهومه. تتراوح قيم الثبات للأبعاد الفرعية من 0.72 إلى 0.89، مما يشير إلى أن جميع الأبعاد الفرعية (التبني والاستخدام، التكامل، السياسات والحوكمة) تُعد أدوات قياس جيدة جداً وموثوقة. ويُعد محور "السياسات والحوكمة والأمن" الأكثر اتساقاً من الناحية الإحصائية ضمن هذا المتغير بتحقيقه أعلى ثبات (0.89)

المتغير التابع: قياس كفاءة إدارة المشاريع:

سجل المتغير التابع "قياس كفاءة إدارة المشاريع" مستوى عال جداً من الموثوقية والصلاحية، حيث بلغ معامل الثبات الإجمالي 0.90، هذا يؤكد أن الفقرات الـ 17 لهذا المتغير تقيس مفهوم كفاءة إدارة المشاريع بفعالية واتساق. ويعتبر بعد "كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات)" الأكثر موثوقية في الأداة بأكملها، حيث حقق ثباتاً استثنائياً بلغ 0.94. أما بعد "الوعي، القبول، وتجربة المستخدم" فسجل ثباتاً جيداً (0.79). المدير بالذكر أن بعد "العوائق والممكّنات" تم حذف الفقرة الأولى (1). من أبرز العوائق أمام استخدام الذكاء الاصطناعي ضعف جودة البيانات وتكاملها للحصول على قيمة ثبات مقبولة (0.70) ولتحسين معامل الثبات

التحليل الوصفي لاتجاهات العينة ككل:

■ توصيف العينة طبقاً للخصائص الديموغرافية:

أولاً: طبقاً للنوع

النوع	التكرار	النسبة
ذكر	208	94.5
انثى	12	5.5
الإجمالي	220	100.0

التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً للنوع

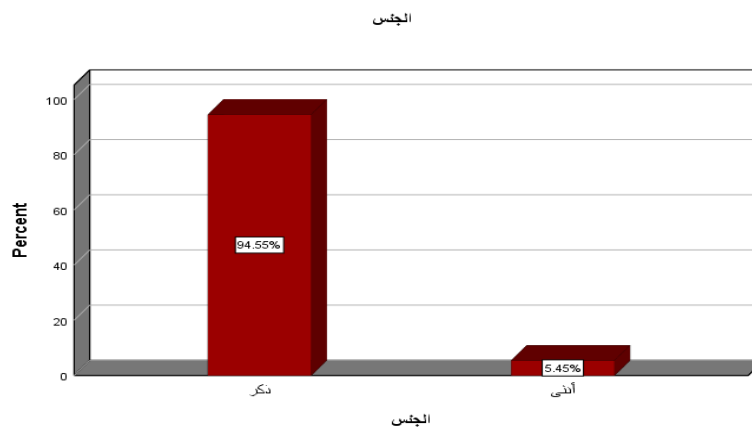
جدول رقم (4)

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

أظهرت نتائج توزيع أفراد العينة أن معظم مفردات العينة ذكور في مجتمع الدراسة، حيث بلغ عددهم 208 مفردة بنسبة 94.5% من الإجمالي البالغ 220 مفردة. في المقابل، كانت نسبة الإناث ضئيلة جداً، حيث بلغت 12 مفردة بنسبة 5.5%

نسبة الذكور المرتفعة مقارنة بالإناث غالباً ما تتركز وظائف إدارة المشاريع المرتبطة بالإنشاءات، البنية التحتية، التقنية، والتحول الرقمي في مجالات يهيمن عليها الذكور، مما يؤدي إلى تمثيل أعلى للرجال في القوى العاملة بهذا المجال.

شكل (1) الأعمدة البسيطة للنوع



ثانياً: طبقاً للفئة العمرية:

الفئة العمرية	التكرار	النسبة
أقل من 30	21	9.5
30-39	54	24.5
40-49	114	51.8
50 فأكثر	31	14.1
الإجمالي	220	100.0

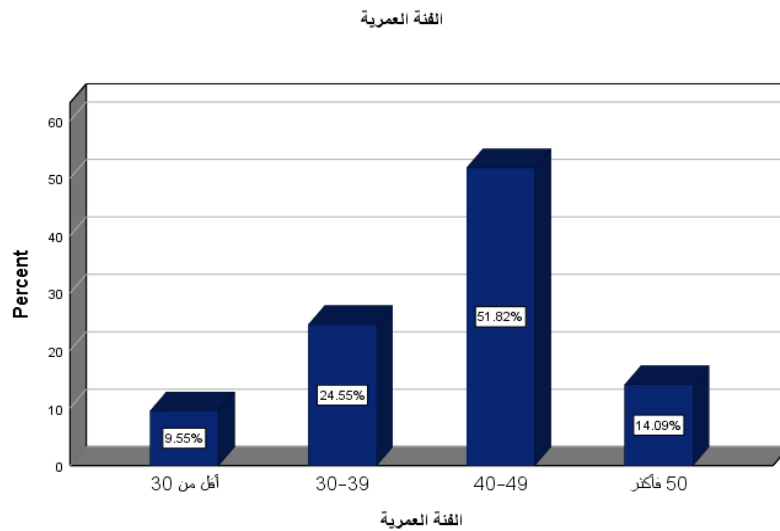
الجدول رقم (5)

التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً للفئة العمرية

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

يوضح الجدول السابق توزيع أفراد العينة حسب الفئة العمرية أن العينة تتركز بشكل كبير في الفئة العمرية المتوسطة (40-49 سنة)، حيث شكّلوا الغالبية بعدد 114 مفردة ونسبة 51.8% من إجمالي العينة (220). تليهم الفئة العمرية 30-39 سنة بنسبة 24.5%، ثم فئة 50 فأكثر بنسبة 14.1%. بينما كانت الفئة الأقل تمثيلاً هي "أقل من 30" سنة، بنسبة 9.5% فقط.

شكل (2) الاعمدة البسيطة للفئة العمرية



ثالثاً: طبقاً للمؤهل العلمي:

المؤهل العلمي	التكرار	النسبة
بكالوريوس	133	60.5
ماجستير	71	32.3
دكتوراه	7	3.2
غير ذلك	9	4.1
الإجمالي	220	100.0

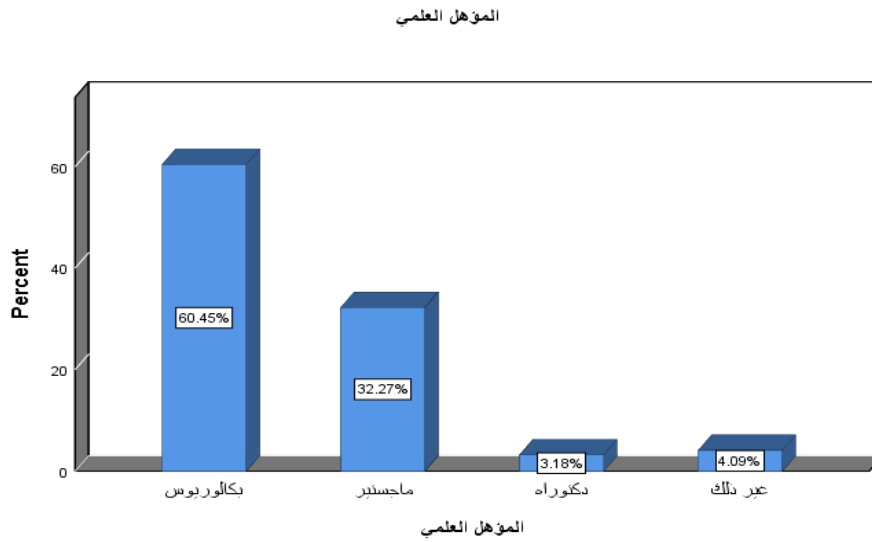
الجدول رقم (6)

التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً للمؤهل العلمي

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

يوضح الجدول السابق توزيع أفراد العينة حسب المؤهل العلمي أن معظم مفردات العينة يحملون مؤهلات علمية عليا، مما يشير إلى مستوى تعليمي مرتفع لعينة الدراسة. حيث شكل حملة البكالوريوس الفئة الأكبر بنسبة 60.5% (133 مفردة)، وتبعهم حملة الماجستير بنسبة كبيرة أيضاً بلغت 32.3% (71 مفردة). أما حملة الدكتوراه فكانوا يمثلون نسبة 3.2%. مجموع حملة الماجستير والدكتوراه يمثل أكثر من ثلث العينة (35.5%).

شكل (3) الاعمدة البسيطة للمؤهل العلمي



رابعا: طبقاً لسنوات الخبرة في إدارة المشاريع:

النسبة	التكرار	سنوات الخبرة
18.6	41	أقل من 5
23.6	52	5-10
57.7	127	أكثر من 10
100.0	220	الإجمالي

الجدول رقم (7)

التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً لسنوات الخبرة

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

يوضح الجدول السابق توزيع أفراد العينة حسب سنوات الخبرة أن الغالبية العظمى من المستجيبين يتمتعون بخبرة عملية

طويلة، مما يعزز من قيمة البيانات التي تم جمعها. حيث شكّلت فئة "أكثر من 10 سنوات" الفئة المهيمنة بنسبة 57.7%

(127 مستجيباً). تليها فئة "5-10 سنوات" بنسبة 23.6%. بينما مثّلت فئة "أقل من 5 سنوات" النسبة الأقل بـ

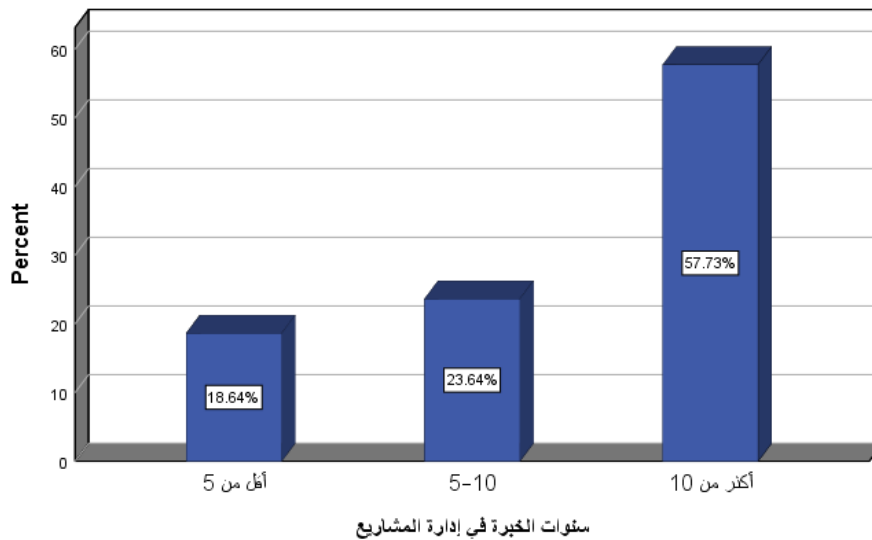
18.6% يشير هذا التركيز الكبير في فئة الخبرة الطويلة إلى أن العينة تتكون بشكل أساسي من مهنيين متخصصين وخبراء

في مجالات عملهم، مما يجعل آراءهم وتقييماتهم حول موضوع الدراسة (مثل كفاءة إدارة المشاريع واستخدام الذكاء

الاصطناعي) أكثر عمقاً وموثوقية، وتستند إلى معرفة واسعة وممارسة عملية.

شكل (4) الاعمدة البسيطة لسنوات الخبرة

سنوات الخبرة في إدارة المشاريع



خامساً: طبقاً للقطاع:

النسبة	التكرار	القطاع
58.2	128	حكومي
35.0	77	خاص
6.8	15	مشترك
100.0	220	الإجمالي

الجدول رقم (8)

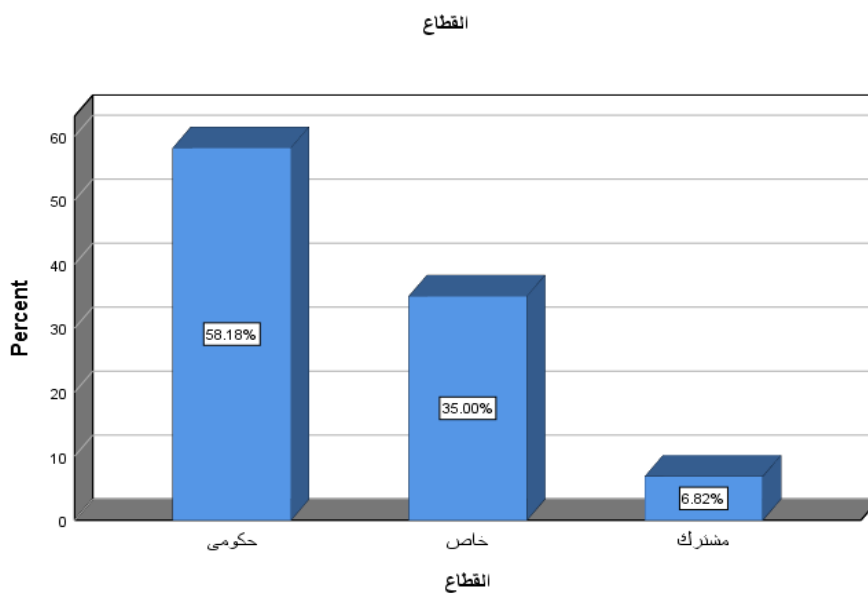
التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً للقطاع

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

يوضح الجدول السابق توزيع أفراد العينة حسب القطاع أن العينة تتركز بشكل واضح في القطاع الحكومي، حيث بلغت نسبة المستجيبين منه **58.2%** (128 مستجيباً). يليه القطاع الخاص بنسبة كبيرة أيضاً بلغت **35.0%** (77 مستجيباً).

أما القطاع المشترك فكان يمثل النسبة الأقل بـ **6.8%**.

شكل (5) الأعمدة البسيطة للقطاع



سادساً: طبقاً لنوع الجهة:

النسبة	التكرار	نوع الجهة
41.4	91	مالك/صاحب مشروع
24.5	54	استشاري
11.8	26	مقاول
22.3	49	أخرى
100.0	220	الإجمالي

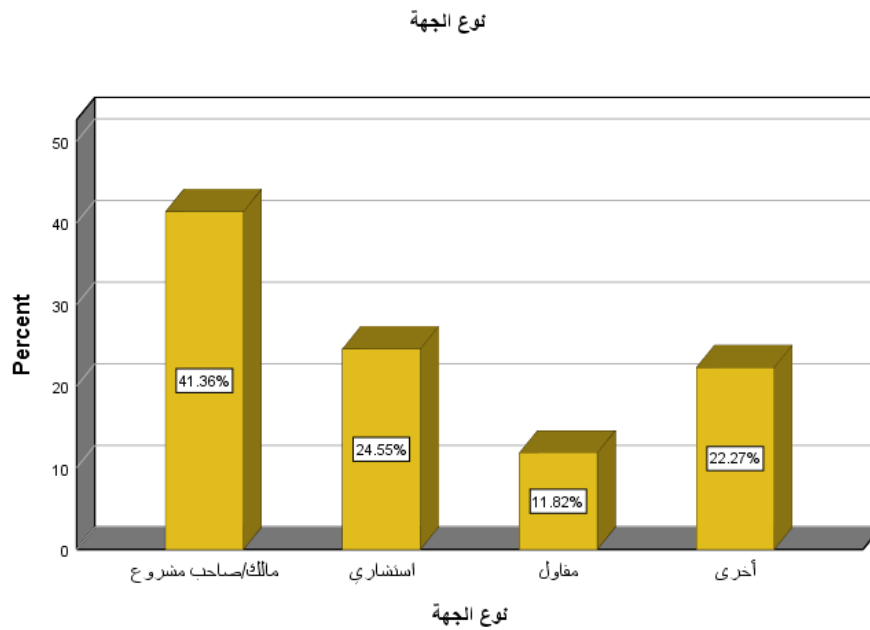
الجدول رقم (9)

التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً لنوع الجهة

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

يوضح الجدول السابق توزيع أفراد العينة حسب نوع الجهة التي ينتمون إليها أن المشاركين من طرف "مالك/صاحب المشروع" يمثلون أكبر فئة، حيث بلغ عددهم 91 مستجيباً بنسبة 41.4%. تليها فئة "استشاري" بنسبة 24.5%، ثم فئة "أخرى" بنسبة 22.3%، وأخيراً فئة "مقاول" بنسبة 11.8%.

شكل (6) الاعمدة البسيطة لنوع الجهة



سابعاً: طبقاً للوظيفة الحالية:

النسبة	التكرار	الوظيفة الحالية
31.4	69	مدير مشروع
20.0	44	مهندس/محلل بيانات
29.1	64	إداري
19.5	43	أخرى
100.0	220	الإجمالي

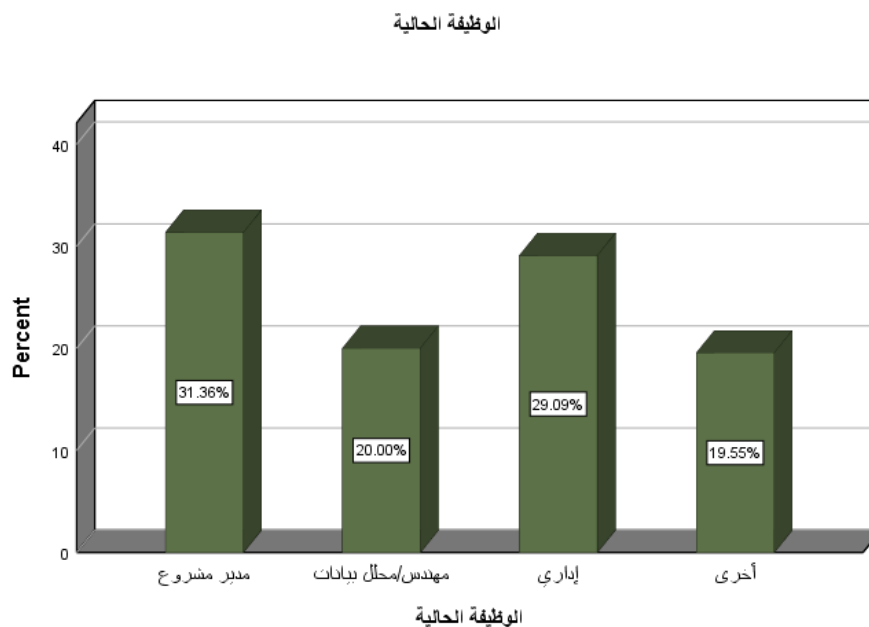
الجدول رقم (10)

التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً للوظيفة الحالية

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

يوضح الجدول السابق توزيع أفراد العينة حسب الوظيفة الحالية أن العينة تتركز بشكل كبير في الوظائف الإشرافية والتنفيذية المتعلقة بإدارة المشاريع والوظائف الإدارية، مما يعزز صلة العينة بموضوع الدراسة. كانت فئة "مدير مشروع" هي الأكبر بنسبة 31.4% (69 مستجيباً)، تليها فئة "إداري" بنسبة 29.1% (64 مستجيباً). أما فئة "مهندس/محلل بيانات" فجاءت ثالثة بنسبة 20.0%، تلتها وظائف "أخرى" بنسبة 19.5%.

شكل (7) الاعمدة البسيطة للوظيفة الحالية



ثامنا: طبقاً لمدة التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي:

النسبة	التكرار	مدة التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي
17.3	38	مرتفع
47.3	104	متوسط
23.2	51	منخفض
12.3	27	لا يوجد
100.0	220	الإجمالي

الجدول رقم (11)

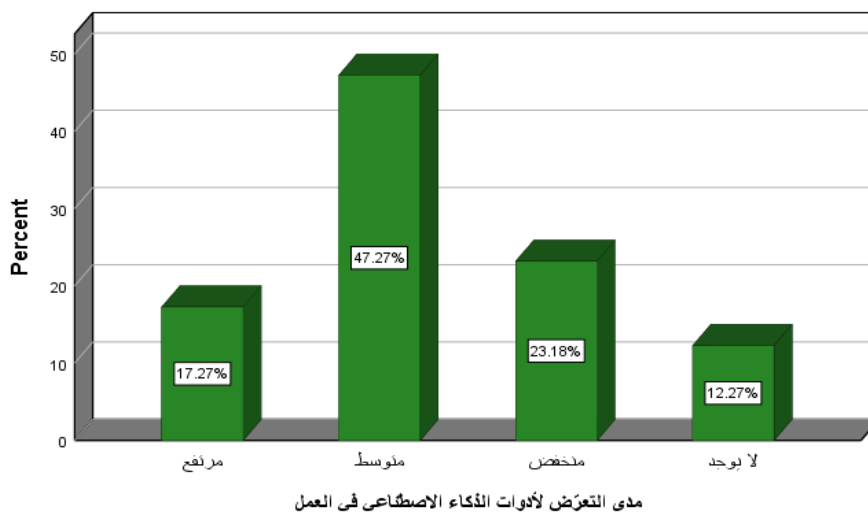
التوزيع التكراري والنسبي لعينة الدراسة طبقاً لمدة التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

يوضح الجدول السابق توزيع أفراد العينة حسب مدة التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي أن الغالبية العظمى من المستجيبين لديهم مستوى تعرض متوسط أو أعلى لهذه الأدوات، مما يشير إلى وجود وعي وخبرة لا بأس بها في استخدامها بين المهنيين. كانت فئة "متوسط" هي الأكبر والأكثر شيوعاً، حيث شملت 104 مستجيبين بنسبة 47.3% تليها فئة "منخفض" بنسبة 23.2% أما فئة التعرض "مرتفع" فبلغت 17.3% الجدير بالذكر أن نسبة 12.3% من المستجيبين أفادوا بأنه "لا يوجد" لديهم تعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي. هذا التوزيع يوضح أن أغلبية العينة (70.5% لمتوسط ومرتفع) لديها تجربة كافية لتقييم تأثير هذه الأدوات على كفاءة إدارة المشاريع، مما يعزز من مصداقية إجاباتهم المتعلقة بالمتغير المستقل (أدوات الذكاء الاصطناعي).

شكل (8) الاعمدة البسيطة لمدة التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي

مدى التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي في العمل



تاسعا: التحليل الوصفي لأبعاد الدراسة:

التحليل الوصفي لأبعاد المتغير المستقل استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي:

قامت الباحثة بإيجاد الاحصاءات الوصفية لأبعاد أدوات الذكاء الاصطناعي (تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع السياسات والحوكمة والأمن) وذلك من خلال حساب الوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الاختلاف والاتجاه لعبارات هذه الأبعاد كما يلي:

التحليل الوصفي للبعد الأول تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي:

الرمز	العبارات	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الاتجاه
x1.1	تستخدم الجهة التي أعمل بها أدوات الذكاء الاصطناعي في تنفيذ وإدارة المشاريع.	3.07	1.20	موافق
x1.2	تسهم أدوات الذكاء الاصطناعي في تسريع عملية اتخاذ القرار.	4.02	0.67	موافق
x1.3	تساعد هذه الأدوات في تحسين جودة مخرجات المشاريع.	4.02	0.57	موافق
x1.4	تعتمد الجهة على البيانات الناتجة من أدوات الذكاء الاصطناعي في التقييم والمتابعة.	3.33	0.93	موافق
x1.5	يتم تدريب الموظفين بشكل كافٍ على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي.	2.77	1.18	محايد
x1.6	أدوات الذكاء الاصطناعي سهلة الاستخدام والتعلم.	3.81	0.62	موافق
x1.7	تتوافر الموارد التقنية والبشرية اللازمة لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي بفعالية.	3.27	1.08	موافق
x1.8	يتبنى الزملاء والإدارة دعم استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي.	3.36	0.90	موافق
x1.9	توفر الأدوات تنبؤات أو تنبيهات استباقية حول التأخيرات أو التجاوزات المحتملة.	3.48	0.88	موافق
x1.10	استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي يربك سير العمل اليومي أكثر مما يساعد	2.41	0.99	محايد

جدول (12) الإحصاءات الوصفية لعبارات تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

- متوسط معظم العبارات أكبر من (3) وهذا يدل على اتجاه رأي المستقصي منهم نحو الموافقة على عبارات هذا البعد، اي ان اجابات المستقصي منهم تشير الى الموافقة على هذه العبارات.
 - الانحراف المعياري تراوح من (0.57: 1.20) وهي نسبة صغيرة ويدل على انخفاض التشتت في استجابات المستقصي منهم لهذه العبارات مما يؤكد على أهمية هذه العبارات.
- التحليل الوصفي للبعد الثاني التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع:

الرمز	العبارات	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الاتجاه
x2.1	تتكامل أدوات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع (مثل Oracle Unifier أو PMWeb)	3.64	0.65	موافق
x2.2	يتم استخدام مخرجات الذكاء الاصطناعي بشكل روتيني في اجتماعات مراجعة التقدم واتخاذ القرار.	3.11	0.89	محايد
x2.3	يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة واكتمال التقارير ولوحات المتابعة.	3.86	0.73	موافق

جدول (13) الإحصاءات الوصفية لعبارات التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

- متوسط جميع العبارات أكبر من (3) وهذا يدل على اتجاه رأي المستقصي منهم نحو الموافقة على عبارات هذا البعد، اي ان اجابات المستقصي منهم تشير الى الموافقة على هذه العبارات.
 - الانحراف المعياري تراوح من (0.65: 0.89) وهي نسبة صغيرة ويدل على انخفاض التشتت في استجابات المستقصي منهم لهذه العبارات مما يؤكد على أهمية هذه العبارات.
- التحليل الوصفي للبعد الثالث السياسات والحوكمة والأمن:

الرمز	العبارات	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الاتجاه
x3.1	توجد سياسات واضحة تنظم تطوير واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في الجهة.	2.90	1.04	محايد
x3.2	تُخصّص ميزانيات مستقلة لتطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي.	2.96	1.04	محايد
x3.3	يتم تقييم فعالية سياسات الذكاء الاصطناعي بشكل دوري.	2.99	1.07	محايد
x3.4	توجد حوكمة فعّالة لضمان أمان وسرية البيانات الناتجة عن الأدوات.	3.20	1.05	محايد
x3.5	تتم مراجعة الجوانب الأخلاقية (مثل التحيز والشفافية) المتعلقة باستخدام الذكاء الاصطناعي.	3.17	1.05	محايد
x3.6	يتم تحفيز الموظفين لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي عبر سياسات تشجيعية.	3.15	1.12	محايد

جدول (14) الإحصاءات الوصفية لعبارات السياسات والحوكمة والأمن

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

- متوسط معظم العبارات أكبر من (3) وهذا يدل على اتجاه رأي المستقصي منهم نحو الموافقة على عبارات هذا البعد، أي أن إجابات المستقصي منهم تشير إلى الموافقة على هذه العبارات.
 - الانحراف المعياري تراوح من (1.04: 1.12) وهي نسبة صغيرة ويدل على انخفاض التشتت في استجابات المستقصي منهم لهذه العبارات مما يؤكد على أهمية هذه العبارات.
- التحليل الوصفي لأبعاد المتغير التابع قياس كفاءة إدارة المشاريع:
- قامت الباحثة بإيجاد الإحصاءات الوصفية لأبعاد قياس كفاءة إدارة المشاريع (كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات) الوعي، القبول، وتجربة المستخدم العوائق والممكنات) وذلك من خلال حساب الوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الاختلاف والاتجاه لعبارات هذه الأبعاد كما يلي:

التحليل الوصفي للبعد الأول كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات):

الرمز	العبارات	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الاتجاه
y1.1	ساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة البيانات المستخدمة في المشاريع.	3.74	0.70	موافق
y1.2	ساهمت أدوات الذكاء الاصطناعي في تسليم المشاريع ضمن الجدول الزمني المحدد.	3.52	0.81	موافق
y1.3	ساعد استخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل التكاليف الإجمالية للمشاريع.	3.58	0.80	موافق
y1.4	قللت هذه الأدوات من التغييرات أو التدخلات غير المخططة في المشروع.	3.55	0.77	موافق
y1.5	تُستخدم مخرجات الذكاء الاصطناعي في تقييم الأداء العام للمشروعات.	3.60	0.85	موافق
y1.6	رفعت أدوات الذكاء الاصطناعي جودة مخرجات المشروع.	3.68	0.74	موافق
y1.7	حسّنت هذه الأدوات سرعة الاستجابة للمخاطر والقضايا أثناء التنفيذ.	3.64	0.79	موافق
y1.8	عزز الذكاء الاصطناعي قدرة الفريق على التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها	3.65	0.78	موافق

جدول (15) الإحصاءات الوصفية لعبارات كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات):

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

- متوسط جميع العبارات أكبر من (3) وهذا يدل على اتجاه رأي المستقصي منهم نحو الموافقة على عبارات هذا البعد، أي أن إجابات المستقصي منهم تشير إلى الموافقة على هذه العبارات.

- الانحراف المعياري تراوح من (0.70: 0.85) وهي نسبة صغيرة ويدل على انخفاض التشتت في استجابات المستقصي منهم لهذه العبارات مما يؤكد على أهمية هذه العبارات.

التحليل الوصفي للبعد الثاني الوعي، القبول، وتجربة المستخدم

الرمز	العبارات	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الاتجاه
y2.1	لدى الموظفين وعي كافٍ بأهمية أدوات الذكاء الاصطناعي .	3.11	1.09	محايد
y2.2	يوجد قبول عام لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.	3.50	0.89	موافق
y2.3	يتم إشراك المستخدمين في مراحل تطوير وتحسين أدوات الذكاء الاصطناعي.	3.09	1.08	محايد
y2.4	يتلقى المستخدمون تغذية راجعة حول أدائهم في استخدام هذه الأدوات.	3.08	1.01	محايد
y2.5	تسهل أدوات الذكاء الاصطناعي في تسهيل المهام اليومية للموظفين.	3.86	0.78	موافق
y2.6	مستوى الرضا العام عن أدوات الذكاء الاصطناعي مرتفع.	3.59	0.89	موافق
y2.7	أفضّل استخدام الطرق اليدوية التقليدية على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي	2.75	1.10	محايد

جدول (16) الإحصاءات الوصفية لعبارات الوعي، القبول، وتجربة المستخدم

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

- متوسط معظم العبارات أكبر من (3) وهذا يدل على اتجاه رأي المستقصي منهم نحو الموافقة على عبارات هذا البعد، أي ان اجابات المستقصي منهم تشير الى الموافقة على هذه العبارات.

- الانحراف المعياري تراوح من (0.78: 1.10) وهي نسبة صغيرة ويدل على انخفاض التشتت في استجابات المستقصي منهم لهذه العبارات مما يؤكد على أهمية هذه العبارات.

التحليل الوصفي للبعد الثالث العوائق والممكّنات

الرمز	العبارات	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الاتجاه
y3.1	من أبرز العوائق أمام استخدام الذكاء الاصطناعي ضعف جودة البيانات وتكاملها.	3.60	0.93	موافق
y3.2	من أهم العوامل الممكنة تبني القيادة ودعمها لاستخدام الذكاء الاصطناعي.	3.91	0.75	موافق
y3.3	التدريب المستمر عامل أساسي في نجاح تبني أدوات الذكاء الاصطناعي	4.23	0.65	موافق

جدول (17) الإحصاءات الوصفية لعبارات العوائق والممكّنات

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

- متوسط معظم العبارات أكبر من (3) وهذا يدل على اتجاه رأي المستقصي منهم نحو الموافقة على عبارات هذا البعد، أي ان اجابات المستقصي منهم تشير الى الموافقة على هذه العبارات.
- الانحراف المعياري تراوح من (0.65: 0.93) وهي نسبة صغيرة ويدل على انخفاض التشتت في استجابات المستقصي منهم لهذه العبارات مما يؤكد على أهمية هذه العبارات.

10. التحليل العاملي الاستكشافي:

التحليل العاملي لأبعاد المتغير المستقل أدوات الذكاء الاصطناعي

رمز	العبارات	معامل التحميل
x1.1	تستخدم الجهة التي أعمل بها أدوات الذكاء الاصطناعي في تنفيذ وإدارة المشاريع	.709

x1.4	تعتمد الجهة على البيانات الناتجة من أدوات الذكاء الاصطناعي في التقييم والمتابعة.	.772
x1.5	يتم تدريب الموظفين بشكل كافٍ على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي	.737
x1.8	يتبنى الزملاء والإدارة دعم استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي.	.698
x1.9	توفر الأدوات تنبؤات أو تنبيهات استباقية حول التأخيرات أو التجاوزات المحتملة	.596
.807	اختبار مدى كفاية العينة KMO	
415.431	اختبار باريتليت (كا ²) Chi-Square	
10	درجة الحرية DF	
.000	المعنوية SIG	
49.664	نسبة التباين المفسرة AVE	

جدول رقم (18)

التحليل العاملي للبعد الاول للمتغير المستقل تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

أظهرت نتائج التحليل العاملي الاستكشافي لبعد استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع أن معاملات التحميل لجميع العبارات تراوحت بين (0.596-0.772)، وهي قيم مرتفعة تدل على ارتباط قوي بين العبارات والعامل الكامن الذي تمثله، مما يؤكد تجانس الفقرات في قياس المفهوم نفسه. وجاءت أعلى قيمة تحميل للعبارة (x1.4) التي تشير إلى اعتماد الجهة على بيانات الذكاء الاصطناعي في التقييم والمتابعة (0.772)، مما يعكس أهميتها في تمثيل البعد، في حين كانت أدنى قيمة للعبارة (x1.9) المتعلقة بتوفير الأدوات تنبؤات أو تنبيهات استباقية (0.596)، وهي مع ذلك ضمن الحدود المقبولة إحصائياً. كما أظهر اختبار كفاية العينة (KMO) قيمة بلغت (0.807) وهي مرتفعة وتشير إلى ملاءمة العينة لإجراء التحليل العاملي، بينما جاءت نتائج اختبار باريتليت للدلالة الإحصائية معنوية ($\chi^2 = 415.431$ ، $df = 10$ ، $Sig = 0.000$)، مما يدل على وجود علاقات ارتباط قوية بين المتغيرات تسمح بالتحليل. وبلغت نسبة التباين المفسرة (AVE) (49.664%)، وهي نسبة جيدة تؤكد أن العامل المستخرج يفسر ما يقارب نصف التباين الكلي في المتغيرات، مما يعزز صدق وثبات المقياس المستخدم. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن بُعد استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي ويمثل مؤشراً موثقاً في قياس الظاهرة محل الدراسة.

تُظهر نتائج جدول (18) وجود دلالة إحصائية للتحليل العاملي لبعد تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، حيث بلغت قيمة اختبار كفاية العينة ($KMO = 0.807$)، كما بلغت قيمة الدلالة الإحصائية ($Sig = 0.000$)، مما يدل على ملاءمة البيانات ووجود علاقات ذات دلالة إحصائية بين العبارات.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Prifti, 2022)، التي أكدت أن استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين كفاءة إدارة المشاريع من خلال دعم التحليل واتخاذ القرار.

إلا أن الدراسة الحالية تضيف بعداً جديداً يتمثل في أن تبني أدوات الذكاء الاصطناعي لا يعتمد فقط على توفر التقنية، بل يرتبط أيضاً بوجود بيئة تنظيمية داعمة تشمل التدريب وتوفير الدعم الإداري، كما يتضح من ارتفاع معاملات التحميل للعناصر (0.596 – 0.772)، وهو ما لم يتم التركيز عليه بشكل مباشر في الدراسات السابقة.

رمز	العبارات	معامل التحميل
x2.1	تكامل أدوات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع) مثل Oracle Unifier أو PMWeb	.781
x2.2	يتم استخدام مخرجات الذكاء الاصطناعي بشكل روتيني في اجتماعات مراجعة التقدم واتخاذ القرار.	.808
x2.3	يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة واكتمال التقارير ولوحات المتابعة	.856
	اختبار مدى كفاية العينة KMO	.807
	اختبار باريتليت (كا ²) Chi-Square	.671
	درجة الحرية DF	155.234
	المعنوية SIG	3
	نسبة التباين المفسرة AVE	66.513

جدول رقم (19)

التحليل العاملي للبعد الثاني للمتغير المستقل التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

أظهرت نتائج التحليل العاملي لُبعد تكامل الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع أن معاملات التحميل تراوحت بين (0.781–0.856)، وهي قيم مرتفعة تشير إلى قوة ارتباط العبارات بالعامل الكامن، مما يعكس تجانسها في قياس المفهوم ذاته. وقد حققت العبارة (x2.3) المتعلقة بمساهمة الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة واكتمال التقارير ولوحات المتابعة أعلى قيمة تحميل (0.856)، مما يدل على أهميتها في تمثيل البُعد، تلتها العبارة (x2.2) حول استخدام مخرجات الذكاء الاصطناعي في اجتماعات المراجعة واتخاذ القرار (0.808)، ثم العبارة (x2.1) التي تتناول تكامل أدوات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع (0.781). كما أظهر اختبار كفاية العينة (KMO) قيمة بلغت (0.807)، وهي قيمة مرتفعة تدل على ملاءمة العينة للتحليل العاملي، بينما جاءت نتائج اختبار باريتليت للدلالة الإحصائية معنوية، مما يؤكد وجود علاقات ارتباط قوية بين المتغيرات تسمح بإجراء التحليل. وبلغت نسبة التباين المفسرة (AVE) (66.513%)، وهي نسبة مرتفعة تشير إلى أن العامل المستخرج يفسر أكثر من ثلثي التباين الكلي في المتغيرات، مما

يعزز من صدق وثبات المقياس. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن بُعد تكامل الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع يتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي ويمثل مؤشراً قوياً على فاعلية استخدام الذكاء الاصطناعي في دعم عمليات إدارة المشاريع وتحسين جودة مخرجاتها.

تُظهر نتائج جدول (19) وجود دلالة إحصائية للتحليل العاملي لبُعد التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع، حيث بلغت قيمة اختبار كفاية العينة ($KMO = 0.807$)، مما يدل على ملاءمة البيانات لإجراء التحليل، كما بلغت قيمة مربع كاي ($Chi-Square = 155.234$) بدرجة حرية ($DF = 3$)، وهو ما يعكس وجود علاقات ذات دلالة إحصائية بين العبارات.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (El Khatib & Al Falasi, 2021)، التي أكدت أن تكامل أدوات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع يسهم في تحسين كفاءة اتخاذ القرار وتعزيز فعالية إدارة المشاريع.

إلا أن الدراسة الحالية تصيف بُعداً جديداً يتمثل في إبراز أن هذا التكامل لا يقتصر على الربط التقني فقط، بل يشمل أيضاً توظيف مخرجات الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في الاجتماعات واتخاذ القرار وتحسين جودة التقارير، كما يتضح من ارتفاع معاملات التحميل للعناصر ($0.781 - 0.856$)، وهو ما لم يتم التركيز عليه بشكل مباشر في الدراسات السابقة.

رمز	العبارات	معامل التحميل
x3.1	توجد سياسات واضحة تنظم تطوير واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في الجهة.	.706
x3.2	تُخصّص ميزانيات مستقلة لتطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي.	.774
x3.3	يتم تقييم فعالية سياسات الذكاء الاصطناعي بشكل دوري.	.885
x3.4	توجد حوكمة فعّالة لضمان أمان وسرية البيانات الناتجة عن الأدوات.	.853
x3.5	تتم مراجعة الجوانب الأخلاقية (مثل التحيز والشفافية) المتعلقة باستخدام الذكاء الاصطناعي.	.830
x3.6	يتم تحفيز الموظفين لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي عبر سياسات تشجيعية	.797
.822	اختبار مدى كفاية العينة KMO	
865.321	اختبار بارتليت ($Chi-Square^2$)	
15	درجة الحرية DF	
.000	المعنوية SIG	
65.547	نسبة التباين المفسرة AVE	

جدول رقم (20)

التحليل العاملي للبعد الثالث للمتغير المستقل السياسات والحوكمة والأمن

المصدر :من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي.SPSS

أظهرت نتائج التحليل العاملي لبُعد سياسات وحكومة استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع أن معاملات التحميل تراوحت بين (0.706–0.885)، وهي جميعها مرتفعة وتشير إلى ارتباط قوي بين العبارات والعامل الكامن، مما يؤكد تجانس الفقرات في قياس هذا البُعد. وحقت العبارة (x3.3) الخاصة بتقييم فعالية سياسات الذكاء الاصطناعي بشكل دوري أعلى قيمة تحميل بلغت (0.885)، مما يدل على أهميتها في تمثيل البُعد، تلتها العبارات المتعلقة بحكومة أمان وسرية البيانات (0.853) ومراجعة الجوانب الأخلاقية (0.830)، وهو ما يعكس تركيز هذا البُعد على الجوانب التنظيمية والرقابية. كما أظهرت النتائج أن قيمة اختبار كفاية العينة (KMO) بلغت (0.822)، وهي قيمة مرتفعة تؤكد ملاءمة العينة لإجراء التحليل العاملي، في حين جاء اختبار بارليت لللدالة الإحصائية معنوياً ($\chi^2 = 865.321$, $Sig = 0.000$, $df = 15$)، مما يشير إلى وجود علاقات ارتباط قوية بين المتغيرات. أما نسبة التباين المفسرة (AVE) فقد بلغت (65.547%)، وهي نسبة مرتفعة تدل على أن العامل المستخرج يفسر قدراً كبيراً من التباين في إجابات الباحثين، مما يعزز من صدق وثبات الأداة. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن بُعد سياسات وحكومة الذكاء الاصطناعي يتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي، ويُعد مؤشراً قوياً على النضج التنظيمي في إدارة استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي داخل مشاريع النقل

تُظهر نتائج جدول (20) وجود دلالة إحصائية للتحليل العاملي لبُعد السياسات والحكومة والأمن، حيث بلغت قيمة اختبار كفاية العينة ($KMO = 0.822$)، مما يدل على ملاءمة البيانات لإجراء التحليل العاملي، كما بلغت قيمة مربع كاي ($Chi-Square = 865.321$) بدرجة حرية ($DF = 15$)، وبلغت قيمة الدلالة الإحصائية ($Sig = 0.000$)، مما يشير إلى وجود علاقات ذات دلالة إحصائية قوية بين العبارات. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Fridgeirsson, 2023)، التي أكدت أن استخدام الذكاء الاصطناعي يسهم في تحسين إدارة المشاريع، خصوصاً في مجالات الجدولة والتكلفة وإدارة المخاطر. إلا أن الدراسة الحالية تضيف بعداً جديداً يتمثل في إبراز أن فاعلية استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي لا تعتمد فقط على الجانب التقني، بل ترتبط بشكل مباشر بوجود سياسات تنظيمية واضحة وأطر حوكمة فعالة تضمن الاستخدام الآمن والمنظم لهذه الأدوات، كما يتضح من ارتفاع معاملات التحميل للعناصر (0.706 – 0.885)، وهو ما يعكس أهمية هذا البعد ولم يتم تناوله بشكل مباشر في الدراسات السابقة.

التحليل العاملي لأبعاد المتغير التابع قياس كفاءة إدارة المشاريع

رمز	العبارات	معامل التحميل
y1.1	ساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة البيانات المستخدمة في المشاريع.	.767
y1.2	ساهمت أدوات الذكاء الاصطناعي في تسليم المشاريع ضمن الجدول الزمني المحدد.	.770
y1.3	ساعد استخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل التكاليف الإجمالية للمشاريع.	.885
y1.4	قللت هذه الأدوات من التغييرات أو التدخلات غير المخططة في المشروع.	.879
y1.5	تُستخدم مخرجات الذكاء الاصطناعي في تقييم الأداء العام للمشروعات.	.794
y1.6	رفعت أدوات الذكاء الاصطناعي جودة مخرجات المشروع.	.852
y1.7	حسّنت هذه الأدوات سرعة الاستجابة للمخاطر والقضايا أثناء التنفيذ.	.880
y1.8	عزز الذكاء الاصطناعي قدرة الفريق على التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها	.875
	اختبار مدى كفاية العينة KMO	.898
	اختبار بارتلليت (كا ²) Chi-Square	1481.941
	درجة الحرية DF	28
	المعنوية SIG	.000
	نسبة التباين المفسرة AVE	70.416

جدول رقم (21)

التحليل العاملي للبعد الاول للمتغير التابع كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات)

المصدر :من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

أظهرت نتائج التحليل العاملي لُبعد أثر الذكاء الاصطناعي على أداء مشاريع النقل أن معاملات التحميل تراوحت بين (0.767-0.885)، وهي جميعها مرتفعة وتشير إلى وجود ارتباط قوي بين العبارات والعامل الكامن، مما يعكس تجانس الفقرات في قياس هذا البُعد بدقة. وقد حققت العبارة (y1.3) المتعلقة بمساهمة الذكاء الاصطناعي في تقليل التكاليف الإجمالية للمشاريع أعلى قيمة تحميل بلغت (0.885)، تلتها العبارات المرتبطة بسرعة الاستجابة للمخاطر (0.880) والتنبؤ بما قبل وقوعها (0.875)، وهو ما يؤكد الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة الأداء التشغيلي وتقليل الانحرافات أثناء التنفيذ. كما أظهر اختبار كفاية العينة (KMO) قيمة بلغت (0.898)، وهي قيمة مرتفعة جداً تدل على ملاءمة العينة العالية لإجراء التحليل العاملي. وجاءت نتائج اختبار بارتلليت معنوية ($\chi^2 = 1481.941$ ، $df =$

28، Sig = 0.000)، مما يشير إلى وجود علاقات ارتباط قوية بين المتغيرات تسمح باستخلاص عامل واحد ذي معنى. وبلغت نسبة التباين المفسرة (AVE) (70.416%)، وهي نسبة مرتفعة تدل على أن العامل المستخرج يفسر أكثر من ثلثي التباين الكلي في إجابات المشاركين، مما يعزز من صدق وثبات المقياس المستخدم. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن بُعد أثر الذكاء الاصطناعي على أداء مشاريع النقل يتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي والقدرة التفسيرية، ويعكس بوضوح إسهام تقنيات الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة الأداء وتحسين جودة وفاعلية تنفيذ المشاريع.

تُظهر نتائج جدول (21) وجود دلالة إحصائية للتحليل العاملي لبُعد كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات)، حيث بلغت قيمة اختبار كفاية العينة ($KMO = 0.898$)، مما يدل على ملاءمة البيانات لإجراء التحليل العاملي، كما بلغت قيمة مربع كاي ($Chi-Square = 1481.941$) بدرجة حرية ($DF = 28$)، وبلغت قيمة الدلالة الإحصائية (Sig = 0.000)، مما يشير إلى وجود علاقات ذات دلالة إحصائية قوية بين العبارات.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Sahadevan, 2023)، التي أكدت أن استخدام الذكاء الاصطناعي يسهم في تحسين كفاءة إدارة المشاريع من خلال تعزيز جودة المخرجات وتحسين الأداء العام للمشاريع.

إلا أن الدراسة الحالية تضيف بُعداً جديداً يتمثل في إبراز أن تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي يمتد ليشمل عدة جوانب تشغيلية في المشروع، مثل تحسين دقة البيانات، وتقليل التكاليف، وتعزيز جودة المخرجات، وتسريع الاستجابة للمخاطر، كما يتضح من ارتفاع معاملات التحميل للعناصر ($0.767 - 0.885$)، وهو ما يعكس شمولية تأثير هذه الأدوات، وهو جانب لم يتم تناوله بشكل تفصيلي في الدراسات السابقة.

رمز	العبارات	معامل التحميل
y2.1	لدى الموظفين وعي كافٍ بأهمية أدوات الذكاء الاصطناعي.	.669
y2.2	يوجد قبول عام لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.	.811
y2.3	يتم إشراك المستخدمين في مراحل تطوير وتحسين أدوات الذكاء الاصطناعي.	.838
y2.4	يتلقى المستخدمون تغذية راجعة حول أدائهم في استخدام هذه الأدوات.	.877
y2.5	تسهم أدوات الذكاء الاصطناعي في تسهيل المهام اليومية للموظفين.	.577
y2.6	مستوى الرضا العام عن أدوات الذكاء الاصطناعي مرتفع	.819
اختبار مدى كفاية العينة KMO		
اختبار بارنيت (كا ²) Chi-Square		
746.990		
درجة الحرية DF		
15		
المعنوية SIG		

جدول رقم (22)

التحليل العاملي للبعد الثاني للمتغير التابع الوعي، القبول، وتجربة المستخدم

المصدر :من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

أظهرت نتائج التحليل العاملي لُبعد تقبّل واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي من قبل الموظفين أن معاملات التحميل تراوحت بين (0.577–0.877)، وهي جميعها تقع ضمن الحدود المقبولة، مما يشير إلى أن العبارات تقيس البُعد بدرجة جيدة من الاتساق. وقد حققت العبارة (y2.4) الخاصة بتلقي المستخدمين تغذية راجعة حول أدائهم في استخدام الأدوات أعلى قيمة تحميل (0.877)، تلتها العبارة (y2.3) المتعلقة بإشراك المستخدمين في تطوير وتحسين الأدوات (0.838)، ثم العبارة (y2.6) حول مستوى الرضا العام عن أدوات الذكاء الاصطناعي (0.819)، مما يعكس أهمية التفاعل والمشاركة والرضا في تعزيز القبول الوظيفي للتقنيات الحديثة. في المقابل، جاءت أقل قيمة تحميل للعبارة (y2.5) الخاصة بتسهيل المهام اليومية (0.577)، إلا أنها لا تزال ضمن المستوى المقبول دلاليًا. كما بلغ اختبار كفاية العينة (KMO) قيمة قدرها (0.793)، وهي قيمة جيدة تدل على ملاءمة العينة للتحليل العاملي. وأظهر اختبار بارنليت للدلالة الإحصائية نتائج معنوية ($\chi^2 = 746.990$, $df = 15$, $Sig = 0.000$)، مما يشير إلى وجود علاقات ارتباط قوية بين المتغيرات تسمح باستخلاص عامل واحد ذي معنى. أما نسبة التباين المفسرة (AVE) فقد بلغت (59.682%)، وهي نسبة مرتفعة تؤكد أن العامل المستخرج يفسر أكثر من نصف التباين الكلي في إجابات المشاركين. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن بُعد تقبّل الموظفين واستخدامهم لأدوات الذكاء الاصطناعي يتمتع بدرجة جيدة من الاتساق الداخلي، ويُعد مؤشراً مهماً على مدى جاهزية العنصر البشري للتكيف مع متطلبات التحول الرقمي في إدارة المشاريع.

تُظهر نتائج جدول (22) وجود دلالة إحصائية للتحليل العاملي لُبعد الوعي والقبول وتجربة المستخدم، حيث بلغت قيمة اختبار كفاية العينة ($KMO = 0.793$)، مما يدل على ملاءمة البيانات لإجراء التحليل العاملي، كما بلغت قيمة مربع كاي ($Chi-Square = 746.990$) بدرجة حرية ($DF = 15$)، وبلغت قيمة الدلالة الإحصائية ($Sig = 0.000$)، مما يشير إلى وجود علاقات ذات دلالة إحصائية قوية بين العبارات.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Taherdoost & Madanchian, 2023)، التي أكدت أن تقبل المستخدمين للتقنيات الحديثة، ومنها الذكاء الاصطناعي، يعتمد على مستوى الوعي والإدراك لفوائد هذه التقنيات وتجربة المستخدم معها.

إلا أن الدراسة الحالية تضيف بعداً جديداً يتمثل في إبراز أن تجربة المستخدم لا تقتصر فقط على سهولة الاستخدام، بل تشمل أيضاً إشراك المستخدمين في تطوير الأدوات وتلقي التغذية الراجعة وتحقيق مستوى رضا مرتفع، كما يتضح من ارتفاع معاملات التحميل للعناصر (0.577 – 0.877)، وهو ما يعكس أهمية البعد البشري في نجاح تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي، وهو جانب لم يتم تناوله بشكل تفصيلي في الدراسات السابقة.

رمز	العبارات	معامل التحميل
y3.1	من أبرز العوائق أمام استخدام الذكاء الاصطناعي ضعف جودة البيانات وتكاملها.	.595
y3.2	من أهم العوامل الممكنة تبني القيادة ودعمها لاستخدام الذكاء الاصطناعي.	.826
y3.3	التدريب المستمر عامل أساسي في نجاح تبني أدوات الذكاء الاصطناعي	.832
.588	اختبار مدى كفاية العينة KMO	
95.684	اختبار بارزليت (كا ²) Chi-Square	
3	درجة الحرية DF	
.000	المعنوية SIG	
57.653	نسبة التباين المفسرة AVE	

جدول رقم (23)

التحليل العاملي للبعد الثاني للمتغير التابع العوائق والممكنات

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

أظهرت نتائج التحليل العاملي لبعده العوامل الممكنة والمعوقة لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع أن معاملات التحميل تراوحت بين (0.595-0.832)، وهي قيم مقبولة تدل على ارتباط معتدل إلى قوي بين العبارات والعامل الكامن، مما يشير إلى أن الفقرات تقيس المفهوم بدرجة معقولة من الاتساق. وقد حققت العبارة (y3.3) المتعلقة بأهمية التدريب المستمر كعامل أساسي في نجاح تبني أدوات الذكاء الاصطناعي أعلى قيمة تحميل (0.832)، تليها العبارة (y3.2) الخاصة بدعم القيادة وتبنيها لاستخدام الذكاء الاصطناعي (0.826)، وهو ما يؤكد الدور المحوري لكلٍ من

القيادة وبناء القدرات في تمكين استخدام هذه التقنيات. بينما جاءت العبارة (y3.1) حول ضعف جودة البيانات وتكاملها كأحد أبرز العوائق بأقل قيمة تحميل (0.595)، وهي رغم ذلك ضمن الحدود المقبولة. كما بلغت قيمة اختبار كفاية العينة (KMO) (0.588)، وهي قريبة من الحد الأدنى المقبول (0.50)، وهي قيمة غير مرتفعة نتيجة لقلّة عدد فقرات البعد الثالث وتشير إلى ملاءمة متوسطة للعينة لإجراء التحليل العاملي. وأظهرت نتائج اختبار بارتنليت معنوية إحصائية ($\chi^2 = 95.684$, $df = 3$, $Sig = 0.000$)، مما يدل على وجود علاقات ارتباط كافية بين المتغيرات تسمح باستخلاص عامل واحد ذي معنى. وبلغت نسبة التباين المفسّرة (AVE) (57.653%)، وهي نسبة جيدة تدل على أن العامل المستخرج يفسر أكثر من نصف التباين الكلي في إجابات المبحوثين. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن بُعد العوامل الممكنة والمعقّبة يتمتع بدرجة مقبولة من الاتساق الداخلي، ويعكس بصورة واضحة أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في مشاريع النقل يعتمد على دعم القيادة والتدريب المستمر، مع ضرورة معالجة تحديات جودة البيانات وتكاملها.

تُظهر نتائج جدول (23) وجود دلالة إحصائية للتحليل العاملي لبُعد العوائق والممكنات، حيث بلغت قيمة اختبار كفاية العينة ($KMO = 0.588$)، مما يشير إلى مستوى مقبول بشكل محدود من ملاءمة البيانات للتحليل، الأمر الذي يتطلب تفسير النتائج المرتبطة بهذا البعد بحذر نسبي مقارنة ببقية الأبعاد، كما بلغت قيمة مربع كاي (Chi-Square) ($= 95.684$) بدرجة حرية (3) ($DF = 3$)، وبلغت قيمة الدلالة الإحصائية ($Sig = 0.000$)، مما يدل على وجود علاقات ذات دلالة إحصائية بين العبارات.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Kassa & Ketema, 2025)، التي أكدت أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات يتأثر بعدة عوامل، من أبرزها دعم القيادة، وتوفير التدريب، وجودة البيانات. إلا أن الدراسة الحالية تضيف بعداً جديداً يتمثل في إبراز أن العوائق والممكنات تظهر بشكل متكامل، حيث لا تقتصر التحديات على ضعف البيانات فقط، بل تقابلها عوامل تمكينية مثل دعم القيادة والتدريب المستمر، كما يتضح من معاملات التحميل للعناصر (0.595 – 0.832)، وهو ما يعكس التوازن بين التحديات والفرص في تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي، وهو جانب لم يتم تناوله بشكل تفصيلي في الدراسات السابقة.

11: اختبار الفرض الرئيسي وفروضه الفرعية

الفرض الرئيس الأول: يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية بين أدوات الذكاء الاصطناعي وقياس كفاءة إدارة المشاريع

المعنوية	اختبار ت	المعاملات	المعاملات غير المعيارية		
		المعيارية	Beta	الخطأ المعياري	B
1.000	- .001		.158		-9.238E-5
.000	7.67 3	.358	.043		.331
.000	7.98 5	.371	.034		.273
.000	13.5 40	.500	.029		.391
		.843	R		معامل الارتباط
		.711	R Square		معامل التحديد
		.707	Adjusted R Square		معامل التحديد المعدل
		3/216	DF		درجة الحرية
		177.198	F Test		اختبار ف
		.000	Sig		المعنوية

جدول رقم (24) نموذج الانحدار المتعدد لدراسة تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي على قياس كفاءة إدارة المشاريع

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي SPSS.

لأن المتغيرات السلوكية (مثل تبني الذكاء الاصطناعي، التكامل، الحوكمة) لا يمكن أن تكون صفرًا عمليًا، فإن قيمة الثابت عادة:

- تكون صغيرة جدًا أو بلا معنى عملي
- وغالبًا تأتي غير دالة إحصائيًا
- لكن وجودها ضروري للحفاظ على خصائص النموذج الإحصائية

معامل الارتباط الكلي (R): أظهرت النتائج وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين المتغير المستقل (أدوات الذكاء الاصطناعي) ودوره على قياس كفاءة إدارة المشاريع عند مستوى ثقة 95%، وقد بلغت قيمة الارتباط 0.843، وهو ارتباط إيجابي قوي، ومن ثم فإنه يمكننا دراسة أثر أبعاد المتغير المستقل (أدوات الذكاء الاصطناعي) وهي (تبنّي واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع، السياسات والحوكمة والأمن) من خلال نموذج الانحدار الخطي المتعدد.

يشير تحليل الانحدار الخطي المتعدد إلى أن النموذج ناجح ومهم إحصائيًا، حيث يفسر 71.1% من التباين في قياس كفاءة إدارة المشاريع. يوضح معامل التحديد (R^2) أن المتغيرات المستقلة المدرجة لها قدرة تنبؤية عالية. كما تبين أن جميع المتغيرات المستقلة لها تأثير معنوي موجب على أداء مشاريع النقل عند مستوى دلالة ($\text{Sig} = 0.000$).

بالنسبة لمتغير تبنّي واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي أظهرت النتائج الانحدار المتعدد أن ($\beta = 0.358$, $t = 7.673$). أن هذا المتغير له تأثير معنوي على أداء مشاريع النقل حيث أن المعنوية أقل من 5%.

بالنسبة لمتغير التكامل التقني بين أنظمة الإدارة والأدوات الذكية، تشير هذه النتائج ($\beta = 0.371$, $t = 7.985$)، أن هذا المتغير له تأثير معنوي على أداء مشاريع النقل حيث أن المعنوية أقل من 5%.

بالنسبة لمتغير تأثير اللبعد السياسات والحوكمة والأمن تشير هذه النتائج ($\beta = 0.500$, $t = 13.54$)، أن هذا المتغير له تأثير معنوي على أداء مشاريع النقل حيث أن المعنوية أقل من 5%.

تُظهر نتائج جدول (24) وجود تأثير دال إحصائيًا لأدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ($R = 0.843$)، ومعامل التحديد ($R^2 = 0.711$)، مما يشير إلى أن أدوات الذكاء الاصطناعي تفسر نسبة كبيرة من التغير في كفاءة إدارة المشاريع.

كما أظهرت نتائج الانحدار أن جميع أبعاد المتغير المستقل لها تأثير دال إحصائيًا، حيث بلغ معامل بيتا لبعد تبنّي واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي ($\beta = 0.358$)، ولبعد التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع ($\beta = 0.371$)، بينما سجل بعد

السياسات والحوكمة والأمن أعلى تأثير ($\beta = 0.500$)، مما يعكس الأهمية الكبيرة لهذا البعد في تعزيز كفاءة إدارة المشاريع.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (El Khatib & Al Falasi, 2021)، التي أكدت أن استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي يسهم في تحسين كفاءة إدارة المشاريع ودعم اتخاذ القرار. إلا أن الدراسة الحالية تضيف بعداً جديداً يتمثل في إبراز أن تأثير الذكاء الاصطناعي لا يعتمد فقط على استخدام الأدوات، بل يتعزز بشكل كبير عند توفر سياسات واضحة وأطر حوكمة فعالة، كما يتضح من ارتفاع قيمة ($\beta = 0.500$)، وهو ما لم يتم التركيز عليه بشكل مباشر في الدراسات السابقة.

إما أبرز التحديات التي تواجه استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع بجهتكم؟

➤ الجهة تواجه تحديات متداخلة تبدأ من القرار المؤسسي مروراً بجودة البيانات وصولاً إلى كفاءة الموظفين. يجب معالجة هذه التحديات بتزامن للوصول إلى مرحلة التبنى الناجح.

م	المحور التحدي الرئيسي	أبرز التحديات (نقاط سلبية)	نسبة التكرار والخطورة
1	الموارد البشرية والتدريب (People)	قلة الخبرة وانعدام التدريب اللازم، ضعف الوعي بأهمية الأدوات، مقاومة التغيير، مدراء المشاريع يثقون بالخبرة التقليدية أكثر.	الأعلى تكراراً: يشير إلى فجوة كبيرة في الكفاءات والقبول الثقافي.
2	البيانات والبنية التحتية (Data & Tech)	ضعف جودة أو اكتمال البيانات، تشتت البيانات، غياب أرشيف أو قاعدة بيانات مناسبة، عدم القدرة المعرفية على البيانات، غياب إطار الحوكمة وملكيته البيانات.	الأكثر خطورة: الذكاء الاصطناعي يعتمد كلياً على البيانات الجيدة وغير المتوفرة.
3	التنظيم والمالية (Organization & Budget)	ارتفاع التكاليف والميزانية، لا يوجد قرار/اعتماد رسمي باستخدام الذكاء الاصطناعي، الأمن السيبراني وسرية البيانات، عدم دقة المخرجات.	الأهم استراتيجياً: التحدي يبدأ من القيادة العليا وغياب القرار التنظيمي.

مجرد طرح هذه التحديات يشكل في حد ذاته نقطة إيجابية قوية:

- **وعي عالٍ ودقيق:** الموظفون والجهات المستجيبة لديهم وعي مفصل بطبيعة المشاكل (مالية، تقنية، بشرية، إجرائية)، وهذا الوعي هو حجر الزاوية لأي خطة إصلاح ناجحة.
- **تحديد مسارات التحسين:** الإجابات تحدد بوضوح المجالات التي تحتاج إلى استثمار فوري: التدريب، تحسين جودة البيانات، وضرة تبني قرار مؤسسي.

- نظرة استراتيجية: الإشارة إلى قضايا مثل الحوكمة والأمن السيبراني تدل على أن بعض المعنيين يفكرون في التبنى من منظور استراتيجي ومخاطر عالية، وليس مجرد تطبيق تقني بسيط.

➤ ما السياسات أو الممارسات التي تقترحها لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي وتحسين مخرجات

المشاريع؟

المقترحات الرئيسية لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي (مستخلصة من الإجابات)

يمكن تلخيص السياسات والممارسات الأكثر أهمية وذكراً في الإجابات ضمن ثلاث ركائز أساسية:

1- ركيزة الموارد البشرية والتدريب (الأكثر تكراراً)

تتمحور الإجابات في هذا الجانب حول سد فجوة المعرفة والخبرة:

- التدريب الإلزامي والمستمر:
- توفير التدريب العملي والمكثف للموظفين والمختصين (مكرر بشكل كبير).
- جعل التدريب على الذكاء الاصطناعي متطلباً أساسياً (شرط أساسي) لقبول الموظفين أو لتقييم أدائهم.
- توفير ورش عمل وندوات لزيادة الوعي بأهمية أدوات الذكاء الاصطناعي.
- بناء فرق متخصصة:
- اختيار فريق متطور وذو خبرة أو إنشاء وحدة/مركز تميز للذكاء الاصطناعي والبيانات داخل الجهة لتكون مسؤولة عن رسم الاستراتيجية وتنسيق المشاريع.
- 2- ركيزة الحوكمة والتبني المؤسسي (الأهم استراتيجياً)
- تركز هذه المقترحات على توفير الغطاء الرسمي والمالي اللازم للتبني:
- القرار والدعم الرسمي:
- إقرار الذكاء الاصطناعي بشكل رسمي من الإدارة العليا واعتمادها وتطبيقها فعلياً على مستوى الوزارة/الجهة.
- جعل الذكاء الاصطناعي برنامجاً وطنياً معتمداً وملزماً يقاس التقدم فيه بمؤشرات تؤثر في تقييم الجهة.
- السياسات واللوائح:
- وضع لوائح وسياسات واضحة للاستخدام وحوكمة استخدامات تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- صياغة سياسات لجودة البيانات وأخلاقيات الاستخدام، بما في ذلك ضوابط حماية البيانات ومعايير الشفافية والمساءلة.
- الدعم المالي:
- تخصيص ميزانية كافية لتبني الأدوات، التدريب، وتغطية تكاليف الأنظمة والتحليل البيانية.

3- ركيزة البيانات والبنية التحتية (مفتاح النجاح التقني)

أستهدفت هذه الممارسات إلى تجهيز البيئة المناسبة لتغذية نماذج الذكاء الاصطناعي:

- تنقية وجمع البيانات:
- استحداث قاعدة بيانات مناسبة ووضع قواعد مفهومة وواضحة لجمع وتخزين المعلومات وحمايتها.
- تعزيز الحوكمة والتأكيد على تسجيل بيانات المشاريع ومراجعة جودة المدخلات.
- الأتمتة والتكامل:
- أتمتة البيانات وإلغاء تبادل المخرجات والتقارير بالطرق التقليدية (مثل الإيميل).
- التكامل مع الأنظمة الحالية) مثل برامج إدارة المشاريع أو أدوات تحليل الأعمال مثل Power BI).
- البدء الاستراتيجي:
- البدء بمشاريع ذات أثر سريع (Quick Wins) لتوفير بيانات أولية، بناء الثقة، وتحسين جودة البنية التحتية الرقمية.
- إلزام نماذج الذكاء الاصطناعي بالتعلم من الدروس المستفادة.
- ما أبرز مقترحاتك أو أفكارك التي ترى أنها قد تسهم في تعزيز دور أدوات الذكاء الاصطناعي داخل إدارة المشاريع خلال السنوات القادمة؟ تم تصنيف اجابات الى محاور لتقديم المقترحات
- المحور الأول: التطوير التقني والتشغيلي لأدوات الذكاء الاصطناعي
- يركز هذا المحور على تطوير قدرات أدوات الذكاء الاصطناعي ودمجها في بيئة إدارة المشاريع.
- التنبؤ الدقيق وإدارة المخاطر:
- تطوير نماذج AI قادرة على التنبؤ بمخاطر التأخير أو تجاوز التكلفة بناءً على تحليل البيانات التاريخية.
- تحديد المخاطر المحتملة قبل وقوعها واقتراح جداول زمنية بديلة أكثر واقعية.
- الأتمتة المتقدمة:
- أتمتة المراقبة والمتابعة الميدانية، مثل تحليل صور الكاميرات أو الطائرات المسييرة (الدرون) لمتابعة مراحل البناء ومقارنة الصور بالمخططات لقياس نسب الإنجاز بدقة.
- أتمتة الإجراءات والمخرجات المتكررة بصفة دورية.
- التكامل والتوحيد:

- تكامل أنظمة إدارة المشاريع المعروفة مع أدوات الذكاء الاصطناعي لتكون نموذجًا واحدًا ومتكاملاً.
- تكامل البيانات والأدوات التقنية بشكل يومي.
- منع التحيز الشخصي:
- وضع آليات لمنع التأثيرات الشخصية في القرارات الناتجة عن استخدام الذكاء الاصطناعي، لضمان الموضوعية في التقارير والتحليلات.
- ربط مؤشرات قياس الأداء (KPIs) بقاعدة بيانات مؤتمنة لاستخراج المؤشرات بشكل مباشر.
- سهولة الاستخدام:
- توفير منصات سهلة الاستخدام وبدون الحاجة للبرمجة، وتبسيط آليات الاتصال والتعاون.
- إيجاد قوالب جاهزة من أدوات الذكاء الاصطناعي لتطبيقها مباشرة على أي مشروع

(Plug-and-Play)

المحور الثاني: بناء القدرات والتحول الثقافي

يتناول هذا المحور الجانب البشري والتدريبي اللازم لبنى الذكاء الاصطناعي بنجاح.

- التدريب والتطوير الشامل:
- التدريب الإلزامي والمستمر للموظفين على أحدث أدوات الذكاء الاصطناعي وكيفية استخدامها بالشكل الصحيح.
- تنظيم دورات وورش عمل مكثفة وعملية، منتهية باختبارات لقياس مدى الفهم والأداء.
- استقطاب الخبراء والمهرة في هذا المجال للتدريب والتحفيز.
- الثقافة والوعي المؤسسي:
- زيادة الوعي وتطوير الموظفين وتوضيح المقصود بالذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.
- تبني البرنامج بكل الأوجه التي تجعله ملزمًا: فكر وثقافة وتحول وإلزام.
- تطبيق الذكاء الاصطناعي على مستوى واسع والتعريف به أكثر.
- التحفيز والدعم:
- توفير التحفيز اللازم للموظفين لاستخدام وتوظيف هذه التقنية.
- ضمان وجود دعم مالي ومعنوي كافٍ.

المحور الثالث: الدعم المؤسسي والإلزام الإداري

يشمل هذا المحور القرارات والاستراتيجيات الإدارية العليا التي تضمن تطبيق الذكاء الاصطناعي بشكل فعال.

- الاعتماد المؤسسي:
- اعتماد استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي من قبل الإدارة العليا وإصدار قرار رسمي بذلك من الجهات المختصة.
- تفعيل الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع (PMOs) واعتمادها كجزء أساسي من أعمال إدارة المشاريع.
- التهيئة والبنية التحتية:
- تهيئة البيئة اللازمة لاستخدام الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك بناء قاعدة بيانات قوية وموحدة.
- توفير دعم الموارد التقنية والمالية اللازمة.
- التطبيق المرحلي والبحث المستمر:
- البدء ب نماذج تجريبية (Pilot) لغرض التدرج في استخدامها وقياس الأثر قبل التعميم.
- البحث المستمر عن أحدث وأجدد الأدوات لمواكبة التطور التقني السريع.
- إنشاء برنامج ذكي اصطناعي وطني في حال الإمكانية

ملخص الأفكار الرئيسية لتعزيز دور الذكاء الاصطناعي

لتحقيق أقصى استفادة، يجب التركيز على الجوانب التالية:

1. التنبؤ المتقدم: استخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ الدقيق بالمخاطر وتعديل الجداول الزمنية والموارد بشكل استباقي.
2. الأتمتة الذكية: أتمتة مهام المراقبة الميدانية (بواسطة الدرون وتحليل الصور) والإجراءات المتكررة.
3. التكامل الشامل: دمج أنظمة إدارة المشاريع مع أدوات الذكاء الاصطناعي في منصة واحدة سهلة الاستخدام.
4. بناء الكفاءات: تدريب إلزامي ومستمر للموظفين وتبني ثقافة مؤسسية داعمة للتحويل الرقمي.
5. القرار الإداري: اعتماد رسمي من الإدارة العليا وتوفير الدعم المالي والتقني

وجدت الدراسة الحالية أن هناك تأثيراً إيجابياً ذا دلالة إحصائية بين أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة إدارة المشاريع، حيث بلغ معامل التحديد $R^2 = 0.711$ مما يدل على قوة النموذج التنبؤية هذا يتوافق تماماً مع نتائج Fridgeirsson (2023) الذي أثبت أن الذكاء الاصطناعي يُحسن التخطيط وإدارة الموارد في المشاريع الإنشائية. كلا الدراستين تؤكدان أن الذكاء الاصطناعي يُعزز الكفاءة التشغيلية ويقلل المخاطر.

أشارت الدراسة الحالية إلى أن الذكاء الاصطناعي ساهم في تحسين جودة القرارات وسرعة اتخاذها من خلال أبعاد "التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع" و"تبني الأدوات" هذا ينسجم مع (Maphosa 2022) الذي وجد أن الذكاء الاصطناعي يزيد من دقة وسرعة اتخاذ القرار الإداري. كلا الدراستين تؤكدان أن دور الذكاء الاصطناعي كأداة دعم قرار فعّالة.

أثبت التحليل العاملي أن تكامل أدوات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع يؤدي إلى رفع كفاءة الأداء وتقليل التأخير في إنجاز المشروعات وهذا يتطابق مع (Krishnan 2023) الذي أشار إلى أن الذكاء الاصطناعي يقلل من التأخيرات بنسبة 30.3% كلا الدراستين تؤكدان أن الذكاء الاصطناعي يحسن جودة التنفيذ ويلتزم بالجدول الزمني.

أظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي يُحسن الإنتاجية ويُقلل التكاليف التشغيلية عبر تحسين تخصيص الموارد وهو ما أكدته (Prifti 2022) في أن تبني AI يعزز الإنتاجية ويقلل الهدر المالي. كلا الدراستين تؤكدان أن تعزيز الكفاءة الإنتاجية وتقليل الهدر المالي.

وجد التحليل أن البعد الخاص بالسياسات والحوكمة والأمن له التأثير الأكبر ($\beta = 0.500$) على كفاءة إدارة المشاريع يتطابق ذلك مع (Ruiz 2020) الذي أوضح أن وجود أطر تنظيمية قوية يُحفّز تبني الذكاء الاصطناعي. كلا الدراستين تؤكدان أن وجود سياسات واضحة وحوكمة فعالة شرط أساسي للنجاح في تطبيق AI.

أظهرت الدراسة أن زيادة الاستثمار في أدوات الذكاء الاصطناعي ورفع درجة التكامل مع الأنظمة التقنية يساهمان في تحسين الأداء العام للمشروعات وهذا يتفق مع (Sahadevan 2023) الذي أكد أن زيادة الميزانيات المخصصة لـ AI ترفع الكفاءة التشغيلية. كلا الدراستين تؤكدان أن الاستثمار في الذكاء الاصطناعي يقود إلى أداء مشاريع أكثر كفاءة واستدامة. كل الأدلة الإحصائية في الدراسة الحالية ($R^2 = 0.711$)، معاملات بيتا مرتفعة، ثبات وصدق مرتفع للأبعاد) تدعم بشكل واضح ما توصلت إليه الدراسات السابقة من أن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة استراتيجية لتحسين أداء المشاريع من خلال التخطيط، اتخاذ القرار، التنفيذ، وتفعيل الحوكمة التقنية.

مناقشة عامة لنتائج الدراسة:

في ضوء النتائج الإحصائية التي تم عرضها وتحليلها في هذا الفصل، يتضح وجود تأثير معنوي لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في أمانات المملكة العربية السعودية. وقد أظهرت نتائج التحليل أن أدوات الذكاء الاصطناعي تساهم بشكل واضح في تحسين جودة اتخاذ القرار، وتعزيز دقة البيانات، ورفع كفاءة تنفيذ المشاريع.

كما بينت النتائج أن العوامل الممكنة، مثل دعم القيادة والتدريب المستمر، تلعب دوراً محورياً في تعزيز فعالية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، في حين تمثل بعض التحديات، مثل ضعف جودة البيانات أو محدودية التكامل بين الأنظمة، عوائق قد تحد من الاستفادة الكاملة من هذه التقنيات.

وتُظهر النتائج كذلك وجود ترابط واضح بين مختلف أبعاد الدراسة، حيث يساهم تحسين جودة البيانات في دعم اتخاذ القرار، والذي ينعكس بدوره على كفاءة تنفيذ المشاريع، مما يعكس طبيعة تكاملية بين المتغيرات المدروسة.

وتتفق هذه النتائج مع العديد من الدراسات السابقة التي أكدت أهمية الذكاء الاصطناعي في تطوير إدارة المشاريع، إلا أن الدراسة الحالية تبرز بشكل خاص دور العوامل التنظيمية والبشرية كعناصر حاسمة في نجاح تطبيق هذه التقنيات.

ويمكن تفسير هذه النتائج في سياق بيئة الأمانات في المملكة العربية السعودية، حيث تشهد الجهات الحكومية تحولاً رقمياً متسارعاً ضمن مستهدفات رؤية المملكة 2030، مما يعزز من تبني التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.

كما أن طبيعة العمل في الأمانات تعتمد بشكل كبير على إدارة كميات كبيرة من البيانات المرتبطة بالخدمات البلدية والمشاريع الحضرية، الأمر الذي يجعل من استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي ضرورة لتحسين كفاءة تحليل البيانات ودعم اتخاذ القرار.

إضافة إلى ذلك، فإن وجود دعم قيادي واضح في الجهات الحكومية، إلى جانب المبادرات الوطنية للتحول الرقمي، يسهم في تهيئة بيئة مناسبة لتبني هذه التقنيات، وهو ما يفسر ارتفاع تأثير العوامل الممكنة مثل التدريب والدعم القيادي في نتائج الدراسة.

وفي المقابل، يمكن تفسير التحديات المرتبطة بجودة البيانات والتكامل بين الأنظمة بكون العديد من الجهات لا تزال في مراحل متفاوتة من التحول الرقمي، مما يؤدي إلى وجود فجوات في تكامل البيانات أو جاهزيتها للاستخدام المتقدم، وهو ما انعكس في نتائج هذا البعد.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن تحقيق الاستفادة القصوى من أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يتطلب تكاملاً بين الجوانب التقنية والتنظيمية، بما يشمل تطوير البنية التحتية، وتعزيز التدريب، ودعم القيادات لتبني هذه التقنيات.

الخلاصة:

تناول هذا الفصل عرض وتحليل نتائج الدراسة الميدانية واختبار فرضياتها، من خلال تطبيق مجموعة من الأساليب الإحصائية باستخدام برنامج (SPSS)، وذلك بهدف قياس أثر أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات في المملكة العربية السعودية .

وقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تحقق الفرضية الرئيسية للدراسة، حيث تبين وجود تأثير إيجابي ذو دلالة إحصائية لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع، كما أكدت النتائج صحة الفروض الفرعية المرتبطة بأبعاد الدراسة المختلفة، مما يعكس اتساق النموذج البحثي وقوة تفسيره للعلاقات بين المتغيرات، ويعزز من موثوقية النتائج التي توصلت إليها الدراسة.

وقد بينت النتائج أن أدوات الذكاء الاصطناعي تسهم بشكل مباشر وفعال في تحسين كفاءة إدارة المشاريع من خلال مجموعة من الأبعاد الرئيسية، والتي يمكن تلخيصها فيما يلي:

- تحسين جودة اتخاذ القرار من خلال توفير تحليلات دقيقة وسريعة تدعم متخذي القرار
- رفع جودة البيانات والمخرجات المستخدمة في إدارة المشاريع، مما يعزز من دقة النتائج
- تعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر والتعامل معها بشكل استباقي قبل تفاقمها
- تسريع تنفيذ المشاريع وتقليل الزمن اللازم لإنجازها، مما ينعكس إيجاباً على كفاءة الأداء
- تحسين دقة المتابعة والرقابة على مؤشرات الأداء، ورفع مستوى الشفافية

كما أظهرت نتائج نماذج التحليل الإحصائي (مثل معامل التحديد R^2 ، ومعاملات الانحدار Beta، واختبار F) أن تأثير أدوات الذكاء الاصطناعي يعد تأثيراً قوياً ومؤثراً في تفسير التغيرات في كفاءة إدارة المشاريع، وليس مجرد تأثير محدود، حيث تفسر هذه الأدوات نسبة معتبرة من التباين في المتغير التابع، مما يؤكد أهميتها كعامل رئيسي في تحسين الأداء المؤسسي .

وعلى مستوى أبعاد الدراسة، كشفت النتائج عن وجود تباين نسبي في قوة التأثير بين هذه الأبعاد، إلا أنها جميعاً جاءت ضمن نطاق التأثير الإيجابي، وهو ما يعكس الطبيعة التكاملية لتأثير أدوات الذكاء الاصطناعي، ويؤكد أن تحقيق الاستفادة المثلى منها يتطلب الجمع بين الجوانب التقنية والتنظيمية في بيئة العمل.

كما تشير هذه النتائج إلى أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد أداة داعمة لعمليات إدارة المشاريع، بل أصبح عنصراً استراتيجياً محورياً في تطوير ممارساتها، خاصة في البيئات الحكومية التي تتسم بتعقيد العمليات وتعدد الجهات المعنية، حيث يساهم في تحسين كفاءة الأداء، ورفع جودة المخرجات، وتعزيز القدرة على التعامل مع التحديات المختلفة.

وتتسق هذه النتائج مع ما توصلت إليه العديد من الدراسات السابقة التي أكدت الدور المتنامي للذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، خصوصاً في مجالات دعم القرار وإدارة المخاطر

وفي هذا السياق، تعكس النتائج وجود توجه متزايد نحو تبني الحلول الذكية في مكاتب إدارة المشاريع، إلا أن هذا التوجه لا يزال يواجه بعض التحديات المرتبطة بآليات التطبيق الفعلي، مثل جاهزية البنية التحتية، وتوافر المهارات، ومستوى التكامل بين الأنظمة، مما يستدعي مزيداً من الجهود لتعزيز الاستفادة من هذه التقنيات.

وبناءً على ما سبق، يؤكد هذا الفصل أن تبني أدوات الذكاء الاصطناعي يمثل توجهاً استراتيجياً لتحسين كفاءة إدارة المشاريع، ويدعم التحول نحو نماذج إدارة قائمة على البيانات والتحليل الذكي، بما يتماشى مع توجهات التحول الرقمي في المملكة العربية السعودية، ويساهم في تحقيق مستويات أعلى من الكفاءة والفعالية في إدارة المشاريع الحكومية.

وبذلك، تشكل نتائج هذا الفصل أساساً علمياً ومنهجياً يدعم الانتقال إلى مناقشة النتائج وتفسيرها بشكل أعمق في الفصل التالي، وربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة، وصولاً إلى استخلاص التوصيات التطبيقية للدراسة

الفصل الخامس: خاتمة البحث.

مقدمة الفصل الخامس:

يتناول هذا الفصل الخاتمة العامة للدراسة، حيث يعرض ملخصاً لأهم النتائج التي تم التوصل إليها في ضوء أهداف الدراسة وأسئلتها، وذلك بعد تحليل البيانات الميدانية واختبار الفرضيات الإحصائية. أستهذفت هذه الخاتمة إلى إبراز إسهام الدراسة في سد الفجوة البحثية المتعلقة بدور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس كفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية.

كما يستعرض هذا الفصل أهم النتائج الرئيسة التي توصلت إليها الدراسة وربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة، ثم يقدم مجموعة من التوصيات العملية القابلة للتطبيق لتحسين توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية. ويتضمن الفصل كذلك مقترحات لدراسات مستقبلية يمكن أن تستكمل الجوانب التي لم تتناولها الدراسة الحالية بصورة تفصيلية، وصولاً إلى خاتمة عامة تلخص القيمة العلمية والعملية للدراسة.

يُعد هذا الفصل خلاصةً للدراسة وما توصلت إليه من نتائج وتوصيات، حيث يهدف إلى استعراض أهم ما خرجت به الباحثة من تحليلات واستنتاجات في ضوء أهداف الدراسة ومشكلاتها والمنهجية التي اعتمدت عليها. وقد تناولت هذه الدراسة موضوع "أثر أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع" في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات السعودية، لما تمثله هذه الأدوات من أهمية متزايدة في دعم التحول الرقمي وتعزيز فعالية الأداء المؤسسي وفق مستهدفات رؤية المملكة 2030.

انطلقت الدراسة من مشكلة بحثية رئيسية تتمثل في:

"ضعف الاستفادة المثلى من أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة إدارة المشاريع بالأمانات السعودية، وما يترتب على ذلك من تحديات تتعلق بإدارة الوقت، والتكلفة، وجودة الأداء، واتخاذ القرار".

ومن هذه المشكلة انبثق التساؤل الرئيس للدراسة:

"إلى أي مدى تسهم أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات السعودية؟"

وانطلاقاً من ذلك، سعت الباحثة إلى تحقيق عدد من الأهداف الرئيسة، من أبرزها:

1. تحديد مستوى تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع.
 2. تحليل أثر هذه الأدوات على عناصر كفاءة إدارة المشاريع (الوقت، التكلفة، الجودة، والمخاطر).
 3. دراسة العوامل التنظيمية والتقنية المؤثرة في تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي.
 4. تقديم توصيات عملية لتعزيز فعالية مكاتب إدارة المشاريع من خلال تبني حلول الذكاء الاصطناعي الداعمة للتحويل الرقمي.
- وفي ضوء ما سبق، يقدم هذا الفصل عرضاً لأهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة، تليه مجموعة من التوصيات والمقترحات المستقبلية التي يمكن أن تساهم في تطوير الممارسات الإدارية ودعم صناع القرار في القطاع البلدي نحو إدارة مشاريع أكثر كفاءة وابتكاراً.

أهم ما توصلت إليه الدراسة من نتائج:

■ تلخيص نتائج الدراسة

1- معامل الثبات ألفا كرونباخ - معامل الصدق

أظهرت نتائج تحليل الثبات والصدق أن كلاً من المتغير المستقل (أدوات الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (كفاءة إدارة المشاريع)

يتمتعان بدرجة عالية من الموثوقية والاتساق الداخلي، مما يعزز الاعتماد على أداة البحث. فقد بلغ معامل الثبات الكلي للمتغير

أدوات الذكاء الاصطناعي (0.89) ومعامل الصدق (0.95)، وهو ما يعكس دقة عالية في قياس أبعاده المختلفة، التي

تراوحت قيم الثبات فيها بين (0.72-0.89). وقد حقق بعد "السياسات والحوكمة والأمن" أعلى درجة ثبات (0.89)

وصدق (0.95)، مما يدل على اتساق فقراته بشكل كبير. أما المتغير التابع كفاءة إدارة المشاريع فقد سجل مستوى مرتفعاً

من

الثبات (0.90) والصدق (0.95)، مما يؤكد جودة أداة القياس في تمثيل هذا المفهوم. وكان بعد "كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات)" الأعلى موثوقية في الدراسة بثبات (0.94) وصدق (0.97)، يليه بعد "الوعي، القبول، وتجربة المستخدم" بثبات

جيد (0.79)، في حين أظهر بعد "العوائق والممكنات" ثباتاً مقبولاً (0.70) رغم قلة فقراته. وبوجه عام، تعكس هذه النتائج

أن أداة الدراسة دقيقة وموثوقة في قياس مفاهيمها الرئيسة وتصلح للتحليل الإحصائي اللاحق.

2- تلخيص الإحصاء الوصفي للمتغيرات الديموغرافية:

أولاً - النوع:

أظهرت النتائج أن معظم أفراد العينة من الذكور بنسبة مرتفعة بلغت 94.5% مقابل 5.5% فقط من الإناث، مما يشير إلى

هيمنة الذكور على مجتمع الدراسة، وهو ما يعكس الطبيعة الذكورية السائدة في قطاع إدارة المشاريع.

ثانياً - الفئة العمرية:

تبين أن غالبية أفراد العينة ينتمون إلى الفئة العمرية 40-49 سنة بنسبة 51.8%، تليها فئة 30-39 سنة بنسبة 24.5%،

ثم فئة 50 فأكثر بنسبة 14.1%، وأخيراً الفئة أقل من 30 سنة بنسبة 9.5%. وهذا يعكس أن العينة يغلب عليها ذو

الأعمار المتوسطة الذين يتمتعون بخبرة مهنية ناضجة.

ثالثاً - المؤهل العلمي:

تشير النتائج إلى أن أغلب أفراد العينة يحملون مؤهلات جامعية وعليا، حيث بلغت نسبة حملة البكالوريوس 60.5%، تليها

الماجستير 32.3%، في حين بلغت نسبة حملة الدكتوراه 3.2%، ما يدل على مستوى تعليمي مرتفع يدعم جودة البيانات المستخلصة من العينة.

رابعاً – سنوات الخبرة:

أوضحت النتائج أن معظم أفراد العينة يتمتعون بخبرة طويلة، حيث تنتمي النسبة الأكبر (57.7%) إلى فئة أكثر من 10 سنوات، تليها فئة 5-10 سنوات بنسبة 23.6%، بينما شكلت فئة أقل من 5 سنوات نسبة 18.6%. مما يدل على أن

العينة تتكون من محترفين ذوي خبرة متراكمة في إدارة المشاريع.

خامساً – القطاع:

أظهرت النتائج أن القطاع الحكومي يمثل النسبة الأكبر من العينة بنسبة 58.2%، يليه القطاع الخاص بنسبة 35.0%، بينما

شكل القطاع المشترك نسبة محدودة بلغت 6.8%. ويعكس ذلك تركيز مجتمع الدراسة في المؤسسات الحكومية ذات النشاط الأكبر في مجال المشاريع

سادساً – نوع الجهة:

بيّنت النتائج أن المشاركين من فئة المالكين/أصحاب المشاريع كانوا الأكثر تمثيلاً بنسبة 41.4%، يليهم الاستشاريون بنسبة 24.5%، ثم فئة أخرى بنسبة 22.3%، وأخيراً المقاولون بنسبة 11.8%. وهذا التوزيع يشير إلى تنوع أدوار المشاركين عبر

أطراف منظومة إدارة المشاريع.

سابعاً – الوظيفة الحالية:

تُظهر النتائج أن فئة مديري المشاريع كانت الأكبر بنسبة 31.4%، تليها فئة الإداريين بنسبة 29.1%، ثم المهندسين/محللي البيانات بنسبة 20.0%، وأخيراً وظائف أخرى بنسبة 19.5%. مما يعكس أن غالبية المشاركين يشغلون مناصب إشرافية أو

تنفيذية ترتبط مباشرة بإدارة المشاريع.

ثامناً – مدة التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي:

تشير النتائج إلى أن أغلب أفراد العينة لديهم تعرض متوسط أو مرتفع لأدوات الذكاء الاصطناعي، حيث بلغت نسبة ذوي

التعرض المتوسط 47.3%، والمرتفع 17.3%، مقابل 23.2% منخفض و12.3% لا يوجد. وهذا يعكس إدراكاً متنامياً

واستخداماً فعلياً لتقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن بيئة العمل، مما يعزز مصداقية آرائهم في موضوع الدراسة.

3- تلخيص الإحصاء الوصفي للمتغير المستقل والمتغير التابع

تشير نتائج التحليل الوصفي للمتغير المستقل (استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي) إلى وجود اتجاه عام إيجابي نحو تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، حيث جاءت معظم المتوسطات الحسابية أعلى من (3)، ما يعكس موافقة المشاركين على عبارات الأبعاد الثلاثة. وقد أظهر البعد الأول (تبني واستخدام الأدوات) أن العاملين يدركون دور هذه

التقنيات في تحسين جودة المخرجات وتسريع اتخاذ القرار رغم وجود بعض الحياذ بشأن التدريب الكافي وسهولة الاستخدام. أما البعد الثاني (التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع) فقد بين وجود مستوى جيد من التكامل بين أدوات الذكاء الاصطناعي وأنظمة إدارة المشاريع المعتمدة، مما يعزز كفاءة المتابعة ودقة التقارير. بينما أوضح البعد الثالث (السياسات والحوكمة والأمن) أن هناك ضعفاً نسبياً في الأطر التنظيمية والسياسات الداعمة لاستخدام الذكاء الاصطناعي، إذ اتجهت أغلب العبارات نحو

الحياذ، مما يشير إلى حاجة المؤسسات لتطوير سياسات أكثر وضوحاً وتشجيعاً في هذا المجال.

أما نتائج التحليل الوصفي للمتغير التابع (كفاءة إدارة المشاريع) فقد أظهرت أيضاً اتجاهات إيجابية عامة، حيث جاءت المتوسطات الحسابية لمعظم الأبعاد فوق (3)، مما يدل على تحسن ملموس في أداء المشاريع بفضل تقنيات الذكاء الاصطناعي. فقد أوضح

البعد الأول (كفاءة إدارة المشاريع - المخرجات) أن الذكاء الاصطناعي يسهم بفاعلية في رفع جودة المخرجات، تقليل التكاليف،

وتحسين الالتزام بالجدول الزمنية. كما أظهر البعد الثاني (الوعي، القبول، وتجربة المستخدم) أن هناك وعياً وقبولاً معتدلاً إلى مرتفع بين العاملين، مع رضا عام جيد عن الأدوات رغم الحاجة إلى مزيد من التدريب والمشاركة. بينما أشار البعد الثالث (العوائق والممكّنات) إلى أن ضعف جودة البيانات يمثل أحد أبرز التحديات، في حين أن الدعم القيادي والتدريب المستمر

يعدان من أهم الممكّنات التي تساهم في نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.

4- التحليل العاملي لأبعاد المتغير المستقل "أدوات الذكاء الاصطناعي" أن جميع الأبعاد الثلاثة (تبيّي واستخدام أدوات

الذكاء الاصطناعي، والتكامل مع أنظمة إدارة المشاريع، والسياسات والحوكمة والأمن) تتمتع بدرجة مرتفعة من الاتساق الداخلي والصدق البنائي، مما يعكس جودة المقياس المستخدم في قياس هذا المتغير. فقد تراوحت معاملات التحميل لعناصر البعد الأول بين (0.596–0.772) مع نسبة تباين مفسرة بلغت (49.664%) وقيمة KMO (0.807)، مما يدل على ملاءمة العينة وتجانس الفقرات في قياس استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع. أما البعد الثاني، المتعلق بالتكامل مع أنظمة إدارة المشاريع، فقد أظهر معاملات تحميل مرتفعة بين (0.781–0.856) ونسبة تباين مفسرة (66.513%)، مؤكداً على قوة التكامل بين أدوات الذكاء الاصطناعي والأنظمة التقنية في دعم عمليات المتابعة واتخاذ القرار.

في حين بيّنت نتائج البعد الثالث، الخاص بالسياسات والحوكمة والأمن، معاملات تحميل تراوحت بين (0.706–0.885) ونسبة تباين مفسرة (65.547%) وقيمة KMO (0.822)، مما يشير إلى وجود بنية تنظيمية ورقابية متماسكة تعزز الاستخدام الآمن والأخلاقي لتقنيات الذكاء الاصطناعي. وبشكل عام، تؤكد النتائج أن المتغير المستقل يتميز بدرجة عالية من الثبات والصدق، وأن الأبعاد الثلاثة تمثل مكونات مترابطة ومتكاملة لقياس مستوى تبيّي وتطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.

أظهرت نتائج التحليل العاملي لأبعاد المتغير التابع "كفاءة إدارة المشاريع" أن الأداة المستخدمة تتمتع بدرجة عالية من الصدق والثبات، وأن الأبعاد الثلاثة الممثلة له (المخرجات، الوعي والقبول وتجربة المستخدم، والعوائق والممكّنات) تقيس المفهوم بدرجة

جيدة من الاتساق الداخلي. فقد أظهر البعد الأول (كفاءة إدارة المشاريع - المخرجات) معاملات تحميل مرتفعة تراوحت بين

(0.885-0.767) بنسبة تباين مفسرة بلغت (70.416%) وقيمة KMO (0.898)، مما يدل على قوة العلاقة

بين

فقرات البعد وقدرته العالية على تفسير كفاءة أداء المشاريع من حيث دقة البيانات، وخفض التكاليف، وتحسين الجودة والاستجابة

للمخاطر. أما البعد الثاني (الوعي، القبول، وتجربة المستخدم) فقد تراوحت معاملات التحميل فيه بين (0.877-0.577)

بنسبة تباين مفسرة (59.682%) وقيمة KMO (0.793)، وهو ما يشير إلى تجانس العبارات وملاءمتها لقياس مدى

تقبل الموظفين لأدوات الذكاء الاصطناعي ورضاهم عنها، مع إبراز أهمية المشاركة والتغذية الراجعة في تعزيز الاستخدام الفعال

للتقنيات الحديثة. في حين أظهر البعد الثالث (العوائق والممكنات) معاملات تحميل بين (0.832-0.595) بنسبة تباين

مفسرة (57.653%) وقيمة KMO (0.588)، مما يعكس دور القيادة والتدريب المستمر كعوامل تمكينية رئيسية،

مقابل

تحديات جودة البيانات التي تمثل أحد العوائق أمام الاستخدام الأمثل للذكاء الاصطناعي. وبشكل عام، تؤكد النتائج أن

المتغير

التابع يتميز بدرجة مرتفعة من الاتساق الداخلي، وأن أبعاده الثلاثة تمثل مكونات مترابطة تفسر بوضوح كفاءة إدارة المشاريع

في ظل توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي.

5- نتائج اختبارات الفروض الإحصائية

أظهرت نتائج اختبارات الفروض الإحصائية أن هناك تأثيراً ذا دلالة إحصائية قوية بين أدوات الذكاء الاصطناعي وكفاءة

إدارة

المشاريع، مما يؤكد صحة الفرض الرئيس القائل بوجود علاقة موجبة ومعنوية بين المتغيرين. فقد بين نموذج الانحدار المتعدد

أن

أدوات الذكاء الاصطناعي تفسر نحو 71.1% من التباين في كفاءة إدارة المشاريع ($R^2 = 0.711$) ، وهو ما يدل على قوة

النموذج وقدرته التنبؤية العالية. كما أظهرت النتائج أن جميع أبعاد المتغير المستقل تؤثر إيجابياً في كفاءة إدارة المشاريع عند مستوى دلالة ($Sig = 0.000$) ، حيث كان أكبر تأثير لبُعد السياسات والحوكمة والأمن ($\beta = 0.500$) ، يليه التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع ($\beta = 0.371$) ، ثم تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي ($\beta = 0.358$) ، مما يوضح أن البعد

التنظيمي والسياسي يمثل المحرك الأقوى في تعزيز كفاءة المشاريع.

أما على مستوى الفروض الفرعية، فقد أظهرت النتائج أن:

1- الفرض الفرعي الأول أكد وجود تأثير معنوي لتبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة المشاريع، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = 0.639$) ومعامل التحديد ($R^2 = 0.408$) ، أي أن هذا البعد يفسر نحو 40.8%

من التباين في الأداء، مما يعكس أهميته كعامل رئيسي في التحول الرقمي للمشروعات.

2- الفرض الفرعي الثاني أظهر أن التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع له تأثير إيجابي مماثل تقريباً ($R = 0.635$) ، $R^2 = 0.403$ ، مما يشير إلى أن الدمج التقني بين الأدوات الذكية والأنظمة الإدارية يسهم بشكل كبير في رفع كفاءة الأداء وتسريع العمليات.

3- الفرض الفرعي الثالث بيّن أن بُعد السياسات والحوكمة والأمن يؤثر إيجابياً أيضاً في كفاءة إدارة المشاريع ($R = 0.532$ ، $R^2 = 0.283$)، وهو ما يدل على أن وجود أطر تنظيمية واضحة وحوكمة فعالة للذكاء الاصطناعي

يعزز الاستخدام الآمن والمستدام للتقنيات الحديثة.

إسهامات الدراسة:

تسهم هذه الدراسة في تقديم إضافة علمية وتطبيقية في مجال إدارة المشاريع، حيث أوضحت الدور الفعال لأدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع داخل الأمانات. كما قدمت الدراسة نموذجاً تطبيقياً يمكن الاستفادة منه في الجهات الحكومية لدعم اتخاذ القرار وتحسين الأداء، مما يعزز من تحقيق أهداف التحول الرقمي ورؤية المملكة 2030.

توصيات الدراسة:

أولاً: التوصيات التقنية

- تعزيز استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات المشاريع داخل مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات.
- تطوير أنظمة رقمية متكاملة تدعم اتخاذ القرار باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- الاستثمار في البنية التحتية التقنية لضمان كفاءة تطبيق الحلول الذكية.

ثانياً: التوصيات التنظيمية

- وضع سياسات واضحة لتنظيم استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي داخل الجهات الحكومية.
- تعزيز التكامل بين الأنظمة المختلفة المستخدمة في إدارة المشاريع.
- تطوير آليات متابعة وتقييم أداء المشاريع باستخدام مؤشرات دقيقة.

ثالثاً: التوصيات البشرية

- تدريب الكوادر البشرية على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.
- نشر ثقافة التحول الرقمي داخل بيئة العمل.
- رفع الوعي بأهمية استخدام التقنيات الحديثة في تحسين كفاءة الأداء.

■ مؤشرات نجاح التوصيات:

مؤشرات النجاح	آلية التنفيذ	التوصية	
انخفاض نسبة تأخر المشاريع بنسبة 10% إلى 15%، وتحسين دقة تقدير التكاليف بنسبة لا تقل عن 5%،	تقوم الأمانات بالتنسيق مع فرق تقنية المعلومات باختيار مجموعة من المشاريع التجريبية وتطبيق الأدوات الذكية عليها بشكل مرحلي.	إطلاق برنامج تجريبي لتطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع	1

			وتقليل عدد المخاطر غير المتوقعة مقارنة بالمشاريع التقليدية.
2	تعزيز حوكمة استخدام الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع	تطوير إطار تنظيمي وسياسات واضحة لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، بإشراف الجهات التنظيمية مثل SDAIA، وتعميمها على الأمانات.	وجود سياسات معتمدة رسميًا، وزيادة مستوى الالتزام بالإجراءات التنظيمية، وتحسن جودة اتخاذ القرار.
3	تأهيل الكوادر البشرية في مجال الذكاء الاصطناعي وإدارة المشاريع	تنفيذ برامج تدريبية متخصصة لموظفي مكاتب إدارة المشاريع بالتعاون مع جهات تدريب معتمدة	عدد الموظفين الحاصلين على التدريب، وتحسن مستوى استخدام الأنظمة الذكية، وزيادة الإنتاجية في إدارة المشاريع.
4	تطوير البنية التحتية الرقمية الداعمة لتطبيق الذكاء الاصطناعي	العمل على تحديث الأنظمة الحالية وربطها بمنصات تحليل البيانات، وتوفير قواعد بيانات متكاملة تدعم التحليل الذكي.	سرعة الوصول إلى البيانات، وزيادة دقة التقارير التحليلية، وتقليل الاعتماد على العمليات اليدوية.
5	تعزيز التكامل بين أنظمة إدارة المشاريع وأدوات الذكاء الاصطناعي	ربط أنظمة إدارة المشاريع مثل (PMIS) مع أدوات التحليل الذكي ولوحات المعلومات التفاعلية.	تكامل البيانات بين الأنظمة، وتحسين جودة التقارير، وتقليل زمن إعداد التقارير.

6	دعم اتخاذ القرار باستخدام التحليلات الذكية	تطبيق أدوات تحليل تنبؤية ولوحات معلومات تفاعلية لدعم متخذي القرار في مكاتب إدارة المشاريع.	تقليل زمن اتخاذ القرار، وزيادة دقة التنبؤ بالمخاطر، وتحسين كفاءة متابعة المشاريع.
7	إنشاء إطار وطني لقياس كفاءة إدارة المشاريع باستخدام الذكاء الاصطناعي	تطوير نموذج وطني موحد بالتعاون مع الجهات التنظيمية مثل SDAIA لقياس كفاءة إدارة المشاريع باستخدام مؤشرات مدعومة بالذكاء الاصطناعي	توحيد منهجية القياس بين الأمانات، وتحسين دقة تقييم الأداء، ورفع مستوى الشفافية في التقارير.
8	تعزيز الشراكات مع الجهات التقنية ومراكز البحث	بناء شراكات مع الجامعات وشركات التقنية لتطوير حلول مبتكرة في مجال الذكاء الاصطناعي لإدارة المشاريع.	عدد المشاريع المشتركة، وتطوير حلول تقنية جديدة، وتحسين مستوى الابتكار في إدارة المشاريع.

مؤشرات النجاح المقترحة:

يمكن قياس نجاح تنفيذ التوصيات السابقة من خلال مجموعة من المؤشرات العملية، مثل زيادة مستوى استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي داخل مكاتب إدارة المشاريع، وتحسين دقة تحليل بيانات المشاريع، وانخفاض نسبة تأخر المشاريع عن الجدول الزمني المحدد. كما يمكن قياس النجاح من خلال ارتفاع مستوى كفاءة اتخاذ القرار في إدارة المشاريع وتحسين جودة التقارير التحليلية المرتبطة بمتابعة المشاريع الحكومية.

الإسهام على مستوى السياسات العامة:

تسهم نتائج هذه الدراسة في تقديم مجموعة من الدلالات المهمة على مستوى السياسات العامة المرتبطة بتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية. إذ توضح نتائج التحليل الإحصائي وجود تأثير إيجابي لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، خاصة في مجالات دعم اتخاذ القرار، وتحسين جودة البيانات، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر.

وبناءً على ذلك، يمكن أن تستفيد الجهات التنظيمية في المملكة العربية السعودية – مثل وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، والهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA) – من نتائج هذه الدراسة في تطوير سياسات وطنية تدعم تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية.

كما يمكن أن تسهم نتائج الدراسة في توجيه الجهود نحو تطوير أطر تنظيمية واضحة لتعزيز استخدام التحليلات الذكية داخل الجهات الحكومية، ودعم بناء بنية تحتية رقمية متكاملة تتيح الاستفادة من البيانات في تحسين كفاءة التخطيط والتنفيذ والمتابعة في المشاريع التنموية.

وتعكس هذه النتائج أهمية إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن الاستراتيجيات الوطنية للتحويل الرقمي، بما يسهم في رفع كفاءة الأداء الحكومي وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

مقترحات لدراسات مستقبلية:

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة الحالية، ترى الباحثة أن هناك مجالات متعددة تستحق المزيد من البحث والتعمق، ومن أبرزها ما يلي:

1. إجراء دراسات مقارنة بين الأمانات المختلفة في مناطق المملكة لقياس مستوى تبني وتكامل أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع البلدية.
2. دراسة تأثير حوكمة البيانات والسياسات التنظيمية على فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في البيئة الحكومية.

3. بحث دور القيادة الرقمية في دعم وتمكين التحول نحو إدارة المشاريع الذكية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي .

4. استكشاف العوامل الثقافية والتنظيمية التي تؤثر على قبول الموظفين لتقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة العمل

الحكومي.

5. تصميم نموذج تكاملي يربط بين أدوات الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع من حيث الوقت والتكلفة والجودة

والمخاطر، للتحقق من كفاءته بالتطبيق العملي.

الإسهامات العلمية والتطبيقية للدراسة:

أولاً: الإسهامات العلمية:

أسهمت الدراسة الحالية في تقديم إضافة علمية في مجال إدارة المشاريع، من خلال بناء إطار نظري يدمج بين مفاهيم

أدوات الذكاء الاصطناعي والعوامل التنظيمية والاستثمار في التكنولوجيا، وعلاقتها بكفاءة إدارة المشاريع داخل مكاتب

إدارة المشاريع في الإمارات بالملكة العربية السعودية.

كما أسهمت الدراسة في اختبار العلاقة بين مجموعة من المتغيرات التقنية والتنظيمية، مما يعزز الفهم العلمي لدور التقنيات

الذكاء في تحسين أداء المشاريع، ويوفر أساساً يمكن أن تستند إليه دراسات مستقبلية في هذا المجال، خاصة في البيئة

الحكومية والبلدية.

ثانياً: الإسهامات التطبيقية:

قدمت الدراسة مجموعة من النتائج والتطبيقات العملية التي يمكن الاستفادة منها داخل الجهات الحكومية، وخاصة

الإمارات، وذلك من خلال دعم توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع.

وأظهرت النتائج أهمية الاستثمار في التكنولوجيا، وتبني سياسات حوكمة واضحة، وتوفير بيئة تنظيمية داعمة للتحول

الرقمي.

كما تسهم نتائج الدراسة في دعم متخذي القرار من خلال:

- تحسين كفاءة متابعة المشاريع.

• تعزيز استخدام التحليلات الذكية في اتخاذ القرار.

• تقليل الانحرافات الزمنية والمالية في المشاريع.

• رفع جودة مخرجات المشاريع الخدمية والتنموية.

وتتوافق هذه الإسهامات مع التوجهات الوطنية في المملكة العربية السعودية نحو التحول الرقمي، وتعزيز استخدام التقنيات المتقدمة ضمن رؤية المملكة 2030، خاصة في القطاعات الخدمية المرتبطة بجودة الحياة.

الإسهامات على مستوى السياسات العامة (Policy Implications):

تشير نتائج هذه الدراسة إلى أهمية تبني إطار تنظيمي وطني يدعم توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الحكومية، حيث يمكن أن تستفيد الجهات التنظيمية مثل وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، والهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA)، من هذه النتائج في تطوير سياسات تدعم التحول الرقمي وتعزيز كفاءة إدارة المشاريع في القطاع البلدي.

كما تسهم هذه الدراسة في دعم تصميم مبادرات وطنية تستهدف تأهيل الكوادر البشرية، ووضع معايير موحدة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، بما يسهم في تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030 في مجال التحول الرقمي ورفع كفاءة الأداء الحكومي.

خلاصة الفصل الخامس (خاتمة الدراسة):

تناول هذا الفصل عرض الخلاصة العامة للدراسة، من خلال تقديم أهم النتائج التي تم التوصل إليها، وربطها بأهداف الدراسة وتساؤلاتها، إضافة إلى عرض التوصيات العملية والمقترحات البحثية المستقبلية، بما يسهم في تعزيز الاستفادة من أدوات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة المشاريع.

وقد أكدت نتائج الدراسة وجود تأثير إيجابي ذو دلالة إحصائية لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إدارة المشاريع في مكاتب إدارة المشاريع بالأمانات في المملكة العربية السعودية، حيث أظهرت النتائج أن هذه الأدوات تسهم

بشكل مباشر في تحسين جودة اتخاذ القرار، ورفع جودة البيانات، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، إضافة إلى تسريع تنفيذ المشاريع وتحسين دقة المتابعة والرقابة .

كما بينت النتائج أن توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي لا يقتصر على الجانب التقني فقط، بل يمتد ليشمل تحسين الكفاءة التنظيمية ورفع مستوى الأداء المؤسسي، مما يعكس أهمية التكامل بين العوامل التقنية والتنظيمية في تحقيق الاستفادة المثلى من هذه الأدوات.

وفي ضوء هذه النتائج، قدمت الدراسة مجموعة من التوصيات العملية، من أبرزها:

- تعزيز تبني أدوات الذكاء الاصطناعي في مكاتب إدارة المشاريع
 - تطوير البنية التحتية التقنية الداعمة للتحويل الرقمي
 - الاستثمار في تنمية المهارات الرقمية للعاملين
 - تعزيز التكامل بين الأنظمة المختلفة لضمان تدفق البيانات بكفاءة
 - وضع أطر تنظيمية واضحة تدعم استخدام التقنيات الذكية
- كما اقترحت الدراسة عددًا من المجالات البحثية المستقبلية، التي يمكن أن تسهم في تعميق الفهم العلمي لهذا المجال، مثل دراسة أثر الذكاء الاصطناعي على جوانب محددة من إدارة المشاريع، أو تطبيق نماذج تحليلية متقدمة في بيانات مختلفة، أو التوسع في الدراسات التطبيقية في قطاعات حكومية أخرى.
- وتشير النتائج بشكل عام إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل تحولاً نوعياً في ممارسات إدارة المشاريع، حيث يساهم في الانتقال من الأساليب التقليدية إلى نماذج أكثر ذكاءً واعتماداً على البيانات، مما يعزز من قدرة المؤسسات على تحقيق الكفاءة والفعالية في إدارة مشاريعها.

وبناءً على ذلك، تؤكد هذه الدراسة أن تبني أدوات الذكاء الاصطناعي يعد خياراً استراتيجياً ضرورياً لمواكبة متطلبات التحويل الرقمي، وتحقيق مستويات متقدمة من الأداء في إدارة المشاريع، خاصة في القطاع الحكومي.

وفي الختام، تسهم هذه الدراسة في تقديم إطار علمي وتطبيقي متكامل يبرز أهمية توظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، ويمهد الطريق لمزيد من الدراسات المستقبلية التي تدعم هذا التوجه في ضوء التطورات التقنية المتسارعة.

المراجع

المراجع العربية:

- 1) معهد إدارة المشاريع .(2021). *الدليل المعرفي لإدارة المشاريع* (الإصدار السابع) .أمريكا: معهد إدارة المشاريع.
- 2) الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي .(2020). *تقرير إنجازات تقرير إنجازات في التحول الرقمي الحكومي* . الرياض .
- 3) الشهري، عبد الله، وباسويد، خلود، وغروي & محمد. (2023). *واقع الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع في القطاع الحكومي بالمملكة العربية السعودية .مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع*، 7(10) ، 370349-.
- 4) بكر، أحمد .(2023). *الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع: تحديات وفرص* .الرياض: مركز البحوث التقنية.

المراجع الأجنبية:

- 5) Saudi Data & AI Authority (SDAIA). (n.d.). SDAIA Official Website. Retrieved April 1, 2024, from <https://sdaia.gov.sa>
- 6) Belharet, A. (2020). Report on the Impact of Artificial Intelligence on Project Management. SSRN Electronic Journal, 13 (15).
- 7) El Khatib, M., & Al Falasi, A. (2021). Effects of Artificial Intelligence on Decision Making in Project Management. American Journal of Industrial and Business Management, 11 (3), 251–260.
- 8) Fridgeirsson, T. (2021). An Authoritative Study on the Near Future Effect of Artificial Intelligence on Project Management Knowledge Areas. Sustainability, 13 (4), 2345.
- 9) Fridgeirsson, T. (2023). A Qualitative Study on Artificial Intelligence and Its Impact on the Project Schedule, Cost, and Risk Management Knowledge Areas as Presented in PMBOK. Applied Sciences, 13 (19), 11081.
- 10) Korke, P., Gobinath, R., Shewale, M., & Khartode, B. (2023). Role of Artificial Intelligence in Construction Project Management.

International Conference on Sustainable Technologies in Civil and Environmental Engineering.

- 11) Krishnan, S., & Krishnan, L. R. K. (2023). Impact of Artificial Intelligence on Project Delivery and Implementation. In Tripathi, A. K., Anand, D., & Nagar, A. K. (Eds.), Proceedings of World Conference on Artificial Intelligence: Advances and Applications. Algorithms for Intelligent Systems.
- 12) Maphosa, V., & Maphosa, M. (2022). Artificial Intelligence in Project Management Research: A Bibliometric Analysis. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 100 (16), 5000 – 5012.
- 13) Prifti, V. (2022). Optimizing Project Management Using Artificial Intelligence. European Journal of Formal Sciences and Engineering, 5(1), 29.
- 14) Sahadevan, S. (2023). Project Management in the Era of Artificial Intelligence. European Journal of Theoretical and Applied Sciences, 1(3), 35.
- 15) Taboada, I., & Daneshpajouh, A. (2023). Artificial Intelligence Enabled Project Management: A Systematic Literature Review. Applied Sciences, 13 (8), 5014.
- 16) Aldoseri, A., Al-Khalifa, K. N., & Hamouda, A. M. (2024). AI-Powered Innovation in Digital Transformation: Key Pillars and Industry Impact. Sustainability, 16 (5), 1790.
- 17) Kassa, B. Y., & Ketema, E. (2025). The Impact of Artificial Intelligence on Organizational Performance: The Mediating Role of Employee Productivity. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 11(1), 100474.
- 18) Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). Artificial Intelligence and Knowledge Management: Impacts, Benefits, and Implementation. Computers, 12 (4), 72.

- 19)Munmun, Z. S., Hossain, M. D., Jahan, I., & Akther, S. (2023). AI-Driven Project Risk Management: Leveraging AI to Predict, Mitigate, and Manage Project Risks in Critical Infrastructure and National Security Projects. *Journal of Computer Science and Technology Studies*, 5(2), 33–47.
- 20)Chen, D., Esperança, J. P., & Wang, S. (2022). The Impact of Artificial Intelligence on Firm Performance: An Application of the Resource-Based View to E-Commerce Firms. *Frontiers in Psychology*, 13, 884830.
- 21)Broekhuizen, T., Dekker, H., de Faria, P., Firk, S., Nguyen, D. K., & Sofka, W. (2023). AI for Managing Open Innovation: Opportunities, Challenges, and a Research Agenda. *Journal of Business Research*, 167, 114196.
- 22)Ahmed, M. R., & Ahmed, B. E. (2024). Artificial Intelligence Creates Competitive Advantage. *The Business Review Journal*, 30(2), 15–26.
- 23)El Khatib, M., & Al Falasi, A. (2021). Effects of Artificial Intelligence on Decision Making in Project Management. *American Journal of Industrial and Business Management*, 11(3), 251–260.

ملحق (1): أداة الدراسة (الاستبانة) :

القسم الأول: البيانات الديموغرافية

اختيار من متعدد

1. الجنس: ☐ ذكر ☐ أنثى
2. الفئة العمرية: ☐ أقل من 30 ☐ 30-39 ☐ 40-49 ☐ 50 فأكثر
3. المؤهل العلمي: ☐ بكالوريوس ☐ ماجستير ☐ دكتوراه ☐ غير ذلك
4. سنوات الخبرة في إدارة المشاريع: ☐ أقل من 5 ☐ 5-10 ☐ أكثر من 10
5. القطاع: ☐ حكومي ☐ خاص ☐ مشترك
6. نوع الجهة: ☐ مالك/صاحب مشروع ☐ استشاري ☐ مقاول ☐ أخرى
7. الوظيفة الحالية: ☐ مدير مشروع ☐ مهندس/محلل بيانات ☐ إداري ☐ أخرى
8. مدى التعرض لأدوات الذكاء الاصطناعي في العمل: ☐ مرتفع ☐ متوسط ☐ منخفض ☐ لا يوجد

القسم الثاني: تبني واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي

مقياس ليكرت: 1 لا أوافق إطلاقاً - 5 أوافق تماماً

1. تستخدم الجهة التي أعمل بها أدوات الذكاء الاصطناعي في تنفيذ وإدارة المشاريع.
2. تسهم أدوات الذكاء الاصطناعي في تسريع عملية اتخاذ القرار.
3. تساعد هذه الأدوات في تحسين جودة مخرجات المشاريع.
4. تعتمد الجهة على البيانات الناتجة من أدوات الذكاء الاصطناعي في التقييم والمتابعة.
5. يتم تدريب الموظفين بشكل كافٍ على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي.
6. أدوات الذكاء الاصطناعي سهلة الاستخدام والتعلم.
7. تتوافر الموارد التقنية والبشرية اللازمة لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي بفعالية.
8. يتبنى الزملاء والإدارة دعم استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي.
9. توفر الأدوات تنبؤات أو تنبيهات استباقية حول التأخيرات أو التجاوزات المحتملة.
10. استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي يربك سير العمل اليومي أكثر مما يساعد.

القسم الثالث: التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع

مقياس ليكرت: 1 لا أوافق إطلاقاً - 5 أوافق تماماً

1. تتكامل أدوات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع (مثل Oracle Unifier أو PMWeb).
2. يتم استخدام مخرجات الذكاء الاصطناعي بشكل روتيني في اجتماعات مراجعة التقدم واتخاذ القرار.
3. يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة واكتمال التقارير ولوحات المتابعة.

القسم الرابع: السياسات والحوكمة والأمن

مقياس ليكرت: 1 لا أوافق إطلاقاً - 5 أوافق تماماً

1. توجد سياسات واضحة تنظم تطوير واستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في الجهة.
2. تُخصّص ميزانيات مستقلة لتطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي.
3. يتم تقييم فعالية سياسات الذكاء الاصطناعي بشكل دوري.
4. توجد حوكمة فعّالة لضمان أمان وسرية البيانات الناتجة عن الأدوات.
5. تتم مراجعة الجوانب الأخلاقية (مثل التحيز والشفافية) المتعلقة باستخدام الذكاء الاصطناعي.
6. يتم تحفيز الموظفين لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي عبر سياسات تشجيعية.

القسم الخامس: كفاءة إدارة المشاريع (المخرجات)

مقياس ليكرت: 1 لا أوافق إطلاقاً - 5 أوافق تماماً

1. ساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة البيانات المستخدمة في المشاريع.
2. ساهمت أدوات الذكاء الاصطناعي في تسليم المشاريع ضمن الجدول الزمني المحدد.
3. ساعد استخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل التكاليف الإجمالية للمشاريع.
4. قللت هذه الأدوات من التغييرات أو التدخلات غير المخططة في المشروع.
5. تُستخدم مخرجات الذكاء الاصطناعي في تقييم الأداء العام للمشروعات.
6. رفعت أدوات الذكاء الاصطناعي جودة مخرجات المشروع.
7. حسّنت هذه الأدوات سرعة الاستجابة للمخاطر والقضايا أثناء التنفيذ.
8. عزز الذكاء الاصطناعي قدرة الفريق على التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها.

القسم السادس: الوعي، القبول، وتجربة المستخدم

مقياس ليكرت: 1 لا أوافق إطلاقاً - 5 أوافق تماماً

1. لدى الموظفين وعي كافٍ بأهمية أدوات الذكاء الاصطناعي.
2. يوجد قبول عام لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع.
3. يتم إشراك المستخدمين في مراحل تطوير وتحسين أدوات الذكاء الاصطناعي.
4. يتلقى المستخدمون تغذية راجعة حول أدائهم في استخدام هذه الأدوات.
5. تسهم أدوات الذكاء الاصطناعي في تسهيل المهام اليومية للموظفين.
6. مستوى الرضا العام عن أدوات الذكاء الاصطناعي مرتفع.
7. أُفضّل استخدام الطرق اليدوية التقليدية على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي.

القسم السابع: العوائق والممكّنات

مقياس ليكرت: 1 لا أوافق إطلاقاً - 5 أوافق تماماً

1. من أبرز العوائق أمام استخدام الذكاء الاصطناعي ضعف جودة البيانات وتكاملها.
2. من أهم العوامل الممكّنة تبني القيادة ودعمها لاستخدام الذكاء الاصطناعي.
3. التدريب المستمر عامل أساسي في نجاح تبني أدوات الذكاء الاصطناعي.

القسم الثامن: أسئلة مفتوحة

- ما أبرز التحديات التي تواجه استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع بجهتكم؟
- ما السياسات أو الممارسات التي تقترحها لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي وتحسين مخرجات المشاريع؟

تقرير الفحص

❖ بيانات الطالب :

- اسم الباحث/ رباب طارق الصائغ
- برنامج : دكتوراه
- التخصص: ادارة تاريخ القيد : 2023/05/30

❖ بيانات رقمية خاصة بالرسالة:

- عدد صفحات الرسالة : 135 عدد المراجع: 23
- عدد الرسوم التوضيحية والصور: 8

❖ تنقسم الرسالة إلى عدد (5) فصل كما يلي:

1. الفصل الاول (الإطار المنهجي للدراسة)
2. الفصل الثاني (الإطار النظري والدراسات السابقة)
3. الفصل الثالث (منهجية الدراسة وإجراءاتها)
4. الفصل الرابع (نتائج الدراسة واختبار الفرضيات)
5. الفصل الخامس (الخاتمة والتوصيات)

أقر أنا الباحث /ة: رباب طارق الصائغ

بأن جميع البيانات والمعلومات الواردة في هذا النموذج صحيحة ودقيقة، وأتحمل كامل المسؤولية عن صحتها، وفي حال وجود أي أخطاء أو بيانات غير دقيقة يتم اتخاذ ما يلزم من إجراءات وفقاً للوائح المعمول بها.

تقرير صلاحية رسالة الدكتوراة للمناقشة

- اسم الطالب: رباب طارق الصائغ
- التخصص العلمي: إدارة
- الدرجة المسجل لها: دكتوراه تاريخ القيد ببرنامج الدكتوراة : 2023/05/30
- عنوان الرسالة باللغة العربية: دور أدوات الذكاء الاصطناعي في قياس كفاءة إدارة المشاريع - حالة دراسية على مكاتب إدارة المشاريع في الأمانات بالمملكة العربية السعودية
- عنوان الرسالة باللغة الأجنبية: The Role of Artificial Intelligence Tools in Measuring Project Management Efficiency - A Case Study on Project Management Offices in Municipalities in the Kingdom of Saudi Arabia
- وقد تمت مراجعة الرسالة المقدمة مراجعة نهائية من قبلنا وأصبحت صالحة للمناقشة
- ❖ علما بأن الطالب قد قام بنشر عدد (ثلاثة) أبحاث في مجلات محكمة كالتالي:

اسم البحث	عنوان المجلة
Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"	INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE HUMANITY & MANAGEMENT RESEARCH

المجلة العلمية للتجارة والتمويل	الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات " دراسة حالة إدارة التشوه البصري في امانة جدة "
مجلة ميدأوشن للبحوث والدراسات	The Limitations of Traditional Construction Quality Management in Large-Scale Infrastructure Projects in Saudi Arabia

لجنة الاشراف العلمى:

م	اسم المشرف	الوظيفة وجهة العمل	التوقيع
1			
2			
3			

قرار مجلس القسم :

قد وافقت الجامعة بعد اطلاع أعضائه على الرسالة وتقرير الصلاحية على تشكيل لجنه المناقشة

مدير برنامج الدكتوراة

(السيد الدكتور/محمد بركات)

International Journal of Social Science Humanity & Management Research

ISSN [ONLINE]: 2833-2180

DOI: 10.58806/ijsshmr

ISSN [PRINT]: 2833-2172

Website: <https://ijsshmr.com/>

SJIF 2024 : 5.342

Letter of Acceptance

Dear Author: Ismail Ujaimi ,Rabab Alsaigh ,Majid Alfelfel, Raed Algallaf

Manuscript Id: IJSSHMRV03I11-09

Article Title: “Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions”

We are pleased to accept the same for publication in IJSSHMR. Please send the scanned Copyright form (Can be downloaded from website) along with bank receipt of an online maintenance. Article will be online within 24 working hours after receiving all the necessary documents.

Payment details:

Publishing fee: 30 USD (For entire research paper for All Author).

You can pay by Credit Card or Debit card or net banking by using link

Payment Link: <https://www.ijsshmr.com/payment.php>

In case of any query please do not hesitate to contact us. Early reply is appreciated. Sincerely,

E-mail ID: editor@ijsshmr.com



With Regards,

Journal Manager

International Journal of Social Science Humanity & Management Research

Website: <https://ijsshmr.com/>

Dean's Office

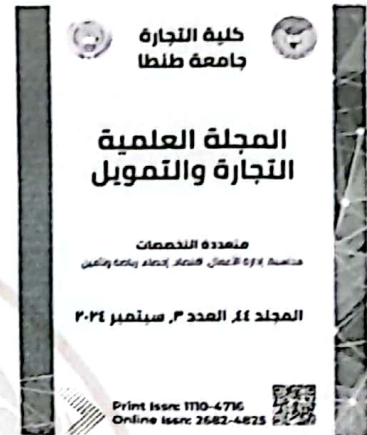
مكتب العميد

Date / / 20

التاريخ / / ٢٠

المجلة العلمية التجارة والتمويل

<https://caf.journals.ekb.eg>



خطاب قبول النشر

8 أغسطس 2024

السادة/رائد القلاف^أ رباب الصائغ^أ اسماعيل عجيمي^أ ماجد الفلفل^أ
قسم المحاسبة، كلية الإدارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الإمارات

يسرنا ابلاغ سيادتكم أن البحث المقدم بعنوان "الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع: استكشاف الإمكانيات والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التلوث البصري في أمانة محافظة جدة قد حكم حسب الأصول العلمية وتم قبوله للنشر في المجلة العلمية التجارة والتمويل التي تصدرها كلية التجارة بجامعة طنطا.

وسيتم نشر بحثكم في المجلد ٤٤، العدد الثالث، سبتمبر ٢٠٢٤.

شكرا لمساهمكم القيمة في المجلة العلمية التجارة والتمويل وأطيب الأمنيات بمرز من الأعمال العلمية القيمة في المستقبل.

ولكم منا وافر الاحترام وجزيل الشكر.

د.أ / ياسر الجرف

مدير التحرير وعميد كلية التجارة

د.أ / دينا حسن عبد الهادي

رئيس هيئة التحرير

وكيل الكلية للدراسات العليا والبحوث



Article Acceptance Certificate

This certificate confirms that the following paper has been accepted for publication in
التجارة والتمويل

Title: الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات "دراسة حالة
إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة"
ID: CAF-2407-1411 (R1)

Authors: رائد القلاف، رباب الصائغ، إسماعيل عجيبي، ماجد الفلفل

Submit Date: 09 July 2024

Accept Date: 08 August 2024

أ.د/ دينا حسن عبدالهادي السعيد

Editor-in-Chief of التجارة والتمويل

Issuing Date: 4/1/ 2026

Research Paper Publication Acceptance Letter

Dear Ismail Ujaimi, Rabab Alsaigh

Greetings,

Based on the review of your research entitled:

" The Limitations of Traditional Construction Quality Management in Large-Scale
Infrastructure Projects in Saudi Arabia"

we are pleased to inform you that your research has been accepted for publication according to the evaluations of the esteemed reviewers. It will be published in *Midocean Journal for Research and Studies*, issued by Midocean University - The Comoros Islands.

Regards,

Dr. Alaa Tariq Al-Damrat
Editorial Board Chairman



<https://mojr.midocean.edu.km/>



Midocean Journal

for Research and Studies

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

Ismail Ujaimi¹, Rabab Alsaigh², Majid Alfelfel³, Raed Algallaf⁴

^{1,2,3,4}6660 Abu Al Wadr Al Mazini - Al Wahah Dist. - Al Qatif 32626 - 2788 - Kingdom of Saudi Arabia

ABSTRACT: This paper examines the integration of Artificial Intelligence (AI) within the Saudi Arabian construction industry, addressing key challenges, potential solutions, and its transformative potential. With Saudi Arabia's Vision 2030 emphasizing technological innovation and economic diversification, the construction sector stands to benefit significantly from AI-driven advancements that improve productivity and enhance project management. Key challenges identified include technical barriers, such as data quality issues, complex system integration, and the limited availability of specialized AI tools. Additionally, regulatory hurdles related to compliance and data privacy, high implementation costs, limited ROI, and social resistance driven by job displacement fears and lack of AI familiarity pose significant obstacles.

A survey conducted among industry professionals confirmed these challenges, highlighting difficulties in AI system integration, economic concerns about costs and talent shortages, and regulatory uncertainties. Social resistance to AI adoption also emerged as a critical barrier, underscoring the need for workforce training and change management strategies to foster acceptance. The paper proposes targeted solutions, including improving data integration capabilities, establishing comprehensive regulatory frameworks, providing financial incentives, and offering training programs to build AI-related expertise.

Case studies and hypothetical scenarios illustrate AI's potential benefits, such as optimizing resource allocation, enhancing safety, reducing costs, and streamlining project timelines. Government-backed initiatives like King Salman Energy Park (SPARK) emphasize the importance of infrastructure and state support in facilitating AI adoption across industries. These efforts align with national goals to transform construction practices and drive innovation.

The findings demonstrate AI's potential to revolutionize the construction sector, but overcoming existing challenges requires continuous collaboration between industry stakeholders, policymakers, and technology providers. Further research is necessary to validate these assumptions and explore practical strategies for AI integration, ultimately paving the way for a more efficient, innovative, and sustainable construction industry.

KEYWORDS: Artificial Intelligence (AI) in Construction, Saudi Construction Industry, AI Integration in Saudi Projects, Vision 2030 Saudi Arabia, AI Adoption Challenges

1. INTRODUCTION

AI is revolutionizing industries by automating processes, improving decision-making, and driving innovation in sectors like healthcare, finance, and construction, leading to increased efficiency, accuracy, and productivity (Merdžanović, Vukomanović, & Ivandić Vidović, 2023).

1.1 Understanding Artificial Intelligence

AI enables machines to mimic human intelligence, performing tasks like decision-making and problem-solving (Phaladi et al., 2022). In construction, AI integrates technologies such as machine learning and robotics, allowing machines to simulate human-like thinking and assist in complex project tasks (Altaie & Dishar, 2024).

1.2 AI's Significance in Global Industries

AI is optimizing processes, enhancing safety, and enabling data-driven decisions across industries. In project management, it improves scheduling, risk prediction, and resource allocation (Krishnan & Krishnan, 2024). In construction, AI automates planning, design, and monitoring, increasing efficiency and reducing errors (Zabala-Vargas et al., 2023).

1.3 AI in the Construction Industry

The construction industry, typically recognized for its labor-intensive nature and high-risk conditions, has recently started integrating AI to enhance project outcomes. AI applications in construction span areas such as project scheduling, safety monitoring, quality control, and cost estimation. By utilizing AI, the construction sector is becoming increasingly data-driven, employing predictive models to foresee potential challenges, simplify processes, and minimize both time and expenses.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

1.4 Project Planning and Management

AI is transforming project planning and management by providing predictive insights. By analyzing historical data, including weather patterns, AI tools offer valuable foresight for efficient scheduling and resource allocation (Merdžanović et al., 2023), reducing delays and enhancing decision-making.

1.5 Enhanced Learning and Skill Development

In South Africa, AI is improving construction workforce development by identifying skill gaps, suggesting training, and enhancing competencies (Phaladi et al., 2022). This is particularly valuable in developing regions where skills shortages impact project efficiency.

1.6 Knowledge Management Integration

Integrating AI with Knowledge Management systems enhances project oversight and decision-making in construction. These systems capture, organize, and share knowledge, fostering collaboration and efficient information sharing (Altaie & Dishar, 2024), leading to improved project execution and risk mitigation through real-time information and predictive analytics.

1.7 Automation and Robotics in Construction

AI-powered robotics are transforming construction by automating tasks like bricklaying and welding, improving safety, and reducing reliance on manual labor (Krishnan & Krishnan, 2024). This automation enhances productivity and shortens project timelines.

2. CASE STUDIES OF AI APPLICATION IN CONSTRUCTION

2.1 Application of Big Data and AI in Project Life Cycle Management

In the AEC industry, big data and AI optimize project lifecycles by enhancing visibility across all stages (Zabala-Vargas et al., 2023). This technology analyzes vast datasets to streamline resource allocation, improve quality control, and predict outcomes, reducing costs and time.

2.2 AI in Safety Monitoring and Risk Management

AI significantly contributes to construction safety by using predictive models to assess risks based on environmental factors, worker behavior, and equipment conditions (Merdžanović et al., 2023). This proactive approach minimizes accidents, ensures compliance with safety standards, and enhances project outcomes.

2.3 Improving Project Delivery and Quality Control

Research shows that AI applications, including machine learning, enhance project delivery by automating quality checks and overseeing task schedules (Krishnan & Krishnan, 2024). With real-time data analysis capabilities, AI enables managers to monitor project performance, anticipate possible delays, and make prompt adjustments, thereby maintaining quality control.

3. CHALLENGES AND FUTURE PROSPECTS

Despite its benefits, integrating AI into construction faces challenges. High implementation costs, a lack of skilled professionals, and resistance to technological change are significant barriers (Altaie & Dishar, 2024). Concerns also exist regarding data privacy and ethical AI use, especially given the sensitive data involved in construction projects.

AI's role in construction is expected to expand significantly. Advancements in digital twin technology, IoT, and blockchain will enhance data management and security, leading to increased productivity, cost-effectiveness, and improved project outcomes as more companies adopt AI (Zabala-Vargas et al., 2023).

4. ASSUMPTIONS AND HYPOTHESES

Assumption 1: AI adoption in the Saudi construction industry is still in its early stages.

Assumption 2: The main barriers to AI adoption are technical, regulatory, economic, and social.

Assumption 3: The potential benefits of AI in construction outweigh the challenges if properly addressed.

5. THEORETICAL BACKGROUND

The adoption of artificial intelligence (AI) in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry has gained significant momentum in recent years. AI applications have demonstrated potential in several areas, including architectural design, site logistics planning, safety management, progress monitoring, productivity improvement, and building operations and maintenance. Technologies like machine learning and computer vision have shown increasing applicability to construction-related tasks, enabling automation and enhanced decision-making (Regona et al., 2022). These advancements are not just theoretical; they provide tangible benefits which make AI a valuable tool for transforming traditional construction workflows.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

Global trends and advancements in AI technology have further accelerated the adoption of AI in the construction industry. Around the world, construction firms are recognizing AI's ability to enhance productivity, lower costs, and improve project outcomes. Machine learning algorithms, for instance, can analyze vast amounts of project data to optimize scheduling, resource allocation, and risk management. In parallel, computer vision techniques facilitate real-time monitoring of site conditions, allowing for the automatic detection of potential safety hazards or quality issues (Taboada et al., 2023). Meanwhile, robotic process automation (RPA) is streamlining repetitive administrative tasks, freeing human resources to focus on more strategic decision-making. Countries like the United States, China, and Japan are leading these advancements, showcasing AI's transformative potential in construction. As these technologies become more integrated into construction processes globally, their adoption is expected to accelerate further, driving significant improvements in efficiency, safety, and overall project management.

Saudi Arabia, as a key player in the global construction industry, has demonstrated a strong commitment to the development and implementation of artificial intelligence technologies. The national vision emphasizes the importance of AI and other emerging technologies as crucial drivers for diversifying the economy beyond oil and gas. Saudi Arabia has set ambitious goals for AI adoption, not just as an economic growth enabler but as a means of enhancing productivity and efficiency across multiple sectors, including construction (Vision 2030 Annual Report, 2023). The integration of AI into the Saudi construction industry aligns with the broader objective of reducing reliance on oil revenues, making the country a regional leader in AI-powered innovation.

The construction industry plays a vital role in achieving the vision, which seeks to diversify the economy and stimulate new sources of revenue. Recognizing the potential of AI to transform construction processes, Vision 2030 identifies the adoption of artificial intelligence and emerging technologies as essential for driving growth and innovation in this sector (Saudi Vision 2030, 2023). The construction industry, as one of the pillars of the Saudi economy, stands to benefit greatly from AI-powered solutions in project planning, execution, and operations. For example, initiatives such as the Saudi Digital Academy for Artificial Intelligence are designed to foster the development and application of AI technologies, including those used in construction. By leveraging AI technologies and the existing infrastructure, such as the Saudi Authority for Data and Artificial Intelligence (SADAIA), construction firms in Saudi Arabia can enhance productivity, reduce costs, and improve project outcomes. (can we cite our first paper here?). However, like many countries, Saudi Arabia faces challenges in workforce training, regulatory frameworks, and technological infrastructure, which need to be addressed to fully realize the benefits of AI in the construction sector. As the country continues to invest in AI and related technologies, the construction industry has the potential to become a critical player in Saudi Arabia's broader economic transformation.

6. ASSUMED CHALLENGES IN USING AI IN THE SAUDI CONSTRUCTION INDUSTRY

While the potential benefits of adopting AI in the Saudi construction industry are substantial, the sector also faces various challenges that must be addressed to facilitate a successful and widespread implementation of these technologies. These challenges include the need for significant investment in infrastructure and training, the lack of technical expertise and digital skills among construction professionals, and concerns around data privacy and cybersecurity. Additionally, the industry's traditional resistance to change and the fragmented nature of construction projects can hinder the seamless integration of AI-powered solutions. Overcoming these obstacles through strategic planning, targeted upskilling initiatives, and robust data governance frameworks will be crucial for the construction industry in Saudi Arabia to fully harness the transformative potential of artificial intelligence.

6.1 Technical Challenges

The construction industry in Saudi Arabia faces remarkable technical challenges in adapting to change, especially as the country advances its modernization efforts under Vision 2030. This resistance largely arises from the sector's dependence on traditional methods, reluctance to embrace new technologies, and a cautious attitude toward innovation.

One of the primary challenges in the adoption of AI in the Saudi construction industry is the lack of technical expertise and digital skills among construction professionals (evidence from the survey?). Many construction firms in the country may lack the in-house capabilities to effectively integrate and utilize AI-powered technologies, which requires specialized knowledge and skills in areas such as data management, machine learning, and software development (survey evidence on the digital skills gap). Additionally, the fragmented nature of construction projects, with multiple stakeholders and contractors involved, can make it challenging to establish the necessary data infrastructure and ensure seamless data exchange and integration, which is a critical prerequisite for the successful deployment of AI-based solutions (Abioye et al., 2021).

Moreover, the integration of AI tools with existing project management systems can pose significant technical hurdles, as these systems may not be designed to seamlessly interface with more advanced AI technologies. This is because project management systems are often built on legacy platforms and architectures that were not developed with the integration of sophisticated AI capabilities in mind. Bridging the gap between these legacy systems and the requirements of AI-powered solutions can be a complex and resource-intensive process, requiring substantial investments in system upgrades, data migration, and software customization.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

(need reference here). Overcoming these technical challenges is crucial for construction firms to successfully leverage the full potential of AI technologies within their existing project management frameworks.

(Mahmood et al., 2023) "Including artificial intelligence is an essential involvement in managing projects as new technologies are arising and depending on old style tools and techniques will no longer work for new complex projects".

Many project management and operational systems in construction are built on legacy platforms that lack compatibility with modern AI technologies, making integration challenging. These systems often require extensive upgrades or customization to support AI, which is both costly and complex. **Weng. (2023)** "Organizations may be reluctant to adopt AI tools if they require significant changes to their current project management infrastructure or the abandonment of legacy systems. This can result in hesitance to embrace AI-driven project management solutions, even if they offer significant benefits in terms of efficiency and decision-making support". Data infrastructure, establishing a standardized data-sharing protocol is crucial for ensuring consistency and quality in data across multiple construction stakeholders. Unified data protocols can facilitate smooth AI implementation by enabling seamless data flow and integration.

The huge amount of data available will need to be interpreted and analyzed in order to help in making the decisions, therefore, artificial intelligence can be utilized as a tool for such a role. An example of using big data can be seen in the city of Calgary in Canada where they developed a PI System to gather updated information about the city water system to be able to monitor it and take preventive actions against flood (Muhammad Turki Alshurideh et al., 2022).

technology's capability to act by human judgment is questioned. Humans apply discrete language and descriptive terminology in diverse fields of practice. Experts of the discipline need to be trained in AI technology. Furthermore, cognitive flexibility and moral driven decision-making demand sophisticated AI structures, challenging contemporary implementation opportunities (Dwivedi et al., 2021).

Rapid pace of AI technology evolution is another challenge as well which is impacting the construction firms and the fast-paced development of AI technologies presents a challenge, as companies must continually adapt and update their systems to keep up. This dynamic environment can lead to high costs and require ongoing investment in newer solutions and employee training. **Weng. (2023)** "The rapidly evolving nature of AI technology means that organizations must be prepared to adjust their processes and strategies to keep pace with emerging trends and best practices. This ongoing process of adaptation can be resource-intensive and may require organizations to be agile and open to change"

The rapidly evolving nature of AI technology means that organizations must be prepared to adjust their processes and strategies to keep pace with emerging trends and best practices. This ongoing process of adaptation can be resource-intensive and may require organizations to be agile and open to change.

6.2 Regulatory and Legal Challenges (Ethical Consideration)

Another significant challenge is the need to address regulatory and data privacy concerns associated with the implementation of AI technologies in the construction industry. Construction projects often involve the collection and management of sensitive data related to project details, financial information, and client details, among others. Establishing robust data governance frameworks and ensuring compliance with relevant data protection regulations are crucial to mitigate the risks of data breaches and unauthorized access (reference here).

Ethical considerations, such as data privacy and potential bias in AI-based decisions, must be carefully addressed to build trust and acceptance among construction industry stakeholders. Construction firms should establish robust data governance frameworks and implement comprehensive data protection measures to safeguard sensitive project data, mitigating the risks of data breaches and unauthorized access.

Additionally, efforts should be made to identify and mitigate any inherent biases in the AI systems used, ensuring fair and unbiased decision-making processes. By proactively addressing these ethical concerns, construction companies can foster greater confidence and support from clients, regulators, and the wider industry, facilitating the successful and responsible adoption of AI-powered solutions within the sector.

As AI becomes integrated into construction, protecting sensitive project data and proprietary information from cyber threats is a growing challenge. AI systems often rely on vast amounts of data from various stakeholders, increasing exposure to potential breaches or data leaks. Cybersecurity concerns include safeguarding against unauthorized access, data manipulation, and hacking of interconnected systems, which can compromise both operational efficiency and safety. Additionally, construction firms may lack dedicated cybersecurity resources or expertise, making it difficult to secure AI systems against evolving threats. Building robust cybersecurity protocols, conducting regular vulnerability assessments, and investing in training for cybersecurity practices are essential to address these risks effectively.

Weng. (2023) "Project managers should also work closely with their IT departments and cybersecurity teams to establish best practices and guidelines for using AI tools like ChatGPT. Additionally, organizations should maintain transparency with their stakeholders about the use of AI and the measures taken to protect data privacy and security".

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

Individuals and organizations raise concerns over purpose and privacy in using their data (Sun & Medaglia, 2019). Some advocates, such as Elon Musk, advise strengthening the regulatory framework to preempt AI advancements 'before it is too late (The Guardian, 2017).

Saudi Arabia established a Data Protection Regulation which include, The Saudi Data and Artificial Intelligence Authority (SDAIA) overseeing data protection, and the country's "Personal Data Protection Law" (PDPL) aims to secure personal information. Effective as of 2022, PDPL governs data handling, particularly relevant to sensitive data in AI systems.

6.3 Economic Challenges

The implementation of AI-based technologies in the Saudi construction industry also faces significant economic challenges, particularly in terms of the substantial upfront investments required. Adopting AI-powered solutions often necessitates significant investments in advanced hardware, software, and data infrastructure, as well as the training and upskilling of the workforce to ensure effective utilization of these technologies (Abioye et al., 2021) (Regona et al., 2022).

For many construction firms, particularly smaller-scale and medium-sized enterprises, the high costs associated with AI implementation can be a significant barrier, as they may not have the financial resources or access to capital required to make these investments. Additionally, the uncertain return on investment and the potential disruption to existing business models and workflows can make construction companies hesitant to commit to large-scale AI initiatives, further hindering the widespread adoption of these transformative technologies.

Khayyat M. & Alshaikhi A. (2021). "Adoption and implementation of AI are not so easy to develop due to expensive operation costs and equipment". Smaller firms often struggle with securing venture capital or loans specifically for tech innovations, as these are seen as higher-risk investments.

Dwivedi et al. (2021) present three significant determinants of AI success in organizations: ease of use, financial return on investment, and trust.

Quantifying the ROI of AI solutions can be difficult, especially in the construction industry, where long-term benefits might be harder to measure. Measuring the return on investment for AI in construction can be challenging, as many benefits—like improved project efficiency or safety—are long-term and difficult to quantify immediately. (Bughin et al., 2018). "AI's significant economic challenges to organizations and institutions address the required investments for technology and changes in contemporary working practices. Studies in the healthcare industry show that competitive pressures to adopt AI technology raise the financial burden of companies so that prices are rolled off to consumers" Maintaining AI systems requires frequent software updates, data maintenance, and skilled technicians, adding ongoing costs to initial investment. These expenses may be significant, especially as AI systems grow more complex.

6.4 Social Challenges

Alongside the technical, regulatory, and economic hurdles, the integration of AI-powered solutions in the Saudi construction industry also faces significant social challenges. One of the key concerns is the potential impact of AI on the construction workforce, as the implementation of automated and AI-driven processes may lead to job displacement and changes in skill requirements. Construction workers may feel threatened by the adoption of AI technologies, fearing the loss of traditional job roles and the need to acquire new digital skills. This fear leads to resistance to change and a reluctance to embrace AI-powered solutions, making it challenging for construction firms to gain widespread benefit, acceptance and support for these technologies (Abioye et al., 2021).

Furthermore, (Areef et al., 2021) resistance to change and the fragmented nature of construction projects can hinder the seamless integration of AI-powered solutions. Also, change sometimes is perceived as a threat to existing power structures and established workflows, leading to resistance from various management levels and stakeholders within the industry.

Cultural Resistance to AI, Some workers in construction may perceive AI as incompatible with traditional practices, leading to resistance. Overcoming this requires awareness programs that show how AI can complement rather than replace their roles. Older workers in the construction industry may be more resistant to adopting AI than younger employees, potentially affecting acceptance and requiring tailored change management strategies. **Weng. (2023)** "As AI-powered tools become more adept at performing tasks that were once exclusive to human project managers, there is a growing concern about job displacement and the potential devaluation of human expertise. This shift could lead to a reduction in the need for human project managers, raising questions about the ethical implications of adopting AI in project management and the responsibility organizations must ensure a just transition for their workforce. Furthermore, the potential loss of job opportunities may exacerbate social and economic inequalities, placing increased pressure on organizations to find ways to retrain and reskill affected employees".

In addition to the challenges caused by potential unemployment, some researchers predict the exclusive interaction between machines and humans through automation and robotization to cause mental disorders and other psychiatric issues (Ashrafiyan, 2017; Wright & Schultz, 2018). Additionally, automated vehicles may pose the threat of causing physical harm (Barocas & Selbst, 2016; Calo, 2014).

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

7. ASSUMED SOLUTIONS

Addressing the challenges in the adoption of AI in the Saudi construction industry requires a comprehensive and collaborative approach. Overcoming the technical, regulatory, economic, and social hurdles is crucial to unlocking the full potential of AI-powered solutions within the sector. Construction firms, industry associations, government entities, and technology providers must work together to develop robust strategies and policies that foster the responsible and effective integration of AI technologies. By proactively addressing these challenges, the construction industry in Saudi Arabia can enhance its competitiveness, improve project efficiency, and drive sustainable growth, ultimately positioning the sector for long-term success in the era of digital transformation. Some proposed solutions to the challenges include:

7.1 Technical Solutions

Investments in research and development for AI tailored to the Saudi construction sector to develop standardized frameworks and guidelines for the integration of AI technologies with existing project management systems, ensuring seamless interoperability and data compatibility. Collaboration with international AI firms and technology providers to leverage their expertise and facilitate technology transfer, enabling the localization of AI solutions to address the unique requirements of the Saudi construction industry. Establishment of industry-wide AI centers of excellence or innovation hubs to foster knowledge sharing, skills development, and the co-creation of AI-powered solutions, addressing the specific needs of construction firms in Saudi Arabia.

Establishment of dedicated AI innovation hubs and centers of excellence to facilitate knowledge sharing, best practice dissemination, and collaborative solution development among construction firms, technology providers, and academic institutions.

Khayyat M. & Alshaikhi A. (2021) "It has been shown that solutions based on AI can help overcome the many restrictions that relate to this type of construction management. For example, machine learning algorithms are used in order to intelligently learn from the vast amount of data that has been acquired for the purpose of uncovering previously unknown information. To facilitate automatic data analysis and decision making, these algorithms are also included into software that is used for project management.

This is made possible by the fact that the insights are obtained from such advanced analytics. For the purpose of construction-site monitoring, drones and sensors are utilized to autonomously gather data and take pictures and videos regarding the construction status, environment, and progress. This is done with the intention of offering a broader overview of the construction location throughout every phase of the project without the involvement of human intervention. This is done to achieve the goal of providing a more comprehensive picture of the site. Evidence gathered by such methods can serve as a suitable substitute for the customary manual observation, which is typically laborious, time-consuming, and prone to making mistakes".

7.2 Regulatory and Legal Solutions (Ethical Consideration)

Development of clear and comprehensive regulatory frameworks to govern the use of AI in the construction industry, addressing issues such as data privacy, algorithmic bias, and liability allocation. Collaboration between construction firms, industry associations, and government entities to define ethical guidelines and standards for the responsible deployment of AI-powered technologies, ensuring transparency, accountability, and compliance with relevant regulations.

Enhancing data protection laws specific to construction projects to safeguard sensitive information and mitigate the risks of data breaches and unauthorized access, fosters greater trust in the adoption of AI-driven solutions.

Ethical AI Standards, Developing ethical AI standards is essential to mitigate risks like biased decision-making or unfair resource allocation. These standards could help ensure transparency, fairness, and accountability, enhancing trust among stakeholders. Various aspects highlight the ethical criticality in AI. First, intelligent agents may exhibit discrimination caused by biases in programming or data input. Second, many AI algorithms cannot reason upon their outputs. Third, the long-term impacts of the technology are yet polarizing. Hence, the current regulatory framework is advocated to swiftly adapt to current AI challenges (Duan et al., 2019; Dwivedi et al., 2021).

Furthermore, UAE and the United States government had created 26 procedures for AI application in organizations (Allagui & Al-Najjar, 2018).

7.3 Economic Solutions

Provision of financial incentives, subsidies, or tax credits to construction firms, particularly smaller and medium-sized enterprises, to offset the initial costs of AI implementation and encourage widespread adoption.

Government incentives, grants, or tax credits can help offset AI adoption costs and support workforce training, encouraging more widespread AI integration in the construction sector.

Partnerships between the government and private sector can provide financial and technical support for SMEs, enabling them to adopt AI through pilot projects or initial implementations. (Bughin et al., 2018) "AI's significant economic challenges to organizations and institutions address the required investments for technology and changes in contemporary working practices. Studies in the healthcare industry show that competitive pressures to adopt AI technology raise the financial burden of companies so that prices are rolled off to consumers"

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

7.4 Social Solutions

To address the social challenges, construction firms, educational institutions, and workforce development agencies should collaborate to design and implement comprehensive upskilling and reskilling programs. These programs would equip construction workers with the necessary digital skills and competencies to effectively utilize and collaborate with AI-powered technologies, ensuring a smooth transition and mitigating the risk of job displacement.

Furthermore, construction industry associations and government entities should spearhead awareness campaigns and change management initiatives to address the cultural resistance to AI adoption, highlighting the benefits and opportunities these technologies can bring to the industry.

By addressing the technical, regulatory, economic, and social challenges through a coordinated and collaborative approach, the construction industry in Saudi Arabia can pave the way for the widespread adoption of AI technologies, ultimately enhancing its competitiveness, improving project outcomes, and driving sustainable growth within the sector (Abioye et al., 2021) (Datta et al., 2024) (Areef et al., 2021).

Awareness campaigns should include real case studies that highlight AI's positive impacts on safety, efficiency, and quality. These examples can reduce worker resistance by demonstrating tangible benefits.

Researchers foresee that AI will outperform 50% of human tasks by 2050 (Grace et al.,

2018). The substantial erosion of jobs (Ford, 2013; Pueyo, 2018) could potentially cause increased divergence in social welfare (Eubanks, 2018) since AI is to replace rather lower-paid repetitive jobs (Huang et al., 2019). Then again, other researchers claim AI will create jobs where humans will 'climb up the value chain' to the point where they complement AI (Jarrahi, 2018) or work on AI implementation (Dwivedi et al., 2021).

8. CASE STUDY SCENARIOS

To illustrate the transformative potential and real-world applications of AI in the Saudi construction industry, the following case studies provide a comprehensive overview of how leading construction firms in the region have successfully integrated AI-powered solutions to address a wide range of operational challenges, enhance overall project efficiency, and drive innovation within the sector. These case studies showcase the diverse ways in which AI technologies are being leveraged to optimize construction processes, improve safety, streamline supply chain management, and enable more efficient project planning and scheduling, ultimately positioning the Saudi construction industry for long-term success in the era of digital transformation.

8.1 First Case Study: AI-Powered Project Planning and Scheduling

Based on the case study "The Use of Advanced Computer-Based Management Systems by Large Combines for Managing Remote Construction Projects" (Sidawi & Al-Sudairi, 2014). AI-driven solutions were used by a large construction company to enhance the management of **remote construction projects**, inspired by computer-based systems like those described in the case study. The company faces the challenge of overseeing multiple construction sites located in isolated areas, where material procurement, resource allocation, and communication are hindered by the distance between sites and headquarters. To address these issues, the company integrates an AI-powered **Building Information Modeling (BIM)** platform combined with **machine learning algorithms** to optimize resource scheduling and automate logistical decisions.

8.1.1 AI Implementation

The AI system analyzes data from the remote construction sites, such as material stock levels, labor availability, and transportation schedules. It predicts potential shortages and automatically suggests optimal procurement timelines and alternative supply routes. The system also monitors real-time weather conditions to forecast delays and proposes adjusted project timelines. Additionally, an AI-based **decision support system** automates routine project management tasks, such as updating schedules and processing material orders, thereby reducing the need for manual intervention.

8.1.2 Challenges Faced

During the initial deployment of the AI system, several challenges arise. One major issue is the difficulty in integrating the AI system with the company's legacy project management tools, leading to inefficiencies in data synchronization. Another challenge is the skepticism among project managers and site supervisors, many of whom resist the adoption of new AI technology due to concerns about job security and a lack of familiarity with advanced systems. Furthermore, the remote locations of the sites suffer from unreliable internet connectivity, which limits the AI system's ability to collect real-time data, resulting in inaccurate forecasts and delays in material procurement.

8.1.3 How Challenges Were Addressed

To overcome these challenges, the company partnered with specialized consultants to customize the AI platform for seamless integration with existing tools. A phased rollout approach allowed the project teams to adapt to the system gradually, while dedicated training programs were implemented to familiarize employees with AI-driven processes and address concerns about job

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

displacement. To resolve connectivity issues, the company invested in satellite-based communication systems and installed IoT sensors at the remote sites to ensure a steady flow of real-time data.

8.1.4 Outcomes

Following these adjustments, the AI system significantly improved the efficiency of remote project management. Material shortages were reduced by 25% due to the system's accurate predictions, and overall project timelines were shortened by 15% as the AI platform optimized scheduling and automated routine tasks. The improved communication infrastructure facilitated seamless data sharing between the remote sites and headquarters, resulting in more proactive decision-making and reduced downtime due to weather-related disruptions.

8.2 Second Case Study: AI-Enabled Safety Monitoring

in this study conducted by (Alateeq et al., 2023) titled "Construction Site Hazards Identification Using Deep Learning and Computer Vision". A Saudi construction company implements AI technologies to enhance **hazard identification** on its construction sites, utilizing computer vision and deep learning techniques similar to the ones described in the case study. The company deploys AI models, such as the **YOLO-v5 deep learning model**, to automatically detect and monitor potential hazards in real-time by analyzing CCTV footage from multiple sites. These models are trained to recognize construction workers, heavy equipment, and personal protective equipment (PPE), and to identify dangerous situations based on environmental factors like weather conditions.

8.2.1 AI Implementation

The AI-powered system continuously scans the construction sites using CCTV cameras and automatically detects whether workers are wearing the required safety gear (e.g., hard hats and reflective vests) and whether they are operating within safe distances from heavy machinery. The system also integrates weather data via an API to detect hazardous conditions like high winds or extreme temperatures, which could increase the risk of accidents during construction.

8.2.2 Challenges Faced

The initial deployment of the AI system encounters some challenges, particularly in terms of the accuracy of hazard detection in real-time. The model sometimes struggles to detect small objects like safety helmets, especially when workers are far from the camera or obscured by construction materials. Another challenge is ensuring the robustness of the AI system in extreme weather conditions, as fluctuating lighting and environmental factors affect the clarity of the camera footage. Additionally, some workers initially resist the implementation of this technology, expressing concerns about constant surveillance and privacy.

8.2.3 How Challenges Were Addressed

To improve the accuracy of hazard detection, the company enhances the training datasets with additional images captured under varying conditions, including different weather scenarios and angles of visibility. The AI system's ability to recognize small objects is improved by incorporating advanced object detection techniques. The company also addresses the workers' concerns about privacy by ensuring that the AI is only used to monitor safety compliance and that personal data is protected.

8.2.4 Outcomes

With these adjustments, the AI system successfully identifies hazards in real-time with high precision, reducing the number of accidents on-site. The safety compliance rate improves, and the AI system generates timely alerts that allow safety officers to intervene before incidents occur. Overall, the implementation of AI not only enhances the company's safety protocols but also leads to a more efficient workflow by automating many aspects of safety monitoring.

8.3 Third Case Study: AI application at Neom

(Hassan, 2020) used Saudi Arabia's ambitious Neom project as a case study to explore the integration of AI into **economic diversification efforts**. Neom, a futuristic city being built in the northwestern region of Saudi Arabia, aims to be a hub for technological innovation, with AI at the core of its operations. The project is designed to reduce Saudi Arabia's reliance on oil revenues, with AI technologies playing a key role in achieving this diversification by driving efficiency and innovation across multiple sectors, including construction, energy, and transportation.

8.3.1 AI Implementation

At the heart of Neom's construction process is the integration of **AI and advanced robotics** to manage various aspects of project planning and execution. AI systems are used to optimize resource allocation, monitor construction sites in real time, and ensure that sustainability targets are met. The AI models analyze vast amounts of data from drones and IoT devices installed across the construction site to predict potential project delays, optimize logistics, and reduce energy consumption. In addition, the use of **AI-driven simulations** allows planners to test different urban layouts and infrastructure designs before any physical work begins.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

8.3.2 Challenges Faced

One of the initial challenges in integrating AI into Neom's construction process was the complexity of managing and processing the massive amounts of data generated by the city's vast network of sensors and connected devices. The AI system had to be fine-tuned to handle both the volume and variety of data streams, ranging from weather patterns to real-time traffic updates. Another challenge was ensuring that the AI systems were aligned with the ambitious sustainability goals of the project, as AI-driven construction tools required significant energy to function, sometimes contradicting the city's green objectives.

8.3.3 How Challenges Were Addressed

To overcome these challenges, Neom's planners partnered with leading AI companies and research institutions to develop specialized AI models capable of handling complex urban data. The project also invested in renewable energy sources, such as solar and wind power, to offset the energy demands of its AI systems. Additionally, a modular approach to AI implementation was adopted, allowing the systems to be gradually integrated and tested across different aspects of the project, ensuring flexibility and minimizing disruptions to the overall timeline.

8.3.4 Outcomes

As a result of AI integration, Neom achieved **significant improvements in construction efficiency**. AI systems reduced project delays by 30% through better resource management and automated scheduling, while real-time monitoring enhanced safety across the construction sites. Furthermore, AI-driven sustainability tools helped reduce the overall carbon footprint of the project by optimizing energy usage and waste management processes. The successful implementation of AI in Neom not only demonstrated its potential to transform construction projects but also underscored Saudi Arabia's commitment to becoming a global leader in technological innovation as part of its Vision 2030 plan.

8.4 Fourth Case Study: Visual Pollution Management

In this study conducted by (Algallf, et al, 2024) a Saudi municipality undertakes an initiative in cooperation with SAADIA to utilize AI technology for monitoring and reducing **visual pollution** across its urban areas. Inspired by the systems described in the study, the municipality integrates **machine learning** and **big data analytics** into its urban management strategies to detect and mitigate the effects of visual pollution, which includes illegal advertising, graffiti, and poorly maintained signage.

8.4.1 AI Implementation

The AI system, using a combination of **deep learning** and **computer vision**, analyzes images captured from dash cams and citizen-reported cases through mobile applications such as "Baladi Lens." The system automatically detects instances of visual pollution and classifies them based on severity, enabling authorities to prioritize and address the most pressing cases first. It also tracks trends in visual pollution, allowing the municipality to allocate resources more effectively by focusing on areas with higher incident rates.

8.4.2 Challenges Faced

One of the primary challenges in implementing the AI system was ensuring its accuracy in identifying visual pollution in different environmental conditions, such as low light or in areas with high levels of visual clutter. Another challenge involved integrating AI with the municipality's existing data management platforms, which required adjustments to handle the large influx of real-time data generated by dash cams and citizen reports. There were also concerns among some municipal workers regarding the potential impact of AI on their roles and responsibilities, as some feared job displacement due to automation.

8.4.3 How Challenges Were Addressed

To improve the accuracy of pollution detection, the AI model was trained on a diverse set of images representing various lighting conditions and environmental factors. Additionally, the municipality upgraded its data infrastructure to handle the increased data flow, ensuring that the AI system could process information in real time. To address concerns about job displacement, the municipality introduced AI training programs to help workers transition into more supervisory and analytical roles, where they could oversee AI operations and focus on tasks that require human judgment.

8.4.4 Outcomes

The AI-driven system significantly increased the municipality's efficiency in handling visual pollution. Detection accuracy improved by 25%, while response times to citizen reports decreased by 30%. The initiative led to a 40% reduction in overall cases of visual pollution, as the municipality could now identify and address issues more proactively. Additionally, the AI system provided valuable data insights, helping the municipality predict future trends and allocate resources more effectively, further enhancing the city's efforts to maintain a cleaner, more visually appealing environment.

8.5 Fifth Case Study: AI Adoption in King Salman Energy Park "SPARK"

The King Salman Energy Park in Saudi Arabia is another example of the integration of AI technologies in the construction industry. This mega-project, which aims to become a global energy hub, has incorporated AI-powered systems to optimize various aspects of

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

construction and operations. For instance, the project utilizes AI-driven building information modeling to streamline the design and planning process, enabling more efficient collaboration among project stakeholders. Additionally, the use of AI-powered autonomous vehicles and robotics on the construction site has improved site safety and productivity. It offers infrastructure that can support the adoption of advanced AI technologies in the construction industry, which highlights the growing momentum towards embracing AI-driven solutions in the Saudi construction sector.

9. SURVEY FINDINGS AND DISCUSSION

In this study, we conducted a comprehensive survey to gather insights into the adoption of artificial intelligence (AI) in the construction industry in Saudi Arabia. The survey, which received 60 responses from professionals across various sectors within the industry, aimed to identify key challenges and potential solutions related to AI implementation. The questions covered a broad spectrum of aspects, including technical, regulatory, economic, and social challenges, as well as the perceived benefits and practical applications of AI. The findings offer valuable perspectives that both confirm and challenge the assumptions made in our study, providing a foundation for targeted strategies to enhance AI adoption in the construction sector.

9.1 Technical Challenges

The survey findings confirm that technical challenges are among the primary obstacles to AI adoption in the Saudi construction industry. Respondents frequently highlighted integration difficulties, particularly in ensuring compatibility between AI systems and existing tools such as Building Information Modeling (BIM). Additionally, data quality emerged as a critical issue, as incomplete or unreliable data can hinder AI's effectiveness in delivering accurate insights. These findings strongly align with the assumptions made, emphasizing that seamless AI integration and data management enhancements are essential. Addressing these challenges requires developing robust, adaptable AI solutions capable of working with legacy systems while improving data accuracy and accessibility.

9.2 Regulatory and Legal Challenges

Regulatory and legal issues pose significant barriers to AI adoption in the construction industry, as confirmed by the survey responses. Many participants pointed to unclear regulations and insufficient compliance standards as key challenges that slow down AI integration. Data privacy and ethical considerations also featured prominently among respondents' concerns. This aligns well with the assumptions made in the paper regarding the need for comprehensive regulatory frameworks and transparent legal protocols. To foster broader adoption of AI, it is crucial to establish clear guidelines that address these regulatory challenges while safeguarding data security and ethical use.

9.3 Economic Challenges

Economic constraints were consistently highlighted by survey participants as major obstacles to AI adoption. Respondents cited high implementation costs, difficulties in demonstrating return on investment (ROI), and a shortage of skilled talent as significant barriers. These findings validate the assumptions that economic factors, including cost concerns and limited access to expertise, are hindering the adoption of AI in construction projects. To overcome these barriers, strategies such as financial incentives, cost-effective AI solutions, and investment in AI-related education and training programs are necessary to make AI adoption more accessible and beneficial for the construction industry.

9.4 Social Challenges

Social factors also play a critical role in limiting AI adoption, as indicated by the survey findings. Resistance to change, particularly among project managers and construction workers, was a common theme, driven by concerns about job displacement and unfamiliarity with AI technologies. The survey responses mirror the assumption that social challenges, including workforce adaptation and cultural resistance, pose significant barriers. To address these issues, it is essential to invest in awareness campaigns that communicate the benefits of AI, offer training programs to upskill the workforce, and implement change management strategies that foster a positive outlook on AI-driven innovation.

10. CONCLUSION

This study has explored the integration of Artificial Intelligence (AI) within the Saudi construction industry, outlining key assumptions about its challenges and opportunities. The assumptions included technical barriers, such as data quality and integration issues, regulatory challenges related to unclear guidelines and compliance, economic concerns surrounding high costs and limited ROI, and social obstacles like resistance to change and workforce adaptation. Hypothetical scenarios and survey findings highlighted how these challenges manifest in practice and illustrated potential solutions.

The potential of AI to revolutionize the Saudi construction industry is immense. AI-driven technologies can optimize resource allocation, improve project planning and execution, enhance safety through real-time monitoring, and ultimately reduce costs and delays. These benefits align with Saudi Arabia's Vision 2030 goals of economic diversification and technological innovation.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

However, realizing this potential requires overcoming significant barriers through tailored regulatory frameworks, cost-effective solutions, robust data management practices, and proactive change management strategies to foster workforce acceptance and readiness.

While this paper has presented hypothetical findings based on assumptions and survey insights, further research is necessary to validate these assumptions and explore practical AI implementation strategies. Collaboration between industry stakeholders, policymakers, and technology providers will be essential to unlocking AI's full capabilities and ensuring its effective integration into Saudi Arabia's construction sector. By addressing these challenges, industry can pave the way for a smarter, more efficient, and innovative-driven future.

REFERENCES

- 1) Abdullah, R., & Fakieh, B. (2020, March 13). Health care employees' perceptions of the use of artificial intelligence applications: Survey study. *JMIR Publications*, 22(5), e17620-e17620. <https://doi.org/10.2196/17620>
- 2) Abioye, S., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J. M. D., Bilal, M., Akinadé, O. O., & Ahmed, A. (2021, October 6). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Elsevier BV*, 44, 103299-103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobec.2021.103299>
- 3) Alateeq, M. M., P., F. R. P., & Ali, M. A. S. (2023, January 28). Construction site hazards identification using deep learning and computer vision. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 15(3), 2358-2358. <https://doi.org/10.3390/su15032358>
- 4) Altaie, M. R., & Dishar, M. M. (2024). Integration of artificial intelligence applications and knowledge management processes for construction projects management. *Civil Engineering Journal*, 10(3). <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-03-06>
- 5) Areef, S., Amouri, L., El-Haggar, N., & Moneer, A. (2021, January 1). Exploring the socio-economic implications of artificial intelligence from higher education student's perspective. *Science and Information Organization*, 12(6). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120641>
- 6) Datta, S. D., Islam, M., Sobuz, M. H. R., Ahmed, S., & Kar, M. K. (2024, February 1). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review. *Elsevier BV*, e26888-e26888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26888>
- 7) Hassan, O. (2020, January 1). Artificial intelligence, Neom and Saudi Arabia's economic diversification from oil and gas. *Wiley*, 91(1), 222-227. <https://doi.org/10.1111/1467-923x.12794>
- 8) Khayyat, M., & Alshaikh, A. (2021). An investigation into the impact of artificial intelligence on the future of project management. *ResearchGate*.
- 9) Krishnan, S., & Krishnan, L. R. K. (2024). Impact of artificial intelligence on project delivery and implementation. *Vellore Institute of Technology*.
- 10) Mahmood, A., Al Marzooqi, A., El Khatib, M., & AlAmeemi, H. (2023). How artificial intelligence can leverage project management information system (PMIS) and data-driven decision-making in project management. *International Journal of Business Analytics and Security (IJBAS)*.
- 11) Merdžanović, I., Vukomanović, M., & Ivandić Vidović, D. (2023). A comprehensive literature review of research trends of applying AI to construction project management. *6th IPMA SENET Project Management Conference*.
- 12) Naggar, M., Alharbi, Z. A., Alanazi, A. M., Alsaiani, S. O., Alhemaidani, A. M., Alanazi, S. F., & Alanazi, M. M. (2023, August 2). Assessment of the perception and worries of Saudi healthcare providers about the application of artificial intelligence in Saudi health facilities. *Cureus, Inc.* <https://doi.org/10.7759/cureus.42858>
- 13) Phaladi, M. G., Mashwama, X. N., Thwala, W. D., & Aigbavboa, C. O. (2022). A theoretical assessment on the implementation of artificial intelligence (AI) for an improved learning curve on construction in South Africa. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1218(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1218/1/012003>
- 14) Regona, M., Yiğitcanlar, T., Xia, B., & Li, R. Y. M. (2022, March 1). Opportunities and adoption challenges of AI in the construction industry: A PRISMA review. *Springer Science+Business Media*, 8(1), 45-45. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010045>
- 15) Saudi Vision 2030. (2023, January 1). <https://www.vision2030.gov.sa/en/vision-2030/overview>
- 16) Sidawi, B., & Al-Sudairi, A. A. (2014, January 1). The use of advanced computer-based management systems by large Saudi companies for managing remote construction projects. *Elsevier BV*, 77, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.013>
- 17) Taboada, I., Daneshpajouh, A., Toledo, N., & Vass, T. (2023, April 17). Artificial intelligence enabled project management: A systematic literature review.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

- 18) Vision 2030 Annual Report. (2023, May 2). https://annualreport.vision2030.gov.sa/?id=homepage_i18n_ar&type=page&slug=/&locale=ar
- 19) Weng, J. (2023). Putting intellectual robots to work - Implementing generative AI tools in project management.
- 20) Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big data, data science, and artificial intelligence for project management in the architecture, engineering, and construction industry: A systematic review. *Buildings*, 13(12), 2944. <https://doi.org/10.3390/buildings13122944>
- 21) الفلاف, رائد و الصائغ, رباب و عجمي, إسماعيل و الففل, ماجد. الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات. *المجلة العلمية للتجارة والتمويل*, المجلد 44, 1-29. "دراسة حالة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة".

المجلة العلمية للتجارة والتمويل
<https://caf.journals.ekb.eg>



الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات

والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة"

رائد القلاف^a رباب الصائغ^a اسماعيل عجمي^a ماجد الفلفل^a

^aكلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

تاريخ النشر الالكتروني: سبتمبر 2024

للتأصيل المرجعي: القلاف ، رائد، الصائغ، رباب ،عجمي، اسماعيل الفلفل، ماجد. الاستفادة من الذكاء

الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التشوه البصري في

أمانة مدينة جدة"، **المجلة العلمية للتجارة والتمويل**، المجلد ٤٤ (3) .

المعرف الرقمي: 10.21608/caf.2024.379091

للتواصل مع المؤلف:¹

الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة"

رائد القلاف

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

رباب الصائغ

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

اسماعيل عجمي

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

ماجد الفلفل

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات.

تاريخ المادة

تم استلامه في 9 يوليو 2024 ، وتم قبوله في 8 أغسطس 2024، وهو متاح على الإنترنت سبتمبر 2024

ملخص البحث:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى استكشاف إمكانيات استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لإحداث ثورة في إدارة المشاريع، مع التركيز على تطبيقها في رصد ومعالجة التشوه البصري في مدينة جدة. من خلال استكشاف كيفية مساهمة الذكاء الاصطناعي في تطوير المدن الذكية، تسلط هذه الدراسة الضوء على جهود أمانة مدينة جدة لتحسين البنية التحتية، وتعزيز الخدمات، وتعزيز مكانتها كمدينة مستدامة وذكية تستجيب بفعالية لاحتياجات سكانها وتحديات المستقبل. تستعرض الورقة مصادر التشوه البصري في مدينة جدة وتقيم طرق رصدها ومعالجتها. تقدم الدراسة رؤى مفصلة حول التحديات والفرص المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي لإدارة التشوه البصري. تكشف الدراسة عن كيفية التعامل مع بيانات التشوه البصري عادةً من خلال الإدخال اليدوي والتحليل باستخدام أدوات مثل برنامج إكسل، وسجلات البيانات Data Records وتعلم الآلة Machine Learning وتحليل البيانات الضخمة Big data analysis.

تم استخدام منصات وتطبيقات حكومية رئيسية، مثل منصة "ممثل" لإدارة الرقابة البلدية وتطبيق "بلدي لنس" الذي يستخدم الهواتف المحمولة ككاميرات داش كام، لتمكين دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المدن. ساعدت هذه الأدوات البلديات في تحديد ومعالجة التشوهات البصرية، مما أدى إلى تحسين المشهد الحضري. على سبيل المثال،

ساهم استخدام تطبيق "بلدي لنس" في زيادة دقة رصد التشوه البصري بنسبة 25% وتقليل وقت الاستجابة للشكاوى بنسبة 30%.

على الرغم من التحديات مثل دقة رصد الانتهاكات، وعمليات التحقق، والأتمتة الكاملة، والقيود الزمنية، فقد أثبتت التطبيقات الحالية للذكاء الاصطناعي فعاليتها. على سبيل المثال، تم تحقيق تقليل بنسبة 40% في حالات التشوه البصري خلال فترة الدراسة، وارتفعت معدلات الرصد وتغطية المناطق المستهدفة بنسبة 93%، وهذا يبرز الحاجة إلى دمج حلول الذكاء الاصطناعي في تخطيط المدن الذكية وإدارة التشوه البصري لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة. تقدم هذه الدراسة رؤى قيمة للباحثين وصناع القرار في البلديات والجهات ذات العلاقة الذين يسعون لتحسين جودة المشهد الحضري والتصميم في المدن الذكية، مع استخدام مدينة جدة كدراسة حالة.

Abstract:

This research paper investigates the potential of artificial intelligence (AI) technologies to revolutionize project management, with a focus on their application in monitoring and addressing visual pollution in Jeddah City. By exploring how AI can contribute to the development of smart cities, this study highlights Jeddah City's Municipality efforts to improve infrastructure, enhance services, and bolster its status as a sustainable and responsive smart city. The paper reviews sources of visual pollution in Jeddah and evaluates methods for detection, monitoring, and solving.

The study presents detailed insights into the challenges and opportunities associated with leveraging AI for visual pollution management. It reveals how visual pollution data is typically handled through manual input and analysis using tools like Microsoft Excel, alongside advanced Machine Learning and Big Data Analytics techniques to uncover hidden patterns within historical data trends.

Key government platforms and applications, such as the "Mumathil" platform for municipal oversight and the "Baladi Lens" application, which uses mobile devices as dashcams, have been employed to enable AI integration in urban management. The use of the "Baladi Lens" application for instance, has increased the accuracy of visual pollution detection by 25% and reduced response time to complaints by 30%.

Despite challenges such as accuracy in monitoring violations, verification processes, full automation, and time constraints, the currently implemented AI applications have proven effective. A 40% reduction in visual pollution cases and a 93% increase in detection rates and coverage of targeted areas were achieved during the study period. This underscores the need to integrate AI solutions into smart city planning and visual pollution management for sustainable urban development. This research offers valuable insights for researchers and decision-makers in municipalities and related authorities aiming to improve visual quality and urban design for smart cities, using Jeddah as a case study.

الكلمات المفتاحية:

الذكاء الصناعي، تعلم الآلة (Machine Learning); تحليل البيانات الضخمة (Big data analysis);

إدارة التشوه البصري; المدن الذكية; التنمية الحضرية; أمانة مدينة جدة

1. المقدمة:

في العقود الأخيرة، شهد العالم تطورات مذهلة وجديدة في مجال الذكاء الاصطناعي لتحسين الحياة اليومية وتعزيز كفاءة العمليات في مختلف القطاعات. الذكاء الاصطناعي، بتقنياته المتقدمة وقدراته الفريدة، بات يمثل حجر الزاوية في مسيرة تطوير المدن الذكية، حيث يساهم في تحسين البنية التحتية، إدارة الموارد والمرافق بكفاءة، تعزيز الأمن العام، وتحسين جودة الخدمات المقدمة للسكان. هذه التحولات تعد ضرورية لمواجهة التحديات العمرانية والبيئية والاجتماعية التي تواجهها المدن المتنامية بشكل متسارع.

أدى ظهور الذكاء الاصطناعي والتقنيات ذات الصلة منذ عام 2019 إلى تقديم حلول مبتكرة في مجالات الاستدامة البيئية، والتغير المناخي، وتطوير المدن الذكية. وقد مكّن الذكاء الاصطناعي من تحليل البيانات الضخمة الناتجة عن أجهزة إنترنت الأشياء في المدن الذكية، مثل أجهزة الاستشعار والكاميرات، التي تجمع بيانات مستمرة عن جودة الهواء، حركة المرور، واستهلاك الطاقة. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم هذه الأجهزة للكشف عن التشوهات البصري من خلال جمع صور وفيديوهات لمظاهر التشوه البصري في المدينة. هذه البيانات تعزز عملية صنع القرار من خلال توفير معلومات دقيقة في الوقت الفعلي، وتتيح تفاعلاً فعالاً بين البشر والآلات في أنظمة الحوسبة والذكاء المتطورة، مما يساهم في تحسين إدارة التشوه البصري وتحقيق التنمية الحضرية المستدامة. (Bibri et al., 2023)

يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً حاسماً في تعزيز النمو البيئي من خلال تمكين المباني الذكية وأنظمة النقل الذكية وإدارة المدينة الفعالة، وبالتالي تعزيز الفعالية وتبسيط استخدام الموارد. إن دمج الذكاء الاصطناعي في أطر المدن الذكية يعزز التنمية الاقتصادية ويعزز مستويات المعيشة ويسهل الإشراف المستدام على الأصول الطبيعية من خلال التوافق بين أنظمة الرصد ورؤية النمو البيئي.

حديثاً تم إطلاق مبادرة جودة الحياة كجزء من رؤية المملكة 2030، ويتم توظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي لتحسين مستويات معيشة السكان من خلال زيادة المشاركة في الفعاليات الاجتماعية والثقافية. هذه المبادرة تسعى جاهدة لوضع المدن السعودية بين أكثر المدن الصالحة للسكن على مستوى العالم، مع التركيز على جميع السكان داخل المملكة العربية السعودية. مدينة جدة، باعتبارها واحدة من أبرز المدن في المملكة العربية السعودية وبوابة الحرمين الشريفين، تقف على أعتاب فرصة ذهبية للتحويل إلى مدينة ذكية رائدة من خلال استغلال الذكاء الاصطناعي. هذا البحث يستهدف استكشاف كيف يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تساهم في تطوير مدينة جدة، ليس فقط لتحسين البنية التحتية والخدمات، ولكن أيضاً لتعزيز مكانتها كمدينة مستدامة وذكية تستجيب لاحتياجات سكانها ومواجهة التحديات المستقبلية بفعالية.

من خلال تحليل متعمق للفرص التي يقدمها الذكاء الاصطناعي والتحديات التي قد تواجه تطبيقه في سياق مدينة جدة، يهدف هذا البحث إلى تقديم رؤى قيمة وتوصيات عملية تساعد في رسم مسار التطوير الذكي للمدينة. سيتم

ذلك من خلال استعراض تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات مختلفة مثل إدارة المرور والنقل، الإدارة الذكية للموارد، الرعاية الصحية، والأمن العام، مع التركيز على دراسات حالة مبادرات ناجحة من مدن أخرى حول العالم. بالنظر إلى الطموح الكبير للمملكة العربية السعودية في رؤية 2030 والدور الهام الذي تلعبه مدينة جدة في هذا السياق، يمثل هذا البحث خطوة مهمة نحو فهم وتحقيق إمكانات الذكاء الاصطناعي في تحقيق تطور شامل ومستدام للمدينة، بما يتماشى مع الأهداف الاستراتيجية للمملكة وتطلعات سكان مدينة جدة وسوف يتطرق هذا البحث للمخالفات البيئية الموجودة على أرض الواقع في مدينة جدة وعلى رأسها التشوه البصري.

أما بالنسبة لتعريف التشوه البصري، فإنها تختلف باختلاف شموليتها للمخالفات البيئية لذلك نستعرض هنا بعض التعريفات للتلوث البصري حتى يتضح المعنى بشكل أفضل. التشوه البصري الذي يعرف على أنه ضعف الجودة البصرية للمنطقة من خلال الإعلانات واللافتات غير الضرورية ، يشمل الآن أي عنصر يسبب فوضى قائمة على المناظر الطبيعية. يمكن أن يؤدي التعرض للتلوث البصري إلى عواقب عقلية وجسدية سلبية (AlElaiwi et al., 2023).

أما أحمد، فإنه يوصف التشوه البصري بأنه مصدر قلق جديد نسبياً ضمن الطيف الأوسع للتلوث البيئي ، مما يستلزم البحث لتصوره وإضفاء الطابع الرسمي عليه وتحديدده وتقييمه من أبعاد مختلفة. وهو يشمل غير المرغوب فيه وغير الممتع. (Ahmed et al., 2019).

تتناول الدراسة الصعوبات التي تواجهها تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحديد وتصنيف الملوثات البصرية، والتي تنشأ من اختلافاتها غير المحدودة في الشكل واللون والأبعاد، مما يجعلها أحد التحديات التي تتطلب مجموعات بيانات واسعة للتدريب. تقدم هذه التطبيقات نهجاً واعدًا لأتمتة عملية التصنيف، ومع ذلك، يبقى التحدي في تطوير نظام قادر على محاكاة الإدراك البشري عن كثب في تحديد الملوثات البصرية. بالإضافة إلى ذلك، تواجه إدارة عمليات الرصد تحديات في تحديد المتسببين في التشوه البصري بدقة، حيث يتطلب ذلك دمج البيانات من مصادر متعددة مثل سجلات العقارات والكاميرات المراقبة، لتحليل الأنماط وتحديد المسؤولين عن المخالفات. استخدام الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين هذه العمليات من خلال تحليل البيانات الكبيرة وتوفير نتائج دقيقة وسريعة، مما يساعد في اتخاذ قرارات مبنية على الأدلة وتقليل التشوه البصري بفعالية.

2. مشكلة الدراسة:

تعد مشكلة التشوه البصري مصدر قلق جديد نسبياً ضمن الطيف الأوسع للتلوث البيئي، مما يستلزم البحث لتصوره وإضفاء الطابع الرسمي عليه وتحديدده وتقييمه من أبعاد مختلفة. تكمن المشكلة في المناظر غير المرغوب فيها والتي تدرج تحت عنوان التشوه البصري. تأتي أهمية معالجة التشوه البصري كجزء لا يتجزأ من رؤية المملكة 2030 وبرنامج جودة الحياة، حيث تسعى هذه المبادرات إلى تحسين جودة الحياة وتعزيز البيئة الحضرية للسكان.

تحقيق أهداف رؤية 2030 يتطلب الاهتمام بالتفاصيل الجمالية للمدن، والعمل على إزالة مظاهر التشوه البصري لتحسين المشهد الحضري، ودعم التنمية المستدامة.

3. هدف الدراسة:

دراسة حالة: استكشاف إمكانيات الذكاء الاصطناعي في إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة. تهدف دراسة الحالة الى بحث امكانية ودور الذكاء الاصطناعي في إحداث ثورة في إدارة المشاريع عامةً و في إدارة مكافحة التشوه البصري بأمانة مدينة جدة بصورة خاصة، مع التركيز على كيفية تجاوز التحديات التي تطرحها الأساليب التقليدية لإدارة عمليات الرصد مثل الحاجة إلى تحسين الوقت، الكفاءة، الدقة، وتوزيع الموارد. بفضل قدرة تطبيقات الذكاء الاصطناعي على سرعة الرصد وعلى تحليل البيانات الضخمة وتقديم حلول دقيقة بسرعة فائقة، حيث يعد الذكاء الاصطناعي أداة محورية لتعزيز أداء وفعالية إدارة هذه المشاريع من خلال تقديم نماذج تحليلية متقدمة. ويمكن للذكاء الاصطناعي تحديد نقاط الضعف في الاستراتيجيات الحالية واقتراح تحسينات تستهدف استغلال الموارد بشكل أمثل وتقليل الوقت اللازم لتنفيذ المشاريع. في هذا القسم سيتم استعراض الطرق التقليدية التي تم استخدامها والتحديات الناتجة عنها والطرق الحديثة لعمليات رصد ومتابعة التشوه البصري في مدينة جدة.

4. أهمية الدراسة

تكتسب هذه الدراسة أهمية كبيرة نظرًا لتأثير التشوه البصري السلبي على جودة الحياة والبيئة الحضرية في مدينة جدة. التشوه البصري لا يقتصر فقط على التأثير البصري، بل يمتد ليشمل جوانب نفسية وصحية للسكان، مما يجعل من الضروري البحث عن حلول فعالة ومستدامة لمعالجته. تسعى هذه الدراسة إلى تحسين البيئة الحضرية ودعم رؤية 2030 من خلال تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين جودة الحياة وتحقيق التنمية المستدامة عن طريق ادارة عمليات رصد ومعالجة التشوه البصري.

تعد هذه الدراسة رائدة في استكشاف إمكانيات الذكاء الاصطناعي في تحويل مدينة جدة إلى مدينة ذكية. من خلال استخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تعزيز كفاءة عمليات رصد وإدارة التشوه البصري، مما يساهم في تسريع اتخاذ القرارات وتحسين الاستجابة للمخالفات البيئية. ستوفر هذه الدراسة نماذج وحلول مبتكرة يمكن تطبيقها في سياقات مشابهة، مما يساهم في تطوير ممارسات الإدارة الحضرية وتقليل التكاليف وزيادة الفعالية.

كما تساهم هذه الدراسة أيضًا في توسيع الفهم النظري والتطبيقي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المدن الذكية، مما يعزز البحث العلمي في هذا المجال. كما تقدم نتائج الدراسة رؤى قيمة لصناع القرار والمخططين الحضريين، حيث يمكنهم استخدامها لتطوير استراتيجيات وسياسات أكثر فعالية في إدارة التشوه البصري وتحسين المشهد الحضري. من خلال تقديم حلول مبتكرة ومستدامة، تسعى هذه الدراسة إلى دعم التنمية الحضرية المستدامة وتعزيز جودة الحياة في مدينة جدة.

5. الدراسات السابقة:

5.1. دراسة مايانك ميشرا و باولو لورنسو (2024)

تناولت الدراسة استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في المساعدة في تفتيش التراث الثقافي عبر تقديم نظرة شاملة على تقنيات الذكاء الاصطناعي والشبكات العصبية في رصد وحماية المواقع التراثية. وركزت الدراسة على كيفية استخدام هذه التقنيات في الكشف عن العيوب والتلفيات الهيكلية في المباني التراثية مما يساعد على تحديد أماكن التلفيات وأنواعها بدقة. وتطرقت الدراسة أيضاً إلى دور التقنية في تحسين جهود الحفاظ على التراث والثقافة وتسهيل عمليات التفتيش والصيانة. كما تطرقت الدراسة إلى المزايا والقيود المتعلقة بهذه التقنيات و سلطت الضوء على أهمية الاستمرار في البحث والتطوير في هذا المجال لتعزيز جهود الحفاظ على التراث الثقافي.

5.2. دراسة سيندو ريدي ناجيريدي (أغسطس ٢٠٢٣)

ركزت الدراسة على استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة المشاريع بهدف تغيير طرق تنفيذ مهام مديري المشاريع باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في إدارة المشاريع. وقد قام الباحث باستخدام المنهج النوعي وكانت عينة البحث من العاملين في مجال إدارة المشاريع ممن لا تقل خبرتهم العملية عن ٣ سنوات. وبناء على ما تم الحصول عليه من معلومات توصل الباحث إلى وجود حاجة إلى استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع لتعزيز إنتاجية مديري المشاريع واستخدامه في التخطيط للمشاريع وإدارة الموارد واتخاذ القرارات.

5.3. دراسة زهراء هادي كاظم (أبريل 2023)

تناولت الدراسة أثر التشوه البصري في محافظة بابل على الذائقة الجمالية للعرض الحضري حيث ركزت الدراسة على انتشار الفوضى في مركز المحافظة مثل الهياكل غير المتناسقة ونقص عناصر التصميم المعاصرة والشوارع الضيقة المتهاكة وغياب الساحات العامة الترفيهية والمساحات الخضراء وغياب المعايير الجمالية الحضرية في المنطقة. وقد قامت الباحثة برصد 50 مشهداً كمجتمع للبحث تمثل موضوع البحث عن طريق الجولة الميدانية والتقاط الصور وكانت عينة البحث مكونة من 5 مشاهد تم اختيارها بالطريقة القصدية وتم استخدام المنهج الوصفي التحليلي. وقد أشارت نتائج البحث إلى أن للتشوه البصري دوراً كبيراً في التأثير على الذائقة الجمالية للعرض الحضري في محافظة بابل وأكدت على وجود فوضى و تشوهات بصرية في المنطقة. تلخصت أهم التوصيات في تحسين التخطيط والتنظيم الحضري لتحسين الجودة البصرية والجمالية للمنطقة واستخدام التصاميم المعاصرة وتوفير الساحات العامة الترفيهية والمساحات الخضراء كما أوصت بتفعيل التواصل بين المجتمع المحلي والمسؤولين من أجل تحسين العرض الحضري والتوعية بأهمية الجمالية الحضرية والحث على المشاركة المجتمعية في تطوير المنطقة وتحسين الذوق الجمالي.

5.4. دراسة محمد بيرات حسين وآخرون (2023)

قام الباحثون بإجراء دراسة بغرض تحليل وكشف التشوه البصري باستخدام نظام مبني بتقنية الذكاء الاصطناعي للكشف عن التشوه البصري بشكل تلقائي بحيث تكون عملية جمع البيانات وتحليلها مستمرة بغرض تحسين النظام وتم استخدام مفاهيم التعلم النشط والتعلم التدريجي بهدف تحسين أداء النماذج المدربة. تم استخدام نموذج YOLOv5 ونموذج Faster R-CNN ونموذج EfficientDet وقد أظهر النموذج الأول تفوقه على النموذجين الآخرين وقد استخدم الباحثون نظام أندرويد لتسهيل عملية تقديم الصور التي تحتوي على تلوث بصري مع إحداثيات الموقع مما يساعد الجهات ذات الصلة لرصد التشوه البصري وتحديد الموقع الجغرافي.

5.5. دراسة يوجيشواري شوارج و روبيش كين سونجكور (مايو ٢٠٢٢)

هدفت الدراسة إلى إدارة الوقت في المشاريع وتحديدًا مشاريع البرمجيات حيث قام الباحثان بإجراء مقابلات مع الموظفين وتعرفوا على المشكلة التي تواجه الموظفين وهي تلبية المتطلبات بحسب المواعيد في المشاريع. وقد أوصت الدراسة بأن يتم إدخال نظام الذكاء الاصطناعي وأدواته في مجال العمل وتدريب الموظفين على استخدامه من أجل تحسين عملية إدارة المشاريع.

5.6. دراسة ريم محمد باوارث (فبراير 2022)

قامت الباحثة في دراستها على التعرف على التشوه البصري ومظاهره وأسباب ظهوره وأثره على صحة الإنسان حيث تم تطبيق الدراسة في بعض أحياء مدينة جدة. وقد تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي في دراسة مظاهر التشوه البصري على عينة الدراسة وتم رصد مختلف أنواع التشوه البصري مثل النمط العمراني والملصقات الإعلانية والكتابة على الجدران. وخلصت الدراسة إلى وجود تباين في التشوه البصري بين الأحياء محل الدراسة وأوصت الدراسة إلى الحاجة لزيادة الوعي البصري وتحسين المشهد الحضري للأحياء.

5.7. دراسة سويتا بهاتشاريا وآخرون (2022)

قام الباحثون بدراسة استخدام تقنية التعلم العميق في تحليل البيانات في المدن الذكية بغرض تحسين إدارة الموارد ومن ثم تم التركيز على تطبيقات مختلفة وتجربتها على إدارة المرافق في المدن الذكية كنظام الإضاءة وسرعة ربط شبكات المرور. وقد خلصت الدراسة إلى أن استخدام عملية التعلم العميق يساهم في تطوير العديد من الأنظمة الآلية التي تساعد على تحسين جودة الحياة من الناحية الطبية ومن ناحية إدارة المدن الذكية أيضاً مما يساهم في توفير بيئة آمنة وصحية للمواطنين. وقد أوصت الدراسة إلى زيادة الاستثمار في بنية الإنترنت والتكنولوجيا التي تساعد على جمع البيانات وتعزيز البحث والتطوير في مجال البيئة الذكية والتعاون مابين القطاع العام والخاص لتبادل الخبرات والمعارف.

5.8. دراسة عثمان يوما وآخرون (2021)

قام الباحثون باستخدام تقنيات التعلم العميق والاستشعار عن بعد للكشف عن عمليات تفريغ النفايات باستخدام طائرات بدون طيار في منطقة سانت لويس في السنغال حيث تم استخدام شبكات العصب العميقة في تحليل الصور المأخوذة من الطائرات وأظهرت النتائج أن النموذج يتعرف على المناطق المعنية بشكل جيد مع وجود صعوبات في بعض المناطق التي تقتصر إلى حقائق أساسية. كما بينت النتائج أن استخدام هذه التقنيات في عملية الكشف عن أماكن النفايات يعد أسلوباً ممتازاً وذلك للدقة العالية في تحديد مكان وأنواع النفايات. وقد أوصت الدراسة بإعادة بناء نموذج لكشف المناطق غير المغطاة ونموذج آخر للمناطق المغطاة.

5.9. دراسة خديجة واكلي وآخرون (2019)

تناولت الدراسة التحديات في عملية تقييم ورسم خرائط التشوه البصري في المدن وناقشت رصده باستخدام التطبيقات مفتوحة المصدر لرسم خرائط التشوه البصري. كما بحثت الدراسة إمكانية قياس التشوه البصري بفعالية في المدن في وقت وتكلفة أقل بواسطة التطبيقات مفتوحة المصدر مثل OpenGeo Suite و PostgreSQL و Open Data Kit (ODK) بحيث يتم تطوير نظام لجمع بيانات التشوه البصري في المدن باستخدام الأجهزة المحمولة وجمع البيانات وإدارتها عبر خادم على الإنترنت ومن ثم تحليل التشوه البصري المرصود. وقد توصلت الدراسة إلى إمكانية الاستفادة من التطبيقات مفتوحة المصدر في قياس التشوه البصري بفعالية كما شددت على أهمية توفير الدعم للموارد البشرية التي ستقوم بعملية الرصد باستخدام الأجهزة المحمولة. وأوصت الدراسة بتوفير تدريب مكثف للمختصين وبالأخص القوائم على تخطيط المدن لاستخدام أدوات تقييم التشوه البصري.

5.10. دراسة خديجة واكلي وآخرون (2019)

تستعرض الدراسة ضرورة تقييم التشوه البصري في البيئات الحضرية وأهمية وجود أداة لتقييم هذا التلوث حيث يقدم الباحث هذه الأداة لتسهيل عملية تقييم التشوه البصري. ويتمثل التحدي بحسب رأي الباحثين في تحديد وتصنيف العناصر المسببة للتلوث البصري وتقييم تأثيرها على البيئة والصحة العامة. وقد تم اقتراح وتطوير أداة تستخدم تقنية تحليل الهرم التسلسلي والمسح العام والمسابقة الفوتوغرافية لتحديد العناصر المسببة للتلوث البصري وتصنيفها. وكان من نتائج الدراسة أن الإدارة المقترحة توفر تقييم للتلوث البصري عبر قياس وجود خصائص مختلف العناصر المسببة للتلوث البصري كما تبين أيضاً مستوى التشوه البصري على مقياس من 1 إلى 100 وبين أيضاً أن هذه الأداة تعتمد على آراء الخبراء مما يجعلها قوية ومناسبة لمعظم المناطق الحضرية في الدول النامية ويمكن أن تساعد أصحاب القرار الحكومي ومخططي المدن في فهم أفضل لانتشار التشوه البصري.

6. منهجية الدراسة (دراسة الحالة):

تهدف الدراسة إلى بحث واستكشاف الكيفية التي يمكن للذكاء الاصطناعي (AI) أن يقود الابتكار في إدارة المشاريع، وبالتحديد معالجة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة باستخدام سجلات البيانات Data Records وتعلم الآلة

Machine Learning وتحليلات البيانات Data analytics، والتعامل مع البيانات الضخمة Big Data، والكشف عن أنماط مخفية ضمن اتجاهات التشوه البصري التاريخية. سيساعدنا هذا النهج المدعوم بالذكاء الاصطناعي على فهم تحديات أمانة مدينة جدة في إدارة التشوه البصري والمعوقات التي واجهتها باستخدام طرق الرصد التقليدية، ومن ثم تطوير استراتيجيات أفضل لمعالجة ومواجهة تحديات رصد ومعالجة التشوه البصري.

سيتم استخدام دراسة الحالة للتعلم في تعقيدات إدارة التشوه البصري بالطرق التقليدية، وبحث ما إذا كانت تطبيقات الذكاء الاصطناعي تساهم في تحديد أوجه عدم الكفاءة، وتقييم استخدام الذكاء الاصطناعي الحالي، والتنبؤ بنقاط التلوث، واقتراح حلول مصممة خصيصًا للسياق الحضري في مدينة جدة. سيظهر تحليلنا للبيانات التاريخية والبيانات في الوقت الفعلي كيف يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين إدارة المشاريع التقليدية من خلال تعزيز عملية صنع القرار وتقليل الأخطاء، وتخفيف المخاطر، والتعامل مع مجموعات البيانات المعقدة بكفاءة وتوزيع الموارد. كما يمكن أن يساهم في مدى تكامل هذه التطبيقات مع الجهات الأخرى ذات العلاقة. يقدم هذا البحث في النهاية رؤية قيمة للباحثين وصناع القرار في الأمانات والجهات ذات العلاقة الذين يسعون إلى تحسين الجودة البيئية والتصميم الحضري في جدة وخارجها.

توفر أمانة مدينة جدة دراسة حالة مثالية لاستكشاف دور الذكاء الاصطناعي في معالجة التشوه البصري في الأماكن الحضرية المعقدة. يخلق مزيجها الفريد من التطور التاريخي والحديث، إلى جانب موقعها كبوابة للحرمين الشريفين، تحديات محددة للتلوث البصري مثالية لاختبار قدرة الذكاء الاصطناعي على رصد ومعالجة التشوه الحضري وتحسين جماليات المناطق الحضرية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الموقف الاستباقي للأمانة تجاه الحلول التكنولوجية في الإدارة الحضرية يوفر بيئة داعمة وبيانات غنية للأبحاث التي تركز على الذكاء الاصطناعي. من خلال التركيز على جدة، يمكننا إظهار كيف يؤدي تحليل الذكاء الاصطناعي لبيانات التشوه البصري إلى رؤية قابلة للتنفيذ، والمساهمة في النهاية في النقاش الأوسع حول الاستدامة والابتكار في ممارسات إدارة المشاريع مما يساهم في تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030 للارتقاء بجودة الحياة وتحسين المشهد الحضري.

كجزء من منهجية البحث، سيتم إجراء مقابلات شبه منظمة مع أصحاب المصلحة الرئيسيين في المشروع، بما في ذلك مدراء المشاريع ومتخصصو الذكاء الاصطناعي ومسؤولو أمانة مدينة جدة، لاكتساب رؤية أعمق حول عيوب طريقة الرصد التقليدية للتشوه البصري، معرفة طريقة عمل الأنظمة المستحدثة، فهم المعوقات والتحديات، وذلك من أجل معرفة الأهداف من عملية الرصد وطرق معالجتها. وقد صُممت هذه المقابلات بحيث تكون مفتوحة وموجهة بأهداف بحثية محددة، مما يسمح بالنقاط طيف واسع من وجهات النظر حول دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع ضمن سياق جودة البيئة الحضرية. مكننا هذا النهج من الكشف عن تفاصيل دقيقة حول التحديات والفرص التي تمت مواجهتها في الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لإدارة التشوه البصري، وبالتالي إثراء الفهم للأثار

العملية وفعالية الاستراتيجيات التي يحركها الذكاء الاصطناعي في بيئات العالم الحقيقي. ومن خلال هذه المحادثات، تم جمع روايات مباشرة وآراء خبراء لا تقدر بثمن ساهمت بشكل كبير في عمق واتساع نطاق تحليل دراسة الحالة الخاصة بنا.

توظف الدراسة تحليل الوثائق المتعلقة بالأنظمة المستخدمة للرصد من أجل دراسة وتقييم منهجية الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) القائمة على الذكاء الاصطناعي في التفتيش واكتشاف التشوه البصري في أمانة مدينة جدة بشكل نقدي. سيتم تحليل الوثائق المتعلقة بنشر النظام ونتائج التفتيش وأداء المفتشين وإنفاذ الغرامات عبر موقع "إفاء" الحكومي. سيركز هذا التحليل على فعالية تحديد أوجه التشوه البصري والمتسببين من خلال التدقيق في الأطر التكنولوجية والإجرائية المستخدمة، سيكشف البحث عن التطبيقات العملية للذكاء الاصطناعي في الحوكمة البيئية، والأهم من ذلك، يقدم تقييماً نقدياً للاستراتيجيات المستخدمة لمكافحة التشوه البصري، وقد يوجه التحسينات المستقبلية.

بالإضافة إلى ذلك، تتضمن منهجية البحث تحليل التقارير الدورية التي يتم إنشاؤها أثناء تطبيق النظام الجديد لإدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة ومقارنتها بمثيلاتها في طرق الرصد القديمة. تعتبر هذه التقارير بالغة الأهمية لفهم الفعالية التشغيلية والتحديات التي تمت مواجهتها مع النظام الذي يحركه الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك القضايا المتعلقة بدقة الاكتشاف، وعيوب الآلة، والعوامل البيئية مثل الظروف الجوية. من خلال التدقيق في هذه التقارير، نهدف إلى تحديد الأنماط والقضايا المتكررة والأسباب في حصول التشوه البصري والتي قد تؤثر على كفاءة النظام والإدارة الشاملة للتلوث البصري وتقديم بعض المقترحات لتحسينها وبحثها مستقبلاً.

يمكن هذا التحليل من تقييم موثوقية ومتانة التكنولوجيا في مختلف السياقات الحضرية والبيئية، وتقديم رؤى حول كيفية تكيف النظام مع المتغيرات الخارجية مثل التغيرات المناخية وإدارتها، والتي يمكن أن تؤثر بشكل كبير على قدرات الكشف. من خلال هذه المراجعة الشاملة، نعتزم تسليط الضوء على مجالات التحسين في البنية التحتية التكنولوجية والبروتوكولات التشغيلية، لضمان قدرة نظام الذكاء الاصطناعي على المساهمة بشكل فعال في رصد ومعالجة التشوه البصري بشكل فعال. علاوة على ذلك، فإن فهم هذه الديناميكيات سيوفر ملاحظات قيمة لمتخصصي الذكاء الاصطناعي ومديري المشاريع وصناع القرار، مما يسهل تحسين تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الإدارة الحضرية والمساهمة في تطوير أنظمة مراقبة بيئية أكثر مرونة وقابلية للتكيف.

7. الإطار العملي: أدوات الرصد والتحليل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

في هذا الجزء، سيتم استعراض ومقارنة بين الأساليب التقليدية لرصد مخالفات التشوه البصري والأساليب الحديثة التي تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي. سيتم استعراض الممارسات التقليدية التي كانت تُستخدم في أمانة مدينة جدة، والتحديات التي واجهتها هذه الأساليب من حيث الدقة والكفاءة والسرعة. بالإضافة إلى ذلك، سيتم

تسليط الضوء على الحلول التكنولوجية الحديثة مثل منصة ممثّل وتطبيق بلدي لنس، ودورها في تحسين عمليات الرصد والمتابعة.

سيتناول هذا الجزء أيضًا دور الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) في تطوير أنظمة الرصد وتحليل البيانات لتحسين المشهد الحضري. كما سيتم مناقشة دور غرفة عمليات التشوه البصري في أمانة مدينة جدة في متابعة وتنفيذ عمليات الرصد والإغلاق باستخدام التقنيات الحديثة. ومن خلال هذا الجزء، سيتم تقديم رؤية شاملة حول كيفية تطور طرق رصد التشوه البصري من الأساليب التقليدية إلى الحلول الذكية، وتقييم الفعالية والتحسينات التي طرأت على عمليات الرصد بفضل التقنيات الحديثة.

7.1. الممارسات التقليدية لرصد مخالفات التشوه البصري

تضمنت الممارسات التقليدية في أمانة مدينة جدة والبلديات التابعة لها قبل الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي للكشف عن التشوه البصري إجراء مسوحات وجولات رقابية من قبل المفتشين المعيّنين، والاعتماد على شكاوى العامة عن طريق تطبيق بلدي، واستخدام الأدلة الفوتوغرافية، وتعبئة الاستمارات الورقية أو الأنظمة الإلكترونية في كل أمانة على حدة للإبلاغ عن التشوه البصري. هذه الأساليب عادة تكون بحاجة لجهد في جدولة المهام وتحديد الأولويات، وتوزيع المفتشين على المناطق ذات الأولوية أو التي تتطلب وقت ليطم تغطيتها جغرافيا. كما أن فعالية الكشف وإدارة التشوه البصري تكون معتمدة بشكل كبير على الملاحظة والتقارير البشرية والتي يمكن أن تتأثر بالانحيازية وكفاءة المفتشين وخبرتهم في تقييم المخالفة. ويتم التعامل مع البيانات المجمعة حول التشوه البصري عادةً من خلال الإدخال والتحليل اليدوي باستخدام برنامج مايكروسوفت إكسل. ويشمل هذا الإجراء عدة خطوات وهي:

1. جمع البيانات: يقوم المفتشون بتعبئة سجلات الرصد اليومية بتفاصيل رصد التشوه البصري.
2. إدخال البيانات: يتم إدخال المعلومات التي تم جمعها يدويًا في جدول البيانات، حيث يُسجل كل رصد على حدة، ويتم تصنيفها حسب النوع و البلدية التابع لها والموقع.
3. التنظيم: يتم تنظيم البيانات داخل جدول البيانات في جداول وتصنيفها لتسهيل الفرز والتصنيف.
4. التحليل: باستخدام الوظائف المدمجة في إكسل، يمكن تحليل البيانات لتلخيص المعلومات، مثل حساب إحصائيات الرصد، تحديد أكثر أنواع التشوه البصري شيوعًا، أو تحديد تكرار الرصد في مناطق مختلفة.
5. التقرير: يتم تجميع نتائج التحليل في تقارير، والتي تشمل جداول ورسوم بيانية تعرض النتائج. تُستخدم هذه التقارير لإطلاع صناع القرار وتوجيه جهود التصحيح.
6. المشاركة والتواصل: يتم مشاركة ملفات إكسل أو التقارير مع أصحاب المصلحة ذوي العلاقة عبر البريد الإلكتروني، أو النسخ المطبوعة، أو العروض التقديمية لمناقشة النتائج والتخطيط للإجراءات اللاحقة.

هذا النهج في التعامل مع البيانات يعتمد بشكل كبير على العمليات اليدوية ويكون عرضة للأخطاء البشرية، مثل الخطأ في إدخال البيانات، التحيز من قبل المفتشين، دقة توصيف المشكلة المرصودة، معرفة المتسبب في المخالفة، دقة تحديد الموقع الجغرافي، أو الإغفال أثناء التحليل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون استهلاكًا للوقت وقد لا يوفر رؤية فورية بسبب التأخير بين جمع البيانات وإدخالها وتحليلها وبناءا عليه يصعب الاستجابة للحالات المرصودة ومعالجتها.

7.2. الرصد والتحليل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي:

في هذا الجزء، سيتم استعراض الأدوات والتقنيات المستخدمة في رصد وتحليل التشوه البصري باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. سيتم تناول الأنظمة والمنصات التي تم تبنيها، مثل منصة ممثّل وتطبيق بلدي لنس، وكيفية عمل هذه الأدوات في جمع وتحليل البيانات المتعلقة بالتشوه البصري، ولوحة البيانات المرتبطة بكل أداة. سيتم أيضًا تسليط الضوء على الأساليب والبرمجيات المتقدمة التي تتيح تحليل البيانات الضخمة واستخلاص الأنماط المخفية من خلال تعلم الآلة وتحليل البيانات الضخمة. سيتم مناقشة كيفية تطبيق هذه الأدوات في بيئة حضرية معقدة مثل مدينة جدة، والتحديات التي واجهتها خلال التنفيذ وكيف يتم استخدام هذه التقنيات في الرصد الفعال وتحليل التشوه البصري، بالإضافة إلى تقييم كفاءتها مقارنة بالطرق التقليدية.

7.2.1. الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا)

تسهم الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) بوصفها المرجع الوطني لكل ما يتعلق بالبيانات والذكاء الاصطناعي في المملكة في تلبية متطلبات النمو الاقتصادي والديمقراطي الذي تشهده المملكة من خلال تحقيق التنمية الحضرية المستدامة في مختلف مدنها، بما يعزز رخاء وجودة حياة المواطنين والمقيمين، ومن ذلك تحسين المشهد الحضري بالتعاون مع وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان وأمانة مدينة جدة بتهيئة الأماكن العامة في المدن على نحو يُحسن من مستوى خدماتها تحقيقاً لمستهدفات رؤية المملكة 2030.

واستطاعت "سدايا" أن تعزز من هذا الدور الوطني من خلال إنشاء المنصة الوطنية للمدن الذكية (Smart C) التي تهدف إلى دعم عدة قطاعات حيوية منها القطاع البلدي؛ ليكون لها دور رئيس في دعم أعمال الوزارة في تحسين المشهد الحضري من أي حالات تشوه قد تقع في مختلف مدن المملكة، علاوةً على دورها في دعم أعمال التخطيط ورفع جودة الحياة بما يعزز من أهداف برنامج جودة الحياة أحد برامج رؤية المملكة 2030. (SADAIA, 2022).

كما ذكر التقرير (SADAIA, 2022) توقيع "سدايا" مع الوزارة العام 2023 مذكرة تفاهم تهدف إلى تحقيق الاستفادة القصوى من التقنيات وتحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي، وتفعيل مفهوم المدن الذكية بما يُعزز قيادة المملكة في هذا المجال؛ وذلك للوصول إلى الأهداف الاستراتيجية المشتركة في رفع مستوى تقديم الخدمات البلدية والسكنية،

وتحقيق الاستدامة الحضرية في مناطق المملكة كافة خاصة بمدينة جدة. وسعت "سدايا" من خلال هذه المذكرة إلى توفير الحلول الذكية المختلفة للرصد وتحليلات البيانات ونماذج الذكاء الاصطناعي لديها لدعم مستهدفات الوزارة في تطوير وتوفير منصات المدن الذكية لدعم الأعمال التشغيلية المتعلقة بنظافة المدن ومعالجة التشوه البصري والصحة العامة مع توفير التحليلات المتعلقة بالسكان والتوسع العمراني بما يساندها في رفع مستوى التخطيط والتوزيع للخدمات والارتقاء بجودة الحياة، وتحسين خدمات المدن الذكية من خلال مشاركة الخبرات التقنية وتجارب إثبات المفهوم لمنتجات المدن الذكية للقطاعين البلدي والسكني.

كما أتاحت "سدايا" (خدمة تحسين المشهد الحضري) من خلال تطبيق "توكلنا خدمات"؛ لرفع ومتابعة بلاغات التشوه البصري من خلال التطبيق في خطوة تستهدف فيها اتخاذ منهج جديد في عملية المحافظة على المدن والتخطيط العمراني بما يحقق التفاعل الإيجابي بين السكان ومدنهم التي يعيشون فيها وزيادة التعاون للمحافظة على نظافتها.

كما وقّعت "سدايا" مع أمانة مدينة جدة مذكرة تفاهم خلال العام 2023 تهدف إلى إنشاء معمل (أمانة) لتحليل البيانات، ودعم قرارات الأمانة؛ بهدف رفع جودة الحياة، والإسهام في تطوير أعمالها وخدماتها وأنشطتها المتنوعة، إضافة إلى استخدام الإمكانيات التقنية المتوفرة لدى الهيئة في توفير أحدث التقنيات والأدوات؛ للإسهام في رفع جودة خدمات القطاع البلدي وتوفير حلول تقنية مبنية على الذكاء الاصطناعي والبيانات لتطوير إدارة المدينة بشكل مستدام. وتركز أعمال معمل (أمانة) على رفع قدرات التحليل والتنبؤ، وتوفير حلول المدن الذكية وتحليلات البيانات ونماذج الذكاء الاصطناعي من خلال مشاركة الخبرات التقنية وتجارب إثبات المفهوم في حالات الاستخدام لمنتجات المدن الذكية للأمانة. (SADAIA, 2022)

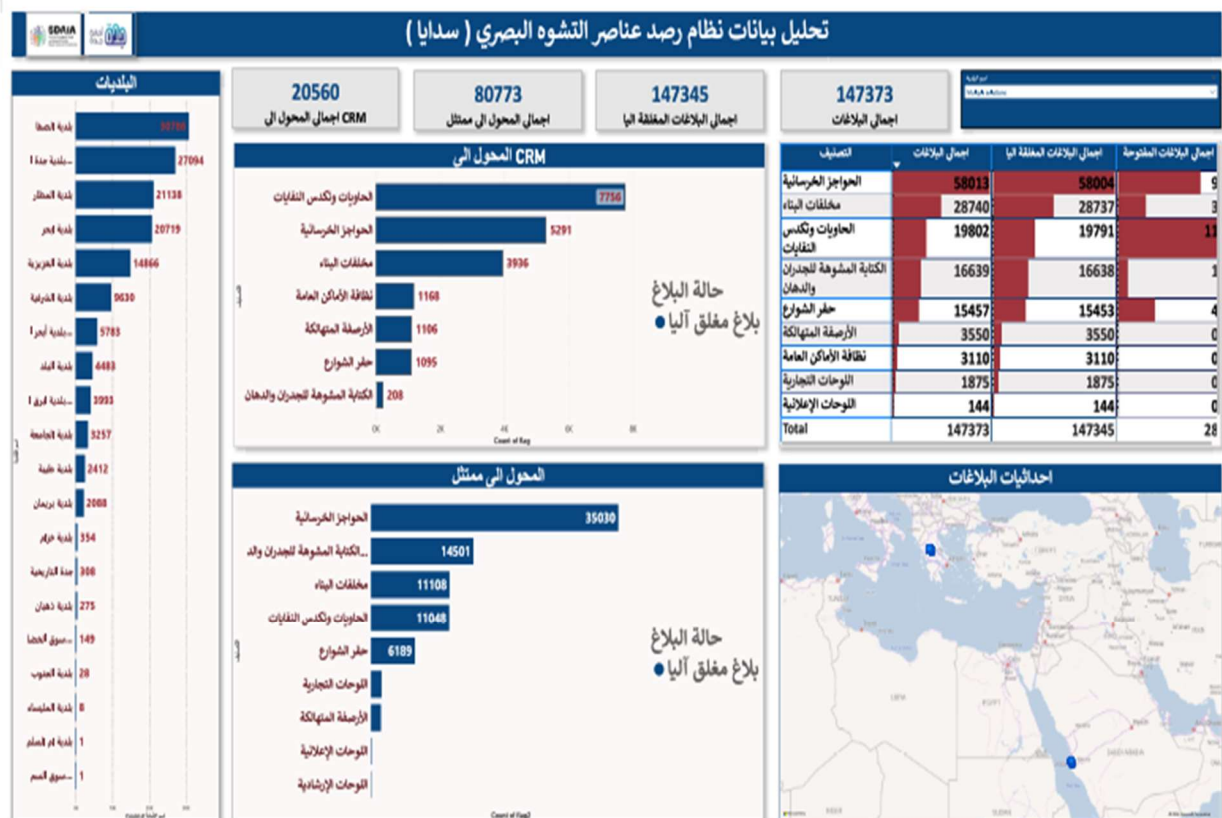
واهتمت "سدايا" بتعزيز مفهوم الشراكة المجتمعية في المحافظة على المشهد الحضري لمدن المملكة وفي مقدمتها العاصمة الرياض إذ أطلقت خلال أعمال القمة العالمية للذكاء الاصطناعي في نسختها الثانية التي عقدت في سبتمبر 2022م تحدي (سمارتاوثون) تحت عنوان (تحدي المدن الذكية) بالشراكة الاستراتيجية بين وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، والهيئة الملكية لمدينة الرياض، وأمانة منطقة الرياض بهدف تطوير حلول حديثة لتحسين المشهد الحضري بمدن المملكة، والتوصل إلى طرق تقنية تُسهّم في الكشف عن مظاهر التشوه البصري والحد منها باستخدام البيانات والذكاء الاصطناعي. (SADAIA, 2022)

يعرض الشكل (1) نموذج لوحة معلومات نظام سدايا (Dashboard) لرصد عناصر التشوه البصري معلومات شاملة حول البلاغات المتعلقة بالتشوه البصري في المملكة. يبدأ العرض بقائمة على الجانب الأيسر العلوي تظهر الجهات المختلفة المشاركة في البلاغات، مثل أمانة جدة وأمانة الرياض، مع عرض عدد البلاغات لكل جهة. في المنتصف العلوي، يظهر إجمالي عدد البلاغات في النظام، والذي يبلغ 147,345 بلاغاً، مع تقسيم البلاغات إلى

فئات مختلفة تشمل البلاغات المغلقة، وبلاغات غير محددة الموقع، وبلاغات خارج نطاق الأمانات. في القسم الأوسط، يتم عرض البلاغات بحسب حالتها، مثل تجاوزات الباعة الجائلين، الكتابة على الجدران، والنفايات الكبيرة الحجم، مع عدد البلاغات لكل حالة.

على الجانب الأيمن، يتم عرض خريطة توضح توزيع البلاغات حسب المناطق الجغرافية، مما يساعد في تحديد المناطق الأكثر تعرضًا للتشوهات البصرية. أعلاه، يوجد جدول يوضح توزيع البلاغات حسب نوع التشوه البصري وعدد البلاغات لكل نوع، مثل المخلفات الإنشائية، اللوحات الدعائية العشوائية، والإنارة العامة. كما يتم عرض عدد البلاغات التي تم إغلاقها آليًا بالإضافة إلى حالتها من حيث التنفيذ.

توفر لوحة المعلومات نظرة شاملة ومفصلة على حالة التشوه البصري في مدينة جدة وتساعد الجهات المختصة في إدارة وتحليل البيانات بفعالية. من خلال استخدام الأدوات التحليلية المتقدمة، تساهم اللوحة في تحسين عملية صنع القرار وتخصيص الموارد بشكل أفضل لمكافحة التشوهات البصرية، مما يعزز من جودة البيئة الحضرية ويساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة المتوقعة من رؤية المملكة 2030.

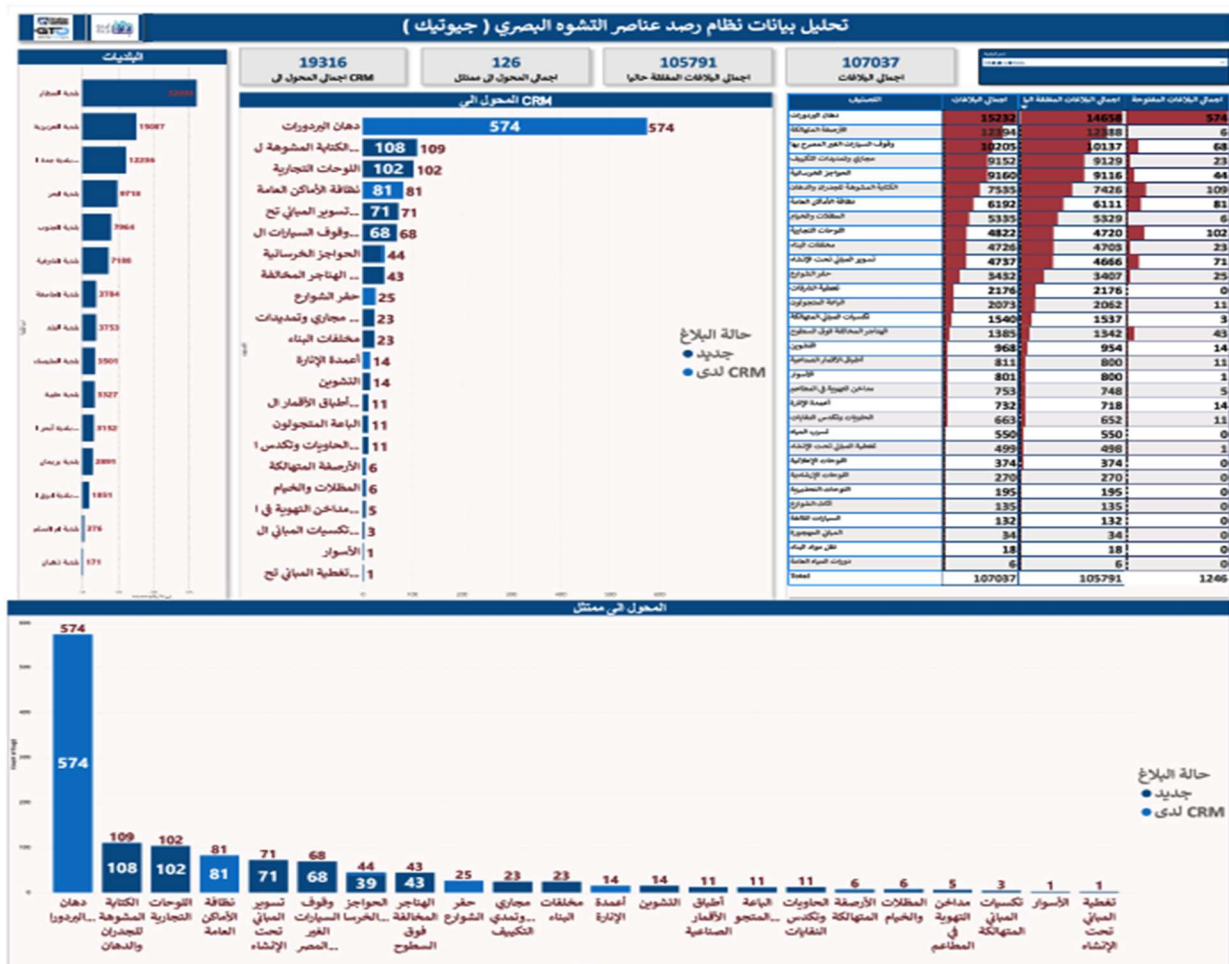


شكل 1: لوحة بيانات نظام سدايا (المصدر: منصة سدايا)

7.2.2. جيوتيك (الرصد الآلي) لعناصر التشوه البصري:

قامت "جيوتك" على إيجاد حلول تقنية لرصد مظاهر التشوه البصري في مدينة جدة؛ لتحسين المشهد الحضري في المدينة، حيث تغطي كامل المدينة بشكل دوري باستخدام كاميرا درون ، كما عملت على تطوير حلول ونماذج الذكاء الاصطناعي لأتمتة عمليات الرقابة في الكشف عن مظاهر التشوه البصري من خلال إرسال البيانات المرصودة إلى وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان؛ لدعم أعمالها الرقابية في الميدان ومعالجة أماكن التشوه البصري.

تعرض لوحة البيانات الخاصة بنظام جيوتك (شكل 2) وهي مشابهة لما تم شرحه في الشكل 1. تظهر اللوحة إجمالي عدد البلاغات في النظام والذي يبلغ 105,791 بلاغاً، مع تقسيم البلاغات إلى البلاغات المغلقة، وبلاغات غير محددة الموقع، وبلاغات خارج نطاق الأمانات. في القسم الأوسط، يتم عرض البلاغات بحسب حالتها مثل تجاوزات الباعة الجائلين، الكتابة على الجدران، والنفايات الكبيرة الحجم، مع توضيح حالة اغلاق البلاغ.



شكل 2: لوحة بيانات نظام جيوتك (المصدر: منصة جيوتك)

7.2.3. عيوب طريقة الرصد بالذكاء الاصطناعي باستخدام سدايا وجيوتك وأبرز الملاحظات:

بالاطلاع على التقارير الدورية التي تصدرها الامانة عن عمليات الرصد فإنه تم رصد بعض الملاحظات على انظمة الرصد باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتشمل هذه الملاحظات:

1. عدم وضوح بعض صور الحاويات لمعرفة الناقل ليتم توجيه الناقل بالمعالجه.
2. وجود بلاغات جديدة لحالات قديمة تبين عند الوقوف الميداني انه تم معالجتها.
3. وجود بلاغات على حاويات غير ممثلة ، حيث مازال النظام لا يميز بين الحاويات الممثلة والغير ممثلة.
4. تكرار نفس البلاغ والملاحظة بأرقام مختلفة.
5. عدم وضوح صور بعض البلاغات المرفقة.
6. رصد بعض الحواجز على أنها نفايات.
7. رصد أشخاص على أنهم عناصر من التشوه.

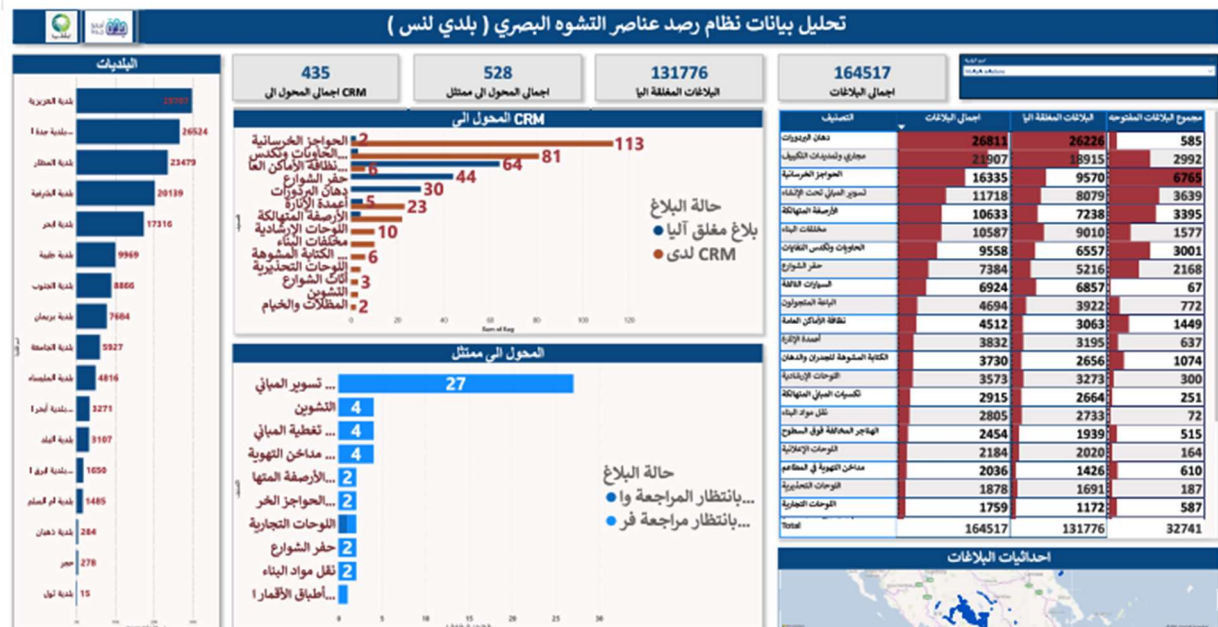
7.2.4. تطبيق بلدي لنس:

عملت "سدايا" على إيجاد حلول تقنية لرصد مظاهر التشوه البصري في مدينة جدة؛ وفقاً لما جاء في دليل "تطبيق بلدي لنس" (2023) عن طريق الاستكشاف الآلي حيث يمكن تدريب خوارزميات الذكاء الاصطناعي عبر تقنية Machine Learning على التعرف على أنواع مختلفة من التشوه البصري وتصنيفها في الصور أو مقاطع الفيديو باستخدام تقنيات مثل استكشاف الاشياء Object detection و تجزئة الصور image segmentation . يتم تغطية كامل المدينة بشكل دوري باستخدام أسطول مركبات مجهزة بكاميرات عالية الدقة (Dash Cams) لبناء تمثيل رقمي للمدينة، كما عملت على تطوير حلول ونماذج الذكاء الاصطناعي لأتمتة عمليات الرقابة في الكشف عن مظاهر التشوه البصري من خلال إرسال البيانات المرصودة إلى وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان عبر منصة ممثلة؛ لدعم أعمالها الرقابية في الميدان ومعالجة أماكن التشوه البصري. تم تطوير تطبيق بلدي لنس ليتم استغلال اجهزة الجوال لتقوم بعمل الداش كام لرصد مظاهر التشوه البصري ومساعدة الأمانات من أجل رصده ومعالجته. يعرض الشكل (3) لوحة بيانات الرصد عبر تطبيق بلدي لنس والتي تم مناقشتها سابقا. من أهداف ومميزات تطبيق بلدي لنس:

1. توفير الوقت والجهد لعملية رصد عناصر التشوه البصري بالاعتماد على عدد مراقبين اقل، كما انه لا يتطلب أي تدخل من المراقب أثناء عملية الرصد.
2. توفير جميع المعلومات وعمليات الرصد بشكل مباشر للأمانة من خلال توفير خريطة تفاعلية.
3. التقاط الصور الإيجابية والسلبية بشكل تلقائي.

4. زيادة نسبة التغطية للنطاقات ذات الأولوية لرصد عناصر التشوه البصري عن طريق التقاط صورة بمعدل صورة لكل 25 متر.

5. متابعة أداء المراقبين بصورة حية ومباشرة عن طريق تحديد موقع المراقب بتقنيات عالية الدقة من خلال الاعتماد على الأقمار الصناعية.



شكل 3: لوحة بيانات نظام بلدي لنس (المصدر: منصة سدايا)

7.2.5. منصة ممثلة للرقابة لعناصر التشوه البصري:

هي منصة مركزية تابعة لوزارة الشؤون البلدية والقروية والهدف منها هو إدارة جميع عمليات الرقابة البلدية بأنواعها المختلفة على مستوى الأمانات والبلديات، تتضمن أتمتة كامل دورة عمل الرقابة البلدية من خلال مجموعة من الإجراءات والإعدادات المرنة القابلة للتعديل حسب احتياجات كل أمانة وبلدية أو مقدم الخدمة من القطاع الخاص. تهدف المبادرة الى إزالة عناصر التشوه البصري الأكثر شيوعا في المدن وتستهدف جميع سكان المملكة العربية السعودية وتساهم في تحسين المشهد البصري. ومن المتوقع من المبادرة تقليص عناصر التشوه البصري عن طريق إزالة مخلفات البناء، تحسين مظهر حاويات النفايات، إزالة اللوحات التجارية المخالفة، إزالة السيارات التالفة..... إلخ، وتنفيذ حملات تفتيشية من حين لآخر، وتنفيذ حملات للشراكة المجتمعية للمشاركة في إزالة بعض هذه العناصر وتنفيذ مشاريع تحسين عمراني لمحاور الحركة في المدن. ويبرز الهدف من تطبيق ممثل للرقابة الموحدة هو تفعيل دور البلديات في سرعة رصد مخالفات المنشآت المختلفة من خلال الزيارات التفتيشية التي ينفذها المراقبون وإحالتها إلى الإدارة المعنية بالبلدية ثم إلى رئيس البلدية لمراجعة واعتماد هذه المخالفات.

كما توفر المنصة ثلاث محركات رئيسية وهي محرك التجميع، محرك الأولويات ومحرك تحديد المخالف. تعمل هذه المحركات عن طريق أداة الذكاء الاصطناعي المعروفة بنظام تحليل البيانات الضخمة (Big data analysis) وقد تم ربطها بالجهات ذات العلاقة لتسهيل عملة تحديد هوية المخالف. تقوم المحركات بناءً على البيانات الواردة من الرصد الآلي من تحديد المتسبب في المخالفة بالرجوع مثلاً إلى هوية مالك العقار أو السجل التجاري أو رخص الحفر أو البناء، ثم يقوم النظام بتسجيل هوية المخالف ومن ثم تحويل المخالفة لمنصة إيفاء وإغلاق المخالفة آلياً. وفي حال عدم قدرة النظام على تحديد المتسبب أو عدم وضوح أي بيانات تخص الرصد، يتم تحويل المخالفة إلى منصة بلدي ليتم التحقق عن طريق المراقبين الميدانيين. ومن أهداف ومميزات منصة ممثل للرقابة البلدية :

1. رفع كفاءة أداء عمليات الرقابة من خلال رقمنة ونمذجة جميع إجراءات الرقابة بجميع عملياتها وأنواعها على مستوى القطاع البلدي.
2. تفعيل دور البلديات في سرعة رصد مخالفات المنشآت المختلفة من خلال الزيارات التفتيشية التي ينفذها المراقبون وإحالتها إلى الإدارة المعنية.
3. تمكين الأمانات والبلديات ومقدمي الخدمات من إعداد جميع عمليات أنواع الرقابة حسب معايير مرنة خاصة تحقق متطلباتها بما يتماشى مع تطلعات وزارة الشؤون البلدية والقروية.
4. تزويد متخذي القرار بمختلف مستوياتهم الإدارية بمؤشرات الأداء والتقارير التي تساعد في مراقبة وتطوير عمليات الرقابة.

يعرض الشكل (4) لوحة معلومات منصة ممثلة والتي تقدم تحليلاً شاملاً لبيانات رصد عناصر التشوه البصري لكامل المدينة. تبدأ اللوحة بعرض قائمة على الجانب الأيسر تظهر الجهات المختلفة المشاركة في البلاغات، مثل أمانة جدة وأمانة الرياض، مع عدد البلاغات لكل جهة. في الجزء العلوي من الوسط، يتم عرض حالة البلاغات بشكل تراكمي حسب الفصول الزمنية للسنوات المختلفة، حيث توضح الرسوم البيانية توزيع البلاغات بناءً على نوع التشوه البصري. إلى اليمين، يظهر ملخص لإجمالي عدد البلاغات (28,079 بلاغاً) مع تقسيمها إلى البلاغات المغلقة، والتي تحت الإجراء، والبلاغات الجديدة، بالإضافة إلى نسبة الإنجاز الإجمالية (1%).

تحت الجزء العلوي، يتم عرض حالة النظافة بنفس الطريقة، حيث يتم تحليل بيانات البلاغات المتعلقة بالنظافة عبر الزمن، مما يسهل فهم التغيرات الموسمية والاتجاهات. أسفل اللوحة، يتم عرض عناصر التشوه البصري بشكل مفصل، مع رسم بياني يوضح عدد البلاغات لكل نوع من أنواع التشوه البصري. على الجانب الأيمن السفلي، يوجد رسم دائري يوضح حالة البلاغات بنسبة مئوية لكل حالة (مغلقة، تحت الإجراء، جديدة)، مما يساعد في تقييم الأداء العام للمنصة في معالجة البلاغات.

البلديات

بلدية	عدد الحالات
بلدية ذهقان	4384
بلدية نول	4167
بلدية المنطار	3943
بلدية جندة 1	3018
بلدية أخرى	2982
بلدية الغزوية	2708
بلدية الجنوب	2299
بلدية الجوار	2185
بلدية بركان	2087
بلدية الشريعة	1654
بلدية	1475
بلدية	1206
بلدية أخرى	1082
بلدية طاية	836
بلدية أم المصم	718
بلدية الطليعة	519
بلدية	394
بلدية	307
بلدية	272
بلدية البلد	276
بلدية	240
بلدية أخرى	195
بلدية	155
بلدية	121
بلدية	71
بلدية أخرى	64
بلدية	41
بلدية أخرى	38

حالة الالتهابات

حالة الالتهابات (Blebs)

- تحت المعالجة
- تم الحل - تم العلاج
- تم الحل - لم تستجب للمعالجة
- لم تأخذ المعالجة
- لا يوجد معالجة
- معالجة مفرطة
- مكثلة
- معالجة - تم تأخير العلاج
- معالجاتهم واصل العلاج

حالة المعالجة

حالة المعالجة (Blebs)

- تحت المعالجة
- تم الحل - تم العلاج
- تم الحل - لم تستجب للمعالجة
- لم تأخذ المعالجة
- لا يوجد معالجة
- معالجة مفرطة
- مكثلة
- معالجة - تم تأخير العلاج
- معالجاتهم واصل العلاج

حالات الالتهابات

حالة الالتهابات (Blebs)

- تحت المعالجة
- تم الحل - تم العلاج
- تم الحل - لم تستجب للمعالجة
- لم تأخذ المعالجة
- لا يوجد معالجة
- معالجة مفرطة
- مكثلة
- معالجة - تم تأخير العلاج
- معالجاتهم واصل العلاج

عناصر التشوه

عناصر التشوه

شكل 4 :لوحة بيانات نظام بلدى لنس (المصدر: منصة ممثّل)

7.2.6. دور غرفة عمليات التشوه البصري في أمانة مدينة جدة:

20

كما يتم في غرفة العمليات تحليل بيانات نظام رصد عناصر التشوه البصري عن طريق سحب البيانات الخاصة بالرصد الذكي من قبل تقنيات الذكاء الاصطناعي من أجل إنشاء لوحة بيانات (الشكل 1) الأمر الذي لم يكن متوفر من البيانات الناتجة من طريقة الرصد التقليدية. توفر لوحة البيانات رؤية شاملة ومفصلة لعمليات الرصد وعرضها بشكل بصري سهل الفهم يساعد في تسهيل عملية صنع القرار من خلال تقديم ملخصات واضحة ودقيقة تقود إلى قرارات مبنية على البيانات الفعلية. كما تعمل على تحسين الكفاءة بتقليل الحاجة لتقارير معقدة وطويلة، مما يسمح بالوصول السريع للمعلومات. لوحة البيانات مهمة أيضاً في المراقبة المستمرة للأداء للبلديات الفرعية، وتُعدّ أساسية للاستجابة للتغيرات وتعديل الاستراتيجيات للتعامل مع نتائج الرصد عند الضرورة، وكذلك تربط بين الأهداف الاستراتيجية والأداء اليومي وتوزيع الموارد حسب الحاجة، مما يعزز التركيز على المبادرات التي تدعم اتخاذ القرارات وتحقيق هذه الأهداف اليومي وتوزيع الموارد حسب الحاجة، مما يعزز التركيز على المبادرات التي تدعم اتخاذ القرارات وتحقيق هذه الأهداف.

8. الحدود المكانية والزمانية للدراسة:

استهدفت الدراسة مدينة جدة وهي من أكبر المدن داخل المملكة العربية السعودية. وتعتبر واحدة من أبرز المدن في المملكة العربية السعودية وتقف على أعتاب فرصة ذهبية للتحويل إلى مدينة ذكية رائدة من خلال استغلال الذكاء الاصطناعي. حيث يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تسهم في تطوير مدينة جدة، ليس فقط لتحسين البنية التحتية والخدمات، ولكن أيضاً لتعزيز مكانتها كمدينة مستدامة وذكية تستجيب لاحتياجات سكانها وتواجه التحديات المستقبلية بفعالية. وقد اقتصرَت الدراسة على الممارسات المتعلقة بالأنظمة المستخدمة للرصد من أجل دراسة وتقييم منهجية الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) القائمة على الذكاء الاصطناعي في التفتيش واكتشاف التشوه البصري في أمانة مدينة جدة في عامي 2023 إلى 2024.

9. التحليل والنتائج:

تؤكد الدراسة الإمكانيات والفعالية العالية للذكاء الاصطناعي في اكتشاف وتصنيف الملوثات البصرية من صور الطرق العامة رغم وجود بعض التحديات مثل دقة رصد المخالفات والتحقق من المخالفة والمخالف و الأتمتة الكاملة وعامل الوقت أيضاً وغيرها من التحديات التي تمت الإشارة لها، إلا أن التطبيقات المستخدمة حالياً أثبتت جدارتها مع التأكيد على الحاجة إلى دمج حلول الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري وممارسات الإدارة البيئية من أجل التنمية الحضرية المستدامة.

تم تحديد 5 تصنيفات أساسية لعناصر التشوه البصري من قبل وزارة الشؤون البلدية والقروية وهي الطرق والشوارع، الإنارة والمرافق الخدمية واللوحات، المباني، الحدائق والفراغات العامة. و يندرج تحته هذه التصنيفات 43 تصنيف فرعي لعناصر التشوه البصري. يتم رصد جميع هذه البنود عن طريق تطبيق بلدي لنس

وذلك بسبب سرعة وكفاءة الرصد عن طريق التسجيل المباشر بواسطة كاميرات الداش كام، بينما يتم رصد 10 عناصر من التصنيف الفرعي بواسطة نظام سدايا و 32 عنصر بواسطة نظام جيوتك وذلك طبقا لإمكانيات الانظمة.

9.1 نتائج الرصد التقليدية:

تقوم غرفة عمليات التشوه البصري بجمع البيانات التي يتم رصدها من قبل مفتشين الأمانة والبلديات الفرعية التابعة لها بشكل أسبوعي عن طريق نموذج موحد في برنامج الاكسل تم إعداده وتوزيعه بواسطة غرفة عمليات التشوه البصري لسهولة الحصول على البيانات. يحتوي الجدول على بيانات الرصد الاساسية وتشمل البلدية الفرعية، الحي، عنصر التشوه البصري المرصود ووحدة قياسه، بالإضافة الى إجمالي أعداد العناصر المرصودة وحالة الإغلاق. في المقابل يفترض النموذج لمعلومات الراصد، احداثيات الرصد، صور الحالة المرصودة مما يصعب عملية متابعة المفتشين والحصول على المعلومات اللازمة في حال الحاجة للرجوع لموقع المخالفة أو المفتش الذي قام بالرصد. ايضا لا يحتوي الملف على وقت وتاريخ رصد المخالفة، وقت وتاريخ إغلاقها وذلك ليتم حساب الزمن المستغرق في إغلاق المخالفات وبالتالي حساب كفاءة الرصد والاغلاق.

بالإضافة الى ماسبق ومن خلال اجراء المقابلات تبين ان البيانات المدخلة يدوياً، خاصة بكميات كبيرة وتفاصيل متعددة، يمكن أن تشكل تحدي في إدارتها والتعامل معها وذلك بسبب عدة عيوب تؤثر على جودة البيانات وكفاءتها والفعالية العامة لعمليات إدارة وتحليل البيانات مثل:

1. عرضة للخطأ البشري: الإدخال اليدوي للبيانات يكون عالي الحساسية للأخطاء، بما في ذلك الأخطاء الطباعية، التكرارات، الحذف، أو عدم الدقة. هذه الأخطاء يمكن أن تؤدي إلى بيانات غير موثوقة، مما يؤثر على التحليلات واتخاذ القرارات.
2. يستغرق وقتاً طويلاً ويتطلب جهداً كبيراً: يتطلب إدخال البيانات يدوياً وقتاً وجهداً كبيرين، مما يجعله عملية غير فعالة، خاصة بالنسبة لمجموعات البيانات الكبيرة والمعقدة نسبياً. هذا يمكن أن يؤخر توفر البيانات للتحليل واتخاذ القرارات.
3. مكلف: غالباً ما يتطلب الإدخال اليدوي للبيانات المزيد من الأفراد، مما يزيد من تكاليف العمل. بالنسبة للمشاريع الكبيرة النطاق، يمكن أن يكون هذا أكثر تكلفة بكثير من العمليات الآلية.
4. مشاكل في التوسع: مع نمو حجم البيانات، تصبح عملية الإدخال اليدوي أكثر صعوبة في الإدارة وغير فعالة. من الصعب توسيع العمليات اليدوية لتلبية متطلبات مجموعات البيانات الكبيرة.
5. قدرة محدودة على تحليل البيانات: يمكن أن يعيق إدارة البيانات يدوياً القدرة على أداء تحليلات معقدة، خاصة عند التعامل مع مجموعات بيانات كبيرة. بالمقارنة، يمكن للأنظمة الآلية معالجة البيانات وتحليلها بسرعة، مما يكشف عن اتجاهات ورؤى تساعد في اتخاذ القرارات والتي لا يمكن أن توفرها العمليات اليدوية.

6. تحديات الاتساق والتوحيد للبيانات: ضمان الاتساق والتوحيد عبر البيانات المدخلة يدويًا يعتبر تحديًا، حيث يمكن أن يكون لدى الأفراد تفسيرات مختلفة لكيفية تسجيل البيانات. يمكن أن يؤدي هذا إلى عدم اتساق يعقد التحليل ويتطلب جدها لتصحيحها.
7. صعوبة في التحديث والصيانة وحفظ البيانات: يمكن أن يكون تحديث وصيانة البيانات يدويًا أمرًا معقدًا عرضة للأخطاء. يمكن للأنظمة الآلية تتبع التغييرات والتحديثات والحفظ بسهولة أكبر، مما يضمن بقاء البيانات حديثة ودقيقة.
8. قيود الوصول والمشاركة: قد لا تكون البيانات المدخلة يدويًا في نظام واحد سهلة الوصول أو متوافقة مع أنظمة أخرى، مما يجعل من الصعب مشاركة البيانات أو دمجها عبر المنصات أو مع أصحاب المصلحة الآخرين.
9. مخاطر الأمان والامتثال: قد لا تمثل عمليات إدخال البيانات يدويًا دائمًا للوائح حماية البيانات والخصوصية، مما قد يؤدي إلى ثغرات أمنية ومشاكل قانونية.

9.2. نتائج الرصد باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي:

إن الانتقال إلى أنظمة إدخال وإدارة البيانات الآلية يمكن أن يساعد في التقليل من عيوب الطريقة التقليدية، حيث يمكن أن تساعد هذه الأنظمة على تحسين الدقة والكفاءة، القابلية للتوسع، الأمان والخصوصية، كما تمكن من إجراء تحليلات متقدمة واكتساب رؤى أكثر تعقيدًا من البيانات تساعد في إدارة عمليات التشوه البصري بفعالية. كل هذه المميزات توفره التقنيات الحديثة المرتبطة بالذكاء الاصطناعي التي تم مناقشتها مسبقًا، حيث تقوم النماذج والتقنيات المستخدمة في الرصد بتوفير جميع البيانات اللازمة والتي افترقت لها طريقة الرصد التقليدية مثل احداثيات الرصد، صور الحالة، معلومات الرصد، مما يساعد في سهولة التعامل مع البيانات الضخمة بواسطة تقنية Big Data، كما وفرت المنصات كما تم مناقشتها سابقا لوحة بيانات شاملة Dashboard تفاعلية لمتابعة اعمال الرصد داخل الامانة.

ومن أجل توحيد المخرجات وإجراء التحليلات اللازمة للبيانات ليتم الاستفادة بها من قبل الجهات ذات العلاقة، تقوم الجهات الرائدة للتشوه البصري بإدخال البيانات في منصة ممثلة كونها المنصة المركزية التابعة لوزارة الشؤون البلدية والقروية والتي يتم عن طريقها ادارة واتمته جميع عمليات وبيانات الرقابة على مستوى الأمانات والبلديات. كما توفر المنصة إمكانية تخصيص المخرجات وربطها بمؤشرات قياس الاداء و لوحة التحكم (Dashboard) داخل الامانة والتي تساعد أصحاب المصلحة بتقييم الأداء وتحديد الاتجاهات واتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على المعلومات المرئية، والذي لا يمكن تحقيقه باستخدام الطرق التقليدية للرصد والتعامل مع البيانات وذلك لمتابعة المستهدفات والأهداف المطلوب تحقيقها من قبل الامانة وذلك من اجل تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030.

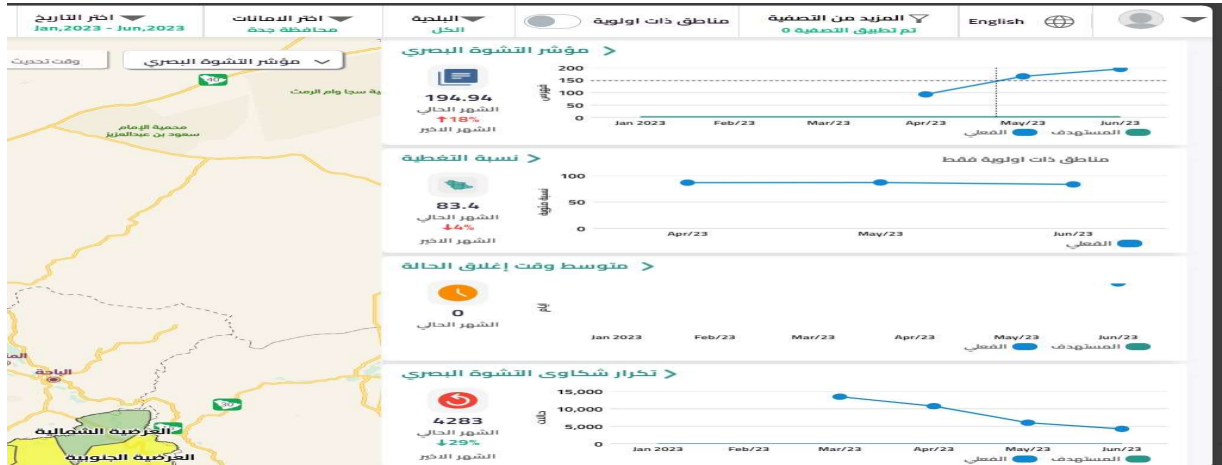
لتحليل نتائج الرصد وفهم أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي على ادارة عمليات رصد التشوه البصري، ومدى فعالية هذه الانظمة مقارنة بطرق الرصد التقليدية، فقد تم استخراج إحصائيات الرصد من منصة ممثّل التابعة لوزارة الشؤون البلدية والقروية وقد تم الاعتماد عليها في مناقشة مخرجات الرصد بسبب ارتباطها بمؤشرات قياس الاداء المتعلقة بأهداف رؤية المملكة 2030.

يحتوي تقرير منصة ممثّل على أربعة مؤشرات رئيسية للتشوه البصري، وهي مؤشر التشوه البصري وهو "مقياس موحد لقياس تأثير التشوه البصري على نطاق المملكة إلى مستوى تحديد صغير يبلغ 1*1 كيلو متر مربع للشبكات الحضرية في جميع أنحاء المملكة"، ومؤشر نسبة التغطية (%)، مؤشر متوسط وقت اغلاق الحالات لتقييم كفاءة الاطراف المسؤولة في معالجة بلاغات التشوه البصري (يوم)، وأخيرا مؤشر تكرار شكاوي التشوه البصري المتكررة داخل نفس المنطقة الجغرافية ذات الخصائص المماثلة (عدد) (MOMRA,2024)

توفر المنصة ايضا خريطة تفاعلية تقدم تمثيلاً بصرياً لمؤشرات التشوه البصري الأربعة، يتم ترميزها بالألوان على الخريطة وهي اللون الأخضر (منخفض)، الاصفر (متوسط)، البرتقالي (مرتفع) واخيرا اللون الاحمر (مرتفع جدا). تساعد الخريطة بشكل سريع على معرفة كفاءة الاستجابة لكل بلدية، حيث يدل اللون الأخضر مثلاً على مناطق الاستجابة السريعة والفعالة، بينما يدل اللون الأحمر على المناطق التي تعاني من تأخير كبير في الاستجابة لشكاوي التشوه البصري. كما يتيح المؤشر الرؤية الواضحة لنسبة تغطية المناطق بالتشوه البصري و معدلات تكرار الشكاوي فيها، مما يساعد متخذي القرار في تحليل الوضع بصورة سريعة وتطوير استراتيجيات لمكافحة التشوه البصري بشكل أكثر فعالية. وحيث ان المنصة تمكن الحصول على بيانات الرصد لفترة لا تزيد عن ستة أشهر، فقد تم تقسيمها إلى ثلاثة فترات رئيسية من أجل تحليل النتائج كما يلي.

9.2.1. الفترة من يناير 2023 إلى يونيو 2023

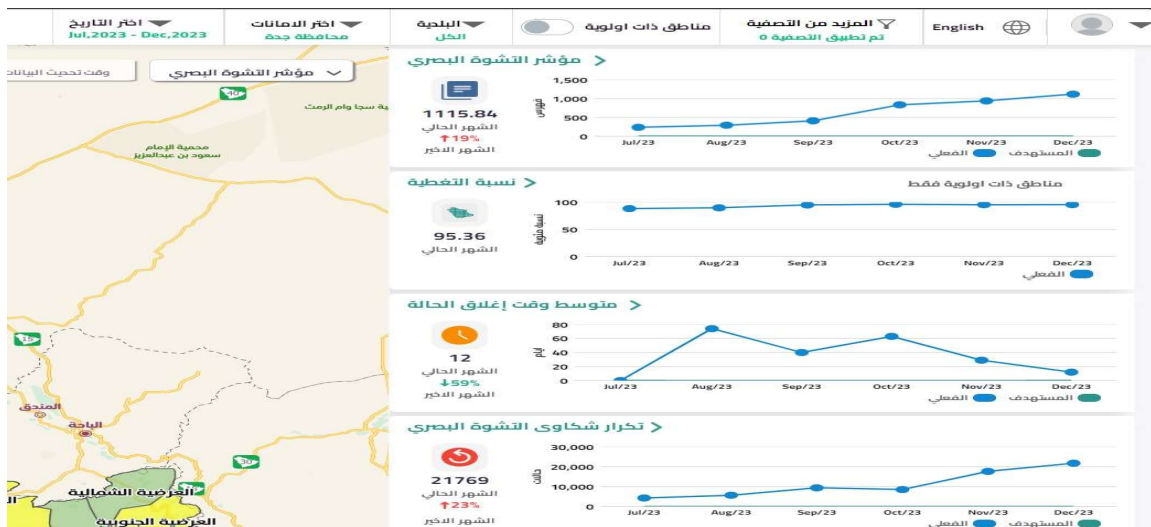
يشير الشكل (5) إلى بداية مؤشر التشوه البصري خلال شهر أبريل وهو وقت بدء استخدام منصة ممثّل، رغم وجود طرق الرصد القديمة. كما يشير الشكل إلى أن معدل تكرار شكاوي بدأ في الانخفاض في مايو مع ارتفاع نسبة الكشف عن التشوه البصري بنسبة 18%، وهو ما يرتبط باستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي سدايا وجيوتك، مع معدل تغطية وصل إلى 83.4 للمناطق ذات الأولوية.



شكل 5: مؤشرات التشوه البصري من يناير 2023 الى يونيو (المصدر: منصة ممثّل) 2023

9.2.2 الفترة من يوليو إلى ديسمبر 2023

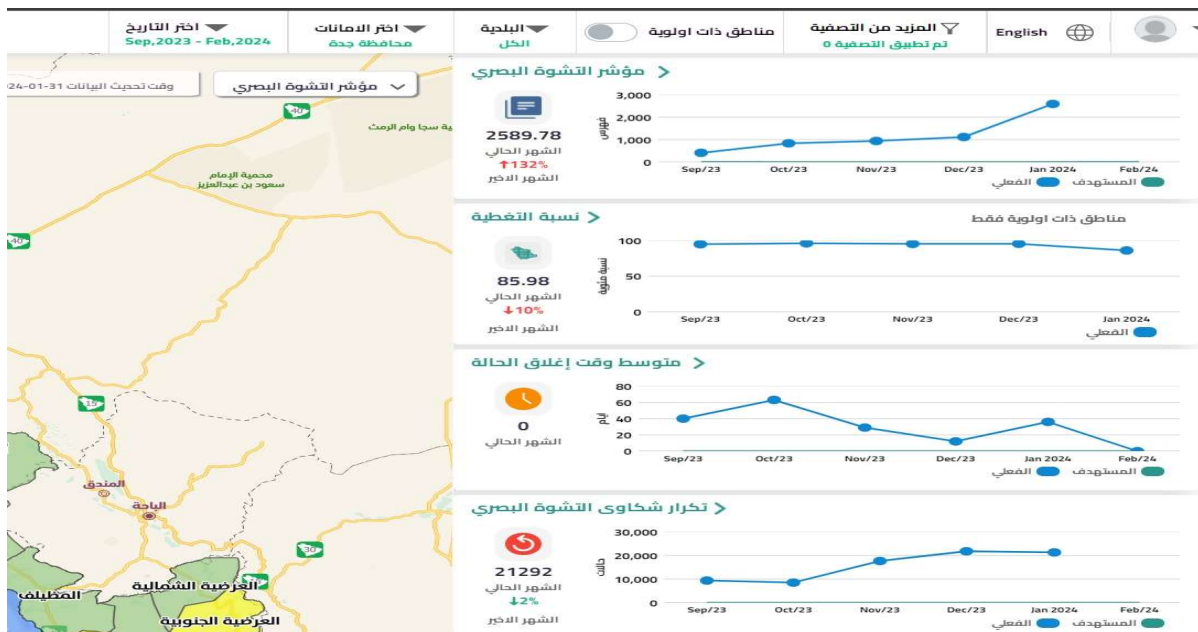
يبين الشكل (6) استمرار مؤشر التشوه البصري في الارتفاع حيث ارتفع المؤشر من 237 في بداية الفترة إلى 1115 في نهايتها، وكذلك ارتفاعاً في نسبة التغطية إلى 95.36%، ويعود ذلك إلى تحسين قدرات الكشف لدى أنظمة الذكاء الاصطناعي (سدايا وجيوتك) وبالتالي إلى زيادة كفاءة عمليات الرصد. ومع ازدياد حالات الرصد فقد ازداد متوسط وقت الاغلاق للملاحظات ليصل ذروته في شهر أغسطس الأمر الذي يعكس الازدياد الكبير في عدد الحالات المرصودة، ولكنه انخفض بنسبة 59% مع نهاية عام 2023 ليصل إلى أقل من 20 يوم لإغلاق الملاحظات المرصودة، حيث أصبح النظام قادراً على رصد المتسبب المحتمل للمخالفة وإيقاع الغرامة ومن ثم اقفال المخالفة آلياً دون الحاجة لإرسال مراقب للموقع.



شكل 6: مؤشرات التشوه البصري من يوليو 2023 الى ديسمبر 2023 (المصدر: منصة ممثّل)

9.2.3. الفترة من سبتمبر 2023 إلى مارس 2024

تشهد الفترة ارتفاعاً مطرداً في مؤشر التشوه البصري (الشكل 7)، يعود على الأرجح، إلى تراكم مستمر لمظاهر التلوث أو تحسينات أكبر في قدرات أنظمة الذكاء الاصطناعي (سدايا وجيوتك). ومع إطلاق أداة الذكاء الاصطناعي الجديدة (بلدي لينز) في يناير ٢٠٢٤، يظهر ارتفاع حاد في المؤشر، إذ يساعد تطبيق بلدي لنس إلى النقاط المزيد من حالات التشوه البصري باستخدام الداش كام. حيث نتج عن ذلك ارتفاع في مؤشر التشوه البصري بنسبة 132%، ورغم ذلك فقد ارتفع معدل وقت إغلاق الحالات إلى 36 يوم مع بدء تطبيق نظام بلدي لنس في شهر يناير لكنه انخفض مرة أخرى مقرباً من الصفر بسبب آلية النظام في تحديد المخالف وإغلاق المخالفة.



شكل 7: مؤشرات التشوه البصري من سبتمبر 2023 إلى مارس 2024 (المصدر: منصة ممثّل)
بناء على تحليل النتائج السابق ذكره فقد توصلت الدراسة إلى أن هناك اختلاف واضح في معدلات الكشف قبل وبعد استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي. حيث ساهم إدخال أنظمة الذكاء الاصطناعي (سدايا وجيوتك) في مايو 2023 إلى زيادة ملحوظة في رصد و اكتشاف التشوه البصري، مما يدل على أن لكل أداة جديدة تأثير على مؤشر التشوه البصري، مع إظهار الأداة الأحدث (بلدي لنس) التأثير الأكثر أهمية مما يدل على فعالية استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وهو ما أكدته الدراسات السابقة، حيث ساهمت منصة ممثّل والمحركات التي تستخدمها في سهولة التعامل مع البيانات الكبيرة وربطها مع الجهات ذات العلاقة من أجل تحديد المتسبب في التشوه البصري، وتشير البيانات أيضاً إلى مساهمة أنظمة الرصد المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي من زيادة كفاءة عمليات الرصد وتقليل الجهد المبذول للرصد مقارنة بطرق الرصد التقليدية .

10. توصيات الدراسة:

1. عمل قاعدة بيانات بين الامانات يتم تزويد نظام ML بها لتحسين عمليات الرصد والفلترة للمخالفات لتقادي رصد الاجسام الغير مرغوبة مثل الاشخاص، الحاويات الغير ممتلئة على سبيل المثال لا الحصر.
2. توحيد شكل بعض الصبات واعمد الحماية وتغذية النظام بها مثل الموجودة امام المنشآت الخاصة بحيث لا يتم رصدها من قبل النظام
3. بحث إمكانية وضع رمز استجابة سريع QR Code على الحاويات يكون قابل للقراءة من قبل انظمة الرصد لتحديد هوية مالك الحاوية وسهولة تتبعه.
4. الربط مع وزارة النقل باستخدام أنظمة تتبع المركبات لمراقبة نقل وتفرغ النفايات ومخلفات البناء إلى المرامم الرسمية وذلك من أجل مكافحة أسباب التشوه البصري المتعلقة برمي المخلفات في الاراضي الفضاء.
5. التحقيق في نماذج الذكاء الاصطناعي التي تتجاوز التطبيقات القياسية من أجل التطور والاستدامة البيئية ، لتقييم مزاياها وقيودها.
6. تحليل فوائد وعيوب تنفيذ تقنيات الذكاء الاصطناعي في سياق المدن الذكية بيئيا ، للكشف عن القصور وتحسين الأداء الحالي.
7. دراسة كيف يمكن للمدن الذكية بيئيا تحقيق توازن متناغم بين الأهداف البيئية والاقتصادية والاجتماعية من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.
8. يقترح توسيع استخدام الذكاء الاصطناعي في الإدارة البيئية ليشمل مختلف أنواع التلوث، مع الاستفادة من قدرة الذكاء الاصطناعي على معالجة مجموعات البيانات الكبيرة.
9. يقترح توسيع استخدام الذكاء الاصطناعي في الإدارة البيئية ليشمل زيادة قدرة تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة على معالجة مجموعات البيانات الكبيرة.
10. يدعو إلى إجراء أبحاث متعددة التخصصات لتحسين نماذج الذكاء الاصطناعي للأغراض البيئية ، بهدف إيجاد حلول أكثر شمولاً وكفاءة.
11. توسيع نطاق الذكاء الاصطناعي في المراقبة البيئية بحيث تركز البحوث اللاحقة كيف يمكن الجمع بين الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيات الاستشعار المتنوعة لتحسين تحديد الملوثات البيئية وفحصها.
12. قد تبحث الدراسات القادمة في كيفية تسخير التقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين دقة تقييمات الهياكل الحضرية وتوقعات جودة الطقس والمساعدة في عمليات صنع القرار المتعلقة بالتنمية البيئية والحفاظ على البيئة.

11. المصادر والمراجع:

منصة ممثّل، وزارة الشؤون البلدية والقروية، تم الاسترجاع في 6 مارس 2024 من

<https://ccc.momrah.gov.sa/vpindexhome>

ريم محمد باوارث. (2022). دراسة مظاهر التشوه البصري في بعض أحياء مدينة جدة: دراسة مقارنة. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، 6(2).

كاظم، زهراء هادي. (2023). تأثير التشوه البصري على الذوق الجمالي للعرض الحضري في محافظة بابل. مجلة نابو للبحوث والدراسات، 32(42)، 416-417.

Ahmed, N., Islam, M. N., Tuba, A. S., Mahdy, M. R. C., & Sujaudhin, M. (2019). Solving visual pollution with deep learning: A new nexus in environmental management. *Journal of Environmental Management*, 248, 109253.

AlElaiwi, M., Al-antari, M. A., Ahmad, H. F., Azhar, A., Almarri, B., & Hussain, J. (2022). VPP: Visual pollution prediction framework based on a deep active learning approach using public road images. *Mathematics*, 11(1), 186.

Bibri, S. E., Alexandre, A., Sharifi, A., & Krogstie, J. (2023). Environmentally sustainable smart cities and their converging AI, IoT, and big data technologies and solutions: An integrated approach to an extensive literature review. *Energy Informatics*, 6(1), 9.

Bhattacharya, S., Somayaji, S. R. K., Gadekallu, T. R., Alazab, M., & Maddikunta, P. K. R. (2022). A review on deep learning for future smart cities. *Internet Technology Letters*, 5(1), e187.

Bukin, O., Proschenko, D., Korovetskiy, D., Chekhlenok, A., Yurchik, V., & Bukin, I. (2021). Development of the artificial intelligence and optical sensing methods for oil pollution monitoring of the sea by drones. *Applied Sciences*, 11(8), 3642.

Chmielewski, S., Lee, D. J., Tompalski, P., Chmielewski, T. J., & Wężyk, P. (2016). Measuring visual pollution by outdoor advertisements in an urban street using intervisibility analysis and public surveys. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(4), 801-818.

Hossain, M. Y., Nijhum, I. R., Shad, M. T. M. S., Sadi, A. A., Peyal, M. M. K., & Rahman, R. M. (2023). An end-to-end pollution analysis and detection system using artificial intelligence and object detection algorithms. *Decision Analytics Journal*, 8, 100283.

Liang, L., & Gong, P. (2020). Urban and air pollution: A multi-city study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends. *Scientific Reports*, 10(1), 18618.

Ministry of Municipal and Rural Affairs and Housing "MOMRA". (2024). Balady services home page. Retrieved February 19, 2024, from <https://ccc.momrah.gov.sa/vpindexhome>

Mishra, M., & Lourenço, P. B. (2024). Artificial intelligence-assisted visual inspection for cultural heritage: State-of-the-art review. *Journal of Cultural Heritage*, 66, 536-550.

Nagireddy, S. R. (2023). Artificial Intelligence and Its Impacts on Project Management (Doctoral dissertation, University of the Cumberland).

Saudi Data and Artificial Intelligence Authority (SDAIA). (2022). Global AI Summit - Detailed Report. Saudi Data and Artificial Intelligence Authority.

-
- Sheoraj, Y., & Sungkur, R. K. (2022). Using AI to develop a framework to prevent employees from missing project deadlines in software projects-case study of a global human capital management (HCM) software company. *Advances in Engineering Software*, 170, 103143.
- Voda, A. I., & Radu, L. D. (2018). Artificial intelligence and the future of smart cities. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 9(2), 110-127.
- Wakil, K., Naeem, M. A., Anjum, G. A., Waheed, A., Thaheem, M. J., Hussnain, M. Q. U., & Nawaz, R. (2019). A hybrid tool for visual pollution assessment in urban environments. *Sustainability*, 11(8), 2211.
- Wakil, K., Naeem, M. A., Anjum, G. A., Waheed, A., Thaheem, M. J., & Hussnain, M. Q. (2019). The assessment and mapping of urban visual pollution through an assembly of open source geospatial tools. *Proceedings of the Real Corp*, 723-730.
- Youme, O., Bayet, T., Dembele, J. M., & Cambier, C. (2021). Deep learning and remote sensing: Detection of dumping waste using UAV. *Procedia Computer Science*, 185, 361-369.

The Limitations of Traditional Construction Quality Management in Large-Scale Infrastructure Projects in Saudi Arabia

Ismail Ujaimi – إسماعيل عجيبي - LNQ-8916-2024

Construction Quality Manager, PhD Candidate, College of Management, Midocean University, Saudi Arabia

Email: Ismail.Ujaimi@gmail.com

Rabab Alsaigh – رباب الصايغ

Project Management Information Systems (PMIS), Business Analysis, PhD Candidate, College of Management, Midocean University, Saudi Arabia

Email: RababAlsaigh@gmail.com

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أوجه القصور الجوهرية في ممارسات إدارة جودة البناء التقليدية (CQM) في مشاريع البنية التحتية واسعة النطاق في المملكة العربية السعودية، في ظل التوسع الكبير الذي يشهده القطاع ضمن مستهدفات رؤية المملكة 2030. واعتمدت الدراسة على منهجية بحثية مزدوجة تجمع بين التحليل النوعي لبيانات مشاريع حقيقية تمتد لسنوات، وتحليل كمي قائم على استبيان موجه إلى مجموعة كبيرة من المتخصصين والمهنيين في قطاع التشييد. تكشف نتائج الدراسة عن وجود تحديات متكررة ومؤثرة ترتبط بفعالية أنظمة الجودة التقليدية، أبرزها طول مدد إغلاق تقارير الملاحظات وعدم المطابقة، وتكرار المشكلات المرتبطة بالمواد وأعمال الحفر والردم، إضافة إلى ضعف الالتزام بالإجراءات والمواصفات المعتمدة. كما أبرزت نتائج الاستبيان إدراكا واسعاً بين المهنيين لقصور الأساليب اليدوية والتقليدية، ووجود استعداد عالٍ لتبني حلول تعتمد على الذكاء الاصطناعي، لما تقدّمه من قدرة على التنبؤ بالمشكلات، وتحسين الرقابة، ورفع مستوى كفاءة إدارة الجودة. وتؤكد الدراسة ضرورة التحول من أنظمة الجودة التقليدية القائمة على التوثيق اليدوي وردود الفعل المتأخرة، إلى أنظمة رقمية تعتمد على البيانات والتحليلات التنبؤية، مما يسهم في تحسين أداء المشاريع، وخفض معدلات الأخطاء وإعادة العمل، ورفع جودة التنفيذ، بما يواكب التوجه العالمي نحو التحول الرقمي في قطاع التشييد.

الكلمات المفتاحية: إدارة جودة البناء، مشاريع البنية التحتية، الذكاء الاصطناعي، مراقبة الجودة، المملكة العربية السعودية.

Abstract

This paper investigates the effectiveness of Construction Quality Management (CQM) Practices in the context of large scale and complex infrastructure projects in Saudi Arabia. The aim is to identify the specific limitations of traditional methodologies and practices used in quality, and to explore the potential of Artificial Intelligence (AI) to address these challenges. A mixed-method approach was used, combining both qualitative analysis of projects data, and insights from a quantitative survey from professional working on the same industry. The analysis reveals significant inefficiencies in traditional CQM practices. Highlighted findings include long resolution times for quality issues, average 91 days for Site Observation reports (SOR) and 101 days for Non-Conformance Reports (NCR), and other issues remaining unresolved for more than a year. The most frequent issues relate to asphaltting works, material management, trenching and excavation, and procedural non-compliance. These issues indicate systematic problems that are not effectively addressed using current CQM practices. The analysis of the survey data complements these findings, with professionals highlighting challenges in defect tracking, compliance with specifications, and implementing corrective and preventive actions. The study also found a high level of interest and readiness among those professionals for adopting AI based solutions to help address those challenges. Overall, the study provides robust real world empirical evidence of the limitations of traditional CQM practices in large scale infrastructure projects. By integrating and interpreting detailed projects data from ongoing infrastructure projects in Saudi Arabia, it offered a comprehensive view of the challenges and provides a strong recommendation and a case for the adoption of AI powered tools to enhance and improve the effectiveness of quality practices and the overall quality outcomes in the construction industry.

Keywords: Construction Quality Management (CQM), Infrastructure Projects, Construction Industry, Artificial Intelligence (AI), Saudi Arabia.

Introduction

Quality management in all industries including construction is fundamental for ensuring that projects consistently meet design specifications, adhere to regulatory requirements, while meeting client expectations. For many years, traditional CQM has been built upon a foundation of methodologies emphasizing adherence to established rules, procedures and measurement of non-conformance and rework (Love et al., 2023). This approach often involves extensive human based manual inspections and manual logging of site observations and nonconformities, and reactive problem solving which can be inefficient and prone to human error. Such methods consume significant time and resources, contributing to project delays and cost overruns due to labor nature of onsite checks and documentation. Furthermore, reliance on human observations introduces subjectivity and the potential for oversight or fatigue, leading to undetected defects (Aichouni et al., 2014).

In Saudi Arabia, some large-scale projects frequently encounter significant time and cost overruns, these traditional quality control methodologies proven particularly inadequate (AlMunifi & Almutairi, 2021). For instance, studies reveal a significant misunderstanding of quality management system strategies among Saudi construction firms, highlighting organizational culture as a major impediment to effective QMS implementation (Aichouni et al., 2014). This underscores the urgent need for innovative quality assurance and control methods that can enhance precision and efficiency, moving beyond the prevalent reliance on traditional approaches and their associated inefficiencies (Toyin & Sattineni, 2025). Despite technological advancements like Building Information Modeling and advanced project management software, the construction sector, particularly in Saudi Arabia, still struggles to fully leverage emerging technologies such as Artificial Intelligence to address persistent challenges in quality management.

With the increase of size and complexity of modern infrastructure projects, the traditional quality control approaches face a growing challenge in maintaining consistent standards. In Saudi Arabia, and since the announcement of its ambitious 2030 Vision, the construction sector has experienced a rapid expansion and huge infrastructure initiatives to support it, project outcomes sometimes reveal deficiencies and weakness during implementation stages due to size and complexity of projects. This paper provides a comprehensive examination of the limitations of these conventional CQM practices, incorporating a thorough literature review, a detailed problem background, and an outline of the research methodology. The study's importance lies in leveraging empirical data from a major infrastructure program in Jeddah to quantify inefficiencies inherent in outdated CQM methods and underscores the critical need for transforming and adoption toward technology driven solutions.

Research Problem

The construction market in the Kingdom of Saudi Arabia considered the largest in the Gulf region, it faces considerable issues related to inefficiency and ineffectiveness in project delivery (AlMunifi & Almutairi, 2021). This is particularly evident in the persistent challenges related to quality, which includes reworks, delays, and cost overruns (Kashif et al., 2022). As project size increases, the volume of data, the number of stakeholders, and the geographic distribution of some infrastructure projects creates a highly challenging environment. In such conditions, traditional CQM practices using manual and paper-based forms, or segmented spreadsheets cannot effectively manage. As a result, several critical issues arise including delayed communication, poor data gathering and availability, inconsistent process implementation, and a reactive rather than proactive approach toward quality control. This leads to persistent quality deficiencies, evidenced by frequent reworks and project delays, which ultimately escalate costs and affect overall project performance (Kashif et al., 2022).

These issues underscore a significant gap between current quality management practices and the desired project outcomes, contributing to suboptimal structural integrity, and safety concerns, and the recurring problem of rework, delays, and cost overruns (Vishe, 2023). The financial implications of these quality failures are substantial, according to Lawani et al. (2022) rework of defective components estimated to constitute 6% to 15% of total construction costs. The contribution of this study to the construction industry and academia is to highlight these major issues in current CQM practices and provide a recommendation and a case for the importance of adoption of modern and digital solutions. These solutions, including AI, can lead to higher quality, reduce costs, and improve safety on construction projects while meeting or exceeding customer expectations. The integration of such technologies moves beyond the limitations of traditional, manual, inspections methods, offering enhanced precision and efficiency in quality assurance and control (Toyin & Sattineni, 2025).

Importance of the Study

This study is particularly significant for the rapidly expanding Saudi construction sector, which despite its substantial market share, often struggles with inadequacies in quality management system implementation and consistent adherence to quality requirements. An empirical study by Aichouni et al. (2014) revealed a clear misunderstanding of Quality Management Systems (QMS) and associated tools among construction firms within the kingdom. Many construction firms still not fully perceive or implementing known quality frameworks such as ISO 9001. This deficiency of applying frameworks often leads to

significant increases in cost of quality, encompassing appraisals, prevention, and internal / external failure costs. As a result, the profitability and competitiveness of construction firms decrease, as well as stakeholders' overall satisfaction. This situation increases the necessity for critical re-evaluation of the existing CQM practices and understand how modern technologies, particularly AI, can moderate the impact of these deficiencies (Khadim et al., 2023).

The overarching goal is to transform traditional, often manual, quality practices which are long associated with inefficiencies into more precise and efficient digital workflows (Toyin & Sattineni, 2025). This transformation is critical for managing the increasing scale and complexity of mega infrastructure projects with optimal quality, efficiency, and cost-effectiveness (Luo et al., 2022; Othman et al., 2020). Transitioning from conventional quality management approaches to digitally enhanced systems is essential to mitigate pervasive issues such as rework and defects, which can constitute 6% to 15% of total construction costs (Lawani et al., 2023), while also bridging the gap toward adopting AI technologies for improved quality assurance. Traditional methods often fail to convert the vast amounts of quality management data into actionable insights, which can be addressed by automated, data-driven systems such as big data. By integrating AI and digital tools, construction projects can achieve more consistent and reliable quality outcomes, prevent costly non-conformities, and meet the industry's evolving demands, paving the way for sustainable advancements in the sector (Sota, 2017).

Study Objectives

The primary objectives of this study is to understand and to quantitatively analyze the performance of a traditional Construction Quality Management (CQM) system by examining key metrics such as the volume, type, and resolution time of quality issues in a large-scale infrastructure project. Also, assess the perceptions and experiences of construction professionals regarding the effectiveness of traditional CQM practices, including management and organizational awareness, and their readiness, especially at the top management, to adopt AI-powered solutions. Additionally, identify specific failure points and bottlenecks in traditional CQM workflows that are exacerbated by project scale and complexity; and to provide a set of actionable, evidence based recommendations for the construction industry to transition towards a more effective, data-driven, and technologically advanced approach to quality management. This will help the construction industry in bridging the gap for leveraging the growing AI-based technologies to enhance project outcomes and foster a culture of proactive quality assurance, ultimately moving towards defect-free project delivery.

Theoretical Literature of the Study

The theoretical foundation of this study is rooted to the established principles of quality management as defined by frameworks such as The Project Management Body of Knowledge (PMBOK) and ISO 9001 (International Organization for Standardization, 2015; Project Management Institute, 2021). These frameworks advocate for systematic approach to quality through quality planning, assurance & control, and continuous improvement. This study is applying these principles to a real-world ongoing infrastructure project in Jeddah, to test their practical limitations. Furthermore, the research draws upon the emerging body of literature surrounding the application of AI in the construction industry. The theoretical model applied is one of a technology-acceptance framework, where the identified shortcomings of the traditional system create a clear need for the adoption of new technologies like AI to overcome inherent human and systemic limitations in processing vast amounts of data and identifying complex patterns. This integration facilitates more predictive and proactive quality management strategies, moving beyond reactive problem solving approach.

Review of Previous studies

The construction industry has long been identified as one of the least digitized sector, a factor that contributes significantly to its well documented struggle with productivity, cost overruns, quality issues, and project delays. Despite the availability of digital technologies, quality management in construction and its adoption to technology has still not received research attention and efforts compared to other industries (Luo et al., 2022). This reliance on manual processes makes the management of large and mega projects unnecessarily complicated. Abioye et. al. (2021) directly link this lack of digital maturity to “poor quality performance”, uninformed decision making and poor performance. It suggests a clear need for advanced technological integration to mitigate these issues within the sector (Datta et al., 2024). Previous studies have consistently identified several key themes where traditional Construction Quality Management practices fail:

- **Misunderstanding and inadequate implementation of Quality Management Systems:** Many construction firms do not fully perceive or implement known QMS like ISO 9001, often due to lack of understanding and training or organizational readiness to adopt it (Aichouni et al., 2014).
- **Inadequacy of tools, Poor data visibility, and converting data to actionable information:** Manual, paper-based, or spreadsheet-driven systems, and segmented data gathering struggle to manage large volumes of data, leading to difficulties in transforming data into usable insights or reports for better decision making (Ji, 2018).

- **Inconsistent process implementation:** Traditional methods often lead to variations in how quality control is applied. These inefficiencies often result in misinterpretations of quality requirements and delayed identification and resolution of defects, further exacerbating project risks and compromising final output quality (Kashif et al., 2022).
- **Reactive rather than proactive quality control:** This approach means that issues are frequently identified and addressed only after they have manifested, rather than being prevented through systematic measures. Which leads to significant negative consequences on project performance (Vishe, 2023).
- **Inefficiency and ineffectiveness in project delivery:** This widespread issue in the construction sector, due insufficient QMS and practices, frequently leads to significant consequences such as rework, extensive delays, and substantial cost overruns (AlMunifi & Almutairi, 2021; Kashif et al., 2022).
- **Poor quality performance, uninformed decision-making, and low productivity:** These are directly linked to the lack of digital maturity and reliance on traditional methods which cannot produce insights for better decision making and for better decision and mitigation of risks (Datta et al., 2024).
- **Delayed and inconsistent communication:** The complexity of large projects, coupled with numerous stakeholders and geographic distribution, creates communication hurdles that makes the exchange of project requirements and expectations harder (Fawzy et al., 2025).
- **Significant cost of quality implications:** Traditional deficiencies in construction quality management result in substantial appraisal, prevention, and internal/external failure costs. These costs are exacerbated by the industry's reliance on manual processes and reactive approaches, leading to inefficiencies and project delivery challenges (Kashif et al., 2022).
- **Lack of digital maturity and reliance on manual processes:** The construction industry is one of the least digitized sectors, with a heavy dependence on manual QA/QC practices (Toyin & Sattineni, 2025).

These failures primarily revolve around inconsistent application of quality protocols, inadequate data capture and analysis, and reactive rather than proactive defect management (Luo et al., 2022). Researchers constantly highlight that construction projects frequently suffer from rework, delays and cost overruns due to deficiencies in quality management processes (Kashif et al., 2022). To this end, the integration of AI in CQM presents a transformative opportunity to enhance precision, effectiveness and efficiency of CQM processes, which can help to move the current CQM practices beyond the limitations of manual ones.

The discussion above highlights the research gap and the need for more empirical, real world and field based evidence which is addressed by this paper. It not only confirms the widely acknowledged challenges but also quantifies their impact in the context of a large-scale infrastructure program. While previous studies have often been broader in scope or based on surveys alone, this paper integrates data from completed and ongoing projects and a survey response from professionals working in the same and similar programs. This combination provides a more holistic and grounded analysis and insights results.

Research Methodology

This study used a mixed-method approach, as guided by the framework outlined in *Designing and Conducting Mixed Methods Research* by Creswell and Plano Clark (2018). The methodology involved two primary components, a qualitative analysis of projects data to examine actual construction quality management outcomes, and a quantitative assessment through a survey capturing stakeholder perceptions regarding current practice and the potential for AI enhancement. This configuration allows for a robust evaluation of both the operational realities and managerial readiness within large scale infrastructure projects.

The first part of the methodology is Qualitative analysis of archival data. A detailed analysis was conducted on the PMO Quality Master Log from infrastructure program in Jeddah. This log included 329 quality field reports, including 246 SORs and 83 NCRs, spanning a six-year period from January 2019 to January 2025. The analysis focused on key metrics such as frequency of different issue types, the time taken to close reports and the distribution of issues across different projects and contractors. Issues were categorized into 4 major parts, Procedural, Materials, Excavation-related, and concrete. The validity of this data is high, as it represents official project records.

The second part involved a survey of construction professionals, a sample of 187 was collected from professionals with experience working on the same program and similar ones in Saudi Arabia. The survey instrument was designed to gather data on their professional background, their experiences with CQM challenges, and their perceptions of AI's potential role in quality management. The reliability of experienced professionals, with over 70% of respondents having more than 10 years of experience. This dual-methodological approach provides a robust framework to not only identify prevailing CQM deficiencies but also to explore the moderating influence of AI on project outcomes

Results

The analysis of PMO logs and survey data revealed recurring quality deviations and extended resolution times for site observations and non-conformities, in large-scale infrastructure projects. Highlighted issues includes largely unfollowed procedures, which contributed as a root cause for other recurring issues. Survey responses further highlighted stakeholders recognition of these challenges and the potential for AI-Driven solutions to enhance the traditional CQM practices.

PMO Log Analysis

The PMO log analysis revealed two dominant patterns for quality non-conformance. First, prolonged resolution times were observed across SORs and NCRs. The analysis shows systematic inefficiencies in reactive quality management. The average closure time for SORs was 91 days (median 40 days), and for NCRs, it was 101 days (median 52 days), with extremes reaching 1,482 days for SOR and 613 days for NCR. These delays were closely linked to failures in following prescribed work procedures, making it hard to solve and close the non-conformance work. Unfollowed work procedures also acted as root cause for the recurrence of many issues across projects, indicating a reactive than proactive CQM practices. The predominance of poor closure responses as shown on Figure (1), with 64% delay for SORs and 72% for NCRs, underscores the inadequacy of traditional CQM practices in managing large-scale infrastructure projects proactively, emphasizing the need for more structured and technology-supported approaches.

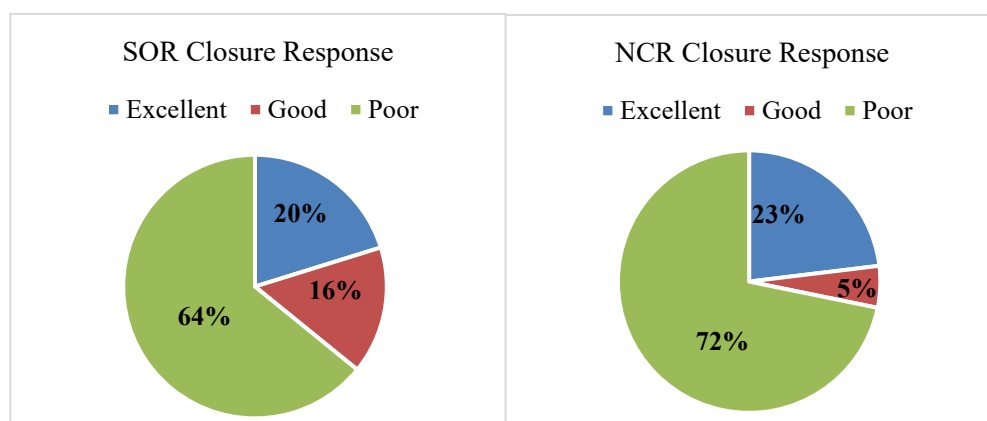


Figure (1) SORs and NCRs Closure response

Second, high frequency issues categories were identified, with core construction activities accounting for the majority of non-conformity. Table (1) below gives a summary of total occurrences of each category and sub-categories. With Materials scoring the highest (154 occurrences), Storage issues (55), and approvals issues (53). Second was Trench related activities (total 148), with further subcategory analysis revealing procedural deviations such as improper layering and compaction (51), lack of dewatering methodology (49). Concrete related issues had the lowest occurrences (84), since it was issued between 2019 and 2021 when cast in situ were allowed, and before changing the supplying of concrete elements to precast, supplied from specialized factories. This shift to precast concrete significantly mitigated on-site quality control challenges associated with concrete pouring and curing to a controlled manufacturing environment, significantly reducing the incidence of concrete pouring issues onsite.

Table (1) Total Occurrences of Quality Issues for each Category

Category	Sub-category	No. of Occurrences	Category Total
Trench	Trench-Irruglar Cut	19	167
	Trench-Backfilling	51	
	Trench-Caves	19	
	Trench-Dewatering	49	
	Trench-Utilities	16	
	Trench-Asphalting	13	
Materials	Materials-Damage	39	153
	Materials-Storage	55	
	Materials-Approval	53	
	Materials-Unavialble	6	
Procedures	Procedures-Unfollowed	48	131
	Procedures-Drawing Approval	28	
	Procedures-Specs.	24	
	Procedures-MOS	31	
Concrete	Concrete-Reinforcement	17	84
	Concrete-Formwork	21	
	Concrete-Water-Stop	3	
	Concrete-PreCasting	4	
	Concrete-After Casting	34	
	Concrete-Coating	5	

The analysis identified 131 instances of procedural non-compliance, highlighting a systemic weakness in following established quality management processes. These were categorized into four main areas: Procedures – Unfollowed (48), Drawing Approval (28), Specifications unfollowed (24), and unfollowed Method of Statement (MOS) (31). Each category contributed to recurring quality deviations; for example, failures to follow approved drawings or MOS frequently resulted in improper installations, while deviations from specifications led to material and workmanship non-conformances. This breakdown emphasizes that procedural lapses are a primary driver of both recurring issues and prolonged resolution times in large-scale infrastructure projects. These findings corroborate earlier research highlighting the construction industry's struggle with a "right first time" culture and the significant impact of unforeseen changes and human behaviors on project delivery (Ford et al., 2023).

Survey Analysis

The survey findings indicate widespread recognition of challenges associated with traditional CQM practices. Among the 187 respondents, the highest reported difficulties were in tracking and closing defects, ensuring compliance with specifications, and addressing gaps in workforce skills and training. Table 2 presents the detailed distribution of responses, including weighted averages. For example, 49.14% of respondents agreed and 13.71% strongly agreed that early identification of quality defects is challenging, resulting in a weighted average of 3.53. Similarly, 47.70% agreed and 24.71% strongly agreed that gaps in workforce skill and training affect quality management, with a weighted average of 3.81. These results align closely with the PMO log analysis, which showed prolonged resolution times and recurring quality issues due to procedural lapses, highlighting that operational bottlenecks are well recognized by professionals and have tangible impacts on project outcomes.

Challenge	Strongly Disagree	Disagree	Neutral / Not Sure	Agree	Strongly Agree	Total Respondents	Weighted Average
Difficulty in identifying quality defects at early stages	2.29%	18.86%	16.00%	49.14%	13.71%	175	3.53
Challenges in managing and tracking defect resolution	2.89%	16.76%	13.29%	54.91%	12.14%	173	3.57
Difficulty ensuring compliance with standards/specifications	5.78%	17.92%	17.92%	41.62%	16.76%	173	3.46
Ineffectiveness in implementing corrective actions	6.90%	25.86%	19.54%	39.08%	8.62%	174	3.17
Lack of structured preventive action mechanisms	4.62%	16.18%	24.28%	42.77%	12.14%	173	3.42
Gaps in workforce skill level and training	4.02%	8.05%	15.52%	47.70%	24.71%	174	3.81
Absence of standardized quality strategies or best practices	5.17%	18.39%	17.24%	43.68%	15.52%	174	3.46

For the effect of CQM practices on construction projects outcomes, cost, time, overall quality and customer satisfaction, most respondents agree that quality management practices help control project costs, reduce rework, and proactively mitigate cost-related risks. Weighted average scores are high (around 4.0), indicating strong confidence in the cost benefits of quality practices. There is broad agreement that robust quality management reduces schedule overruns and that early detection of quality issues helps avoid delays. Scores for schedule-related items are among the highest, reflecting strong positive perceptions. Respondents also believe that quality management improves overall project quality, with high agreement that outputs comply with standards and that post-handover defects are minimal. Customer satisfaction is positively linked to quality management, with most participants agreeing that clients are satisfied and that feedback is used to improve performance. In summary, the data shows that quality management practices are widely seen as beneficial for cost control, schedule adherence, project quality, and customer satisfaction in current projects.

Moreover, the survey revealed a strong appetite for AI and digital technologies to enhance quality management (Table 3). Over 80% of respondents indicated confidence that AI could meaningfully improve CQM outcomes, especially in areas such as automated defect detection, predictive analytics for quality issues, and automated compliance verification. These expectations are directly aligned with challenges frequently detected such as materials storage and approvals, highlighting the limitation of traditional, reactive quality management practices. The survey responses also underscore not only a readiness to embrace technological solutions but also a recognition that AI could proactively address inefficiency and reduce the recurrence of preventable non-conformities, bridging the gap between current operational realities and the potential for data-driven quality improvement and decision making.

Table (3) Survey Responses on Readiness for AI Adoption		
AI Application Area	Number of Respondents	Percentage (%)
Automated defect detection	152	81%
Predictive analytics for quality issues	149	80%
Automated compliance checking	145	78%
AI-assisted reporting & dashboards	130	69%
Resource optimization & planning	125	67%

Conclusion and Discussion of Results

The findings of this study unequivocally indicate that traditional CQM practices are no longer adequate for managing quality in large-scale infrastructure projects. The qualitative analysis of PMO logs highlights systematic inefficiencies that have a direct impact on projects' performance. Prolonged resolution times for site observations and non-conformity reports, SORs & NCRs, were particularly highlighted, with average closure times of 91 days for SORs, and 101 days for NCRs, with medians of 40 and 52 days respectively, and extremes reaching 1,482 and 613 days. These delays were closely associated with procedural lapses, including failures to follow approved work procedures, drawings, specifications and MOS, which acted as a root cause for the recurring of non-conformities. Analysis of issue categories further revealed that fundamental construction activities including materials storage and approvals, trenching activities, and dewatering were accounted for the majority of reported issues. This finding reinforces the notion that adherence to core procedures remain a critical vulnerability in traditional CQM practices. Additionally, these issues raise the need to having more preventive quality system than reactive ones.

The survey data is complementing the operational findings, demonstrating that professionals on the ground are aware of these limitations of current CQM practices. Among 187 respondents, 76% reported difficulties in tracking and closing defects, 74% highlighted challenges in ensuring compliance with specifications, and 70% struggled with implementing corrective actions timely. High recognition of these challenges across the workforce underscores the systematic nature of the problem and aligns with previous studies that have identified the construction industry's overreliance on manual process and low digital capabilities as primary causes of inefficiencies (Luo et al., 2022; Abioye et al., 2021; Datta et al., 2024). Moreover, the survey revealed a strong appetite for AI and digital technologies, with 80% of respondents indicating confidence that AI could significantly enhance quality management outcomes, particularly in automated defect detection, predictive analytics, and compliance verification.

Integrating these quantitative and qualitative findings strengthens the evidence that traditional CQM practices struggle to cope with the scale and complexity of modern infrastructure projects. The combination of delayed responses, recurrent procedural violations, and the limited capacity of existing tools (manual logs, spreadsheets, segmented reporting) not only increases the risk of rework and cost overruns but also undermines structural integrity and safety. These results echo prior research on the inefficiency of conventional CQM systems and further demonstrates the need for a paradigm shift (Aichouni et al., 2014; Kashif et al., 2022; Lawani et al., 2023).

Overall, the study emphasizes that while the foundational principles of quality management (Planning, control, assurance, and continuous improvement), remain valid, their execution through traditional, manual, and reactive method is sufficient for large scale projects. The empirical evidence provided by the PMO logs, coupled with the perceptions captured in the survey, highlights the critical need to adopt technology augmented solutions. Technologies such as AI-driven analytics, automated compliance monitoring, and predictive quality control systems will help in moving the current CQM practices forward. Such transition would not only enhance the effectiveness and efficiency of CQM practices but also provide a scalable framework capable of managing the complexities of modern construction projects. It can lay the foundation and groundwork for further research on AI integration in construction quality management.

Recommendations

Based on the findings of this study, the following recommendations are presented to address the limitations of traditional CQM and guide researchers and the construction industry toward a more effective, data driven, proactive approach:

- **Standardize Quality Processes and Checklists:** the high frequency of having segmented manual tools such as spreadsheets, and the high frequency of basic quality issues highlights the need for greater standardization. The use of enterprise platforms such as ACONEX help to digitize the checklists and standardized workflows, enforcing through digital platforms, can ensure critical quality steps are followed.
- **Promote Training and Upskills:** survey results indicated a need for both AI-related training and reinforcement of fundamentals quality management principles. A skilled workforce is better equipped to adopt new technologies and help to apply quality processes effectively.
- **Move away from disconnected spreadsheets:** there is a need to stop using paper-based logs by implementing centralized, cloud-based quality management platforms. This ensures all stakeholders work with the same real-time data, improving coordination and decision-making.
- **Adopt Integrated Digital Platforms:** the use of platforms such as ACONEX can consolidate data and reports from all project segments and departments, providing a unified view of project quality and simplifying the integration and the use of AI-powered capabilities.

- Invest in AI-Powered Analytics: Transition from reactive to proactive quality management by leveraging AI and machine learning tools. These technologies can analyze historical data to predict potential quality issues, enabling preventive actions and reducing rework.

By embracing these recommendations, the construction industry can move towards a more efficient, proactive, and data-driven approach to quality management, ultimately leading to higher quality projects delivered on time and within budget.

References

1. Aichouni, M., Ait Messaoudene, N., Ibraheem Al-Ghonamy, A., & Touahmia, M. (2014). An empirical study of quality management systems in the Saudi construction industry. *International Journal of Construction Management*, 14(3), 181.
2. AlMunifi, A. A., & Almutairi, S. (2021). Lessons Learned Framework for Efficient Delivery of Construction Projects in Saudi Arabia. *Construction Economics and Building*, 21(4).
3. Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
4. Datta, S. D., Islam, M., Sobuz, Md. H. R., Ahmed, S., & Kar, M. (2024). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review [Review of Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review]. *Heliyon*, 10(5). Elsevier BV.
5. Fawzy, A., Tahir, A., Galster, M., & Liang, P. (2025). Exploring data management challenges and solutions in agile software development: a literature review and practitioner survey [Review of Exploring data management challenges and solutions in agile software development: a literature review and practitioner survey]. *Empirical Software Engineering*, 30(3). Springer Science+Business Media.
6. Ford, G., Gosling, J., & Naim, M. M. (2023). On quality and complexity: non-conformance failures, management perspectives and learning outcomes on a highways megaproject. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(10), 2539.
7. Ji, W. (2018). *Simulation-Based Analytics for Fabrication Quality-Associated Decision Support*. arXiv (Cornell University).
8. International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements*. ISO.
9. Kashif, A., Sajjad, M., & Ekatrina, G. (2022). Evaluating Quality Management System of Construction Projects. *International Journal of Performability Engineering*, 18(7), 492.
10. Khadim, N., Thaheem, M. J., Ullah, F., & Mahmood, M. N. (2023). Quantifying the cost of quality in construction projects: an insight into the base of the iceberg. *Quality & Quantity*, 57(6), 5403.
11. Lawani, K., Sadeghineko, F., Tong, M., Hare, B., & Ho, G. (2023). Digital Transformation of Health and Safety in Construction (CIBW099W123): Book of Proceedings. In FEUP eBooks.

12. Love, P. E. D., Matthews, J., Porter, S. R., Carey, B., & Fang, W. (2023). Quality II: A new paradigm for construction. *Developments in the Built Environment*, 16, 100261.
13. Luo, H., Lin, L., Chen, K., Antwi-Afari, M. F., & Chen, L. (2022). Digital technology for quality management in construction: A review and future research directions [Review of Digital technology for quality management in construction: A review and future research directions]. *Developments in the Built Environment*, 12, 100087. Elsevier BV.
14. Othman, I., Mohamad, H., Napiah, M., Ghani, S. N. M., & Zoorob, S. E. (2020). FRAMEWORK TO ENHANCE THE IMPLEMENTATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN CONSTRUCTION. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 5(12), 78.
15. Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition*. Project Management Institute, Inc.
16. Sota, O. L. (2017). Application of artificial intelligence for construction project planning.
17. Toyin, J. O., & Sattineni, A. (2025). Innovative Approaches to QA/QC in Construction: Current State. 1(1).
18. Vishe, T. (2023). Implementation of Site Quality Management System for a Building Construction Project Sites. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(6), 4734.