

عنوان البحث

تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على إدارة التكلفة في مشاريع البناء في إمارة أبوظبي

إعداد الطالب/ة

مشاعر محمد الحسن عوض الكريم العطا

إشراف/

د. الفصيل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2023

مقدمة:

تعتبر إمارة أبو ظبي من أبرز المدن في منطقة الشرق الأوسط التي حدثت بها طفرة عمرانية متسارعة في العقدين الأخيرين، ويعزى ذلك إلى مشاريع البنية التحتية الضخمة، والمخططات التنموية الطموحة الهادفة لأن تعزز من جودة الحياة، وتدعم النمو الاقتصادي المستدام. كما أن هناك انسجام ما بين تلك الجهود، ورؤية أبو ظبي الاقتصادية 2030 التي تعتبر الابتكار، والتحول الرقمي من أهم الأولويات، مؤكدة على أهمية على تطوير قطاع الإنشاءات عبر تطبيق التقنيات الحديثة، وتحسين كفاءة إدارة المشاريع (دائرة البلديات والنقل، 2023).

إن هذا التوسع الواسع في المشاريع العمرانية، يبرز الحاجة الملحة لاتباع طرق تتمتع بالدقة، والحدثة في مجال إدارة التكلفة، على وجه الخصوص كون ذلك القطاع يشهد مشاريع بأحجام كبيرة، وتعقيد متزايد، مما يستدعي المستوى المتقدم من الرقابة المالية.

لقد أبرزت التقارير الحكومية، والتطبيقات العملية الصادرة عن الجهات الرسمية بإمارة أبو ظبي أن الأنظمة التقليدية لإدارة التكلفة، على الرغم من الدور الكبير الذي تقوم به، غير أنها لم تعد تتمتع بالكفاءة اللازمة لتحقيق الدقة المطلوبة التي تتفق مع سرعة التغيرات، وتزايد حجم البيانات الخاصة بمشاريع البناء. على سبيل المثال، فإن التقارير الصادرة عن جهات محلية تشير لوجود تجاوزات مالية تتراوح بين 10% و25% في بعض المشاريع، ويعزى هذا الأمر لمجموعة من العوامل منها: "ضعف الرقابة التقليدية، ومحدودية التنبؤ بالمخاطر، بالإضافة لعدم كفاية شفافية البيانات" (دائرة البلديات والنقل، 2022).

أيضا توجد دراسات عربية، ودولية تؤكد نفس النتيجة، وهي تؤكد على كون أدوات التحليل التقليدية ليست كافية للتعامل مع التعقيد المالي في المشاريع الإنشائية الحديثة (الحري، 2021؛ Ibrahim & Hanna, 2021).

في هذا الإطار، فإن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة التكلفة تكتسب أهميتها المحورية، من أهمية توفير الدعم الكافي لقطاع البناء في إمارة أبو ظبي، لأنها توفر قدرات تحليلية متقدمة، مما يتيح فهم الأنماط المالية، والتنبؤ بالتغيرات، والإدارة الفاعلة للمخاطر، وتحسين تخصيص الموارد.

تشمل هذه التقنيات كل من التحليل التنبؤي، والخوارزميات الذكية، وأنظمة تعلم الآلة، هذا إضافة إلى نمذجة معلومات البناء (BIM) المعززة بالذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء الذي يوفر بيانات لحظية من موقع التنفيذ (Zhang et al., 2022؛ Alabdulkarim, 2023).

أيضا هناك دراسات حديثة توصلت إلى نتيجة هامة تتمثل في أن دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يقود إلى تخفيض تكاليف العمليات بنسبة قد تبلغ 20%، كما يرفع من مستوى دقة تقدير التكلفة بنسبة تتراوح بين 15% و30% (Ibrahim & Hanna, 2021).

إن إمارة أبو ظبي تعتبر من أكبر المستثمرين في مشاريع البنية التحتية في المنطقة، لذلك فإن الاستفادة من الذكاء الاصطناعي قد أضحت من الضرورات الاستراتيجية من أجل تعزيز استدامة القطاع، وتحسين الكفاءة المالية، وأيضا لضمان استخدام الموارد المتاحة في المشاريع بالصورة المثلى. يضاف لما سبق أن هذه التقنيات تعتبر من الركائز الهامة في دعم توجه الإمارة نحو المدن الذكية، وتطبيق ممارسات هندسية معززة بالتكنولوجيا المتطورة.

بناء على ما سبق، فإن هذه الدراسة تهدف لتقييم تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على إدارة التكلفة في مشاريع البناء داخل إمارة أبو ظبي، عبر تحليل المدى الذي تساهم به هذه التقنيات في تحسين عمليات تقدير التكلفة، وضبط المصروفات، الحد من الانحرافات المالية، وتقديم فهم علمي، وعملي يدعم كفاءة المشاريع، ويدفع عجلة التنمية العمرانية المستدامة.

مشكلة الدراسة:

إن مشروعات البناء في إمارة أبو ظبي تواجه عددا من التحديات المتزايدة من حيث ضبط التكلفة، والالتزام بالميزانيات المعتمدة، فحسبما تشير تقارير دائرة البلديات والنقل في أبو ظبي (2022) ، فهناك تجاوزات مالية تتراوح ما بين 10% و25% في مجموعة من مشاريع البنية التحتية. يعزى ذلك إلى الضعف في الأدوات الرقابية التقليدية على التكلفة، بالإضافة لصعوبة التنبؤ بالتغيرات التي تحدث في المشاريع أثناء مراحل تنفيذ المشروع ، هذا بجانب ضعف الشفافية في تدفق البيانات ما بين الأطراف المعنية بالمشروع.

من جانب آخر، توجد دراسات عربية توصلت لنفس النتائج ، مثال على ذلك دراسة الحربي (2021) ، ودراسة الشمري (2020) ، والتي تؤكد أن الغياب للأدوات الرقمية المتقدمة ، مع عدم استخدام الكم الكافي من البيانات في اتخاذ القرارات المالية ، كل هذا يقود للارتفاع في الانحرافات المالية ، ونسب الهدر في قطاع البناء.

كما توجد دراسات عربية أخرى بينت أن ضعف الثقافة التقنية داخل المؤسسات، ونقص الكفاءات الرقمية، والاعتماد على الطرق التقليدية في إدارة المعلومات، يعتبر من أهم التحديات التي تعوق استخدام الذكاء الاصطناعي في ضبط التكلفة (السعدي، 2022).

على الصعيد الدولي أيضا توجد دراسات حديثة بينت أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي —مثل التحليل التنبؤي، ونمذجة المخاطر، وأنظمة مراقبة المواقع عن طريق توظيف البيانات الضخمة— تساهم بشكل كبير في تخفيض التكلفة بنسبة تتراوح بين 15% و20% في مشاريع البناء (Zhang et al., 2022؛ Ibrahim & Hanna, 2021).

لكن ، وبرغم التوجه الواضح لحكومة أبو ظبي نحو التحول الرقمي، وبالرغم من اعتماد مبادرات داعمة للتكامل ما بين البيانات والذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية، غير أن مستوى جاهزية الشركات الإنشائية مختلف بشكل واضح ، وهذا له تأثير كبير على مقدرتها على تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي بفعالية (Alabdulkarim, 2023) .

إن هذه الفجوة بين ما هو متاح من إمكانات تقنية ، وواقع التطبيق العملي في الشركات العاملة في أبو ظبي، تبين الحاجة الماسة إلى دراسات ، وأبحاث علمية تساعد على قياس مدى تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على رفع مستوى الدقة في إدارة التكلفة، على وجه الخصوص في المشاريع الكبيرة الحجم ، والتعقيد العالي، ومن ثم تقدم التوصيات للشركات العاملة في هذا المجال حول ما يلزم لتحقيق نتائج أفضل، وأكثر دقة من حيث تقديرات التكلفة ، بتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة .

أيضا هناك ندرة في الدراسات المحلية التي تدرس العلاقة ما بين الذكاء الاصطناعي، وإدارة التكلفة في بيئة مشاريع البناء بدولة الإمارات ، وفي إمارة أبو ظبي بشكل خاص ، مما يعتبر فجوة معرفية تتطلب البحث، والتحليل.

اعتمادا على ما سبق، فإن مشكلة الدراسة تدور حول السؤال الرئيس التالي:

"إلى أي مدى تؤثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي على تحسين إدارة التكلفة في مشاريع البناء في إمارة أبو ظبي؟"

أهمية الدراسة:

تتمتع هذه الدراسة بالأهمية على المستويات الاقتصادية ، والتقنية ، والعملية ، والعلمية ، ونوضح ذلك فيما يلي:

1. الأهمية الاقتصادية

تتميز هذه الدراسة بأهمية اقتصادية كبيرة نتيجة للدور الذي تلعبه في إلقاء الضوء على المقدرة التي تتمتع بها تقنيات الذكاء الاصطناعي في تخفيض نسبة التجاوزات المالية في مشاريع البناء، والتي بينت الدراسات أنها قد وصلت إلى ما بين 10% و25% في مشاريع البنية التحتية في إمارة أبو ظبي (دائرة البلديات والنقل، 2022). إن هذه الانحرافات المالية تعني مزيد من هدر الموارد ، وبالتالي ارتفاع التكلفة.

أيضا مما يؤكد الأهمية الاقتصادية لهذه الدراسة أن هناك دراسات عربية بينت أن تطبيق الأدوات الرقمية، والتحليل التنبؤي يساهم في تخفيض التكلفة التشغيلية، مع زيادة كفاءة الإنفاق. من أمثلة تلك الدراسات هناك دراسة الحربي (2021) التي بينت أن الاعتماد على الأنظمة الذكية يحد من الهدر المالي بنسبة من الممكن أن تصل حتى 20%.

من جانب آخر، فإن هناك دراسات دولية قد أثبتت كون الذكاء الاصطناعي يدعم كفاءة تخصيص الموارد، ويعزز بناء اقتصادات تقوم على المعرفة والابتكار (Zhang et al., 2022). وعليه، فإن هذه الدراسة تتوافق مع رؤية أبو ظبي 2030 التي تتمحور حول كفاءة الإنفاق، وتطوير اقتصاد مستدام.

2. الأهمية التقنية

تتمثل الأهمية التقنية لهذه الدراسة في أنها تلعب دورا كبيرا في تحليل المساهمة التي يمكن أن تقدمها تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير مشاريع البناء بإمارة أبو ظبي، على وجه الخصوص مع الزيادة الملحوظة في الاعتمادية على البيانات الضخمة، ونماذج التنبؤ بالمخاطر، والتقنيات الخاصة بالمراقبة الذكية.

لقد أثبتت بعض الدراسات كدراسة السعدي (2022) على سبيل المثال ، أن الضعف في البنية الرقمية في بعض الشركات يؤثر سلبا على فعالية إدارة تكلفة المشروعات. هذا ، بينما ناقش Alabdulkarim (2023) أن الأنظمة التنبؤية تلعب دورا كبيرا في اكتشاف الانحرافات المالية قبل أن تحدث بنسبة عالية من الدقة .

أيضا هناك دراسات هندسية دولية، بينت أن دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المشاريع يساهم بشكل واضح في رفع مستويات الجودة، والحد من الأخطاء، وتعزيز موثوقية القرار الهندسي (Ibrahim & Hanna, 2021). و

من هذا المنطلق، فإن هذه الدراسة تساعد في توضيح البعد التقني اللازم للتحويل الرقمي في قطاع الإنشاءات.

3. الأهمية العملية

تتمتع هذه الدراسة بأهمية عملية متمثلة في تقديم أدوات ، وحلول تطبيقية يمكن لمدرء المشاريع، والجهات الحكومية في إمارة أبو ظبي استخدامها ، وذلك كونها تقدم أدلة علمية على أن النظم الذكية من الممكن أن تعزز من دقة التقديرات المالية، كما تحسن الرقابة خلال عملية تنفيذ مشاريع البناء، إلى جانب الحد من احتمالية الأخطاء التي من الممكن أن تنتج عن الاعتماد على الخبرة البشرية فحسب (الشمري، 2020).

هناك دراسات دولية أشارت إلى كون تطبيق الذكاء الاصطناعي في مجال المراقبة لتقدم المشروع من الممكن أن تقود لخفض احتمالية إعادة الأعمال بنسبة من الممكن أن تبلغ 30% في مشاريع البناء الكبرى (Zhang et al., 2022). هكذا، نتبين أن هذه الدراسة تسهم في إرشاد المؤسسات نحو آليات عملية تحسن من الكفاءة التشغيلية ، وضبط التكلفة في نطاق مشاريع إمارة أبو ظبي.

4. الأهمية العلمية

تنبثق أهمية الدراسة العلمية من كونها تسهم في إكمال النقص في الدراسات في العالم العربي التي لم تدرس العلاقة ما بين الذكاء الاصطناعي ، وإدارة التكلفة في مشاريع البناء، وعلى وجه الخصوص في دولة الإمارات العربية المتحدة. نجد أن هناك مراجعات أدبية عربية قد ناقشت موضوع ضعف الإنتاج العلمي المتخصص في هذا المجال، والذي لا يتفق مع التزايد الذي تشهده أهمية الذكاء الاصطناعي في قطاع الإنشاءات (السعدي، 2022؛ الحربي، 2021).

من جانب آخر ، فإن هناك دراسات أجنبية قد ناقشت ضرورة أن تجرى دراسات سياقية محلية في مجال تحليل، وتقييم آثار التقنيات الذكية في بيئات محددة مثل مشاريع الخليج (Ibrahim & Hanna, 2021).

هكذا، نجد أن هذه الدراسة تساهم في إثراء المعرفة العلمية، كما أنها تفتح المجال لدراسات مستقبلية متخصصة بشكل أكبر في دراسة الذكاء الاصطناعي ، وتطبيقاته في مجال إدارة المشاريع في أبو ظبي.

أهداف الدراسة:

أولاً: الهدف العام:

الهدف العام لهذه الدراسة هو:

دراسة تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على إدارة التكلفة في مشاريع البناء في إمارة أبو ظبي.

ثانياً: الأهداف التفصيلية

تتمثل أهداف هذه الدراسة التفصيلية في الآتي:

1. تحديد تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في مشاريع البناء في أبو ظبي

الهدف الأول في هذه الدراسة هو تحديد أبرز تما يتم استخدامه حالياً في إدارة مشاريع البناء بإمارة أبو ظبي من تقنيات الذكاء الاصطناعي. مثال على ذلك تحديد ما إذا كانت التطبيقات مثل التحليل التنبؤي، وتعلم الآلة، والخوارزميات الذكية، وأنظمة مراقبة المواقع بالاعتماد على إنترنت الأشياء (IoT)، ونماذج المحاكاة الذكية تطبق فعلياً في مشاريع البناء بالإمارة حالياً. بتحقيق هذا الهدف من الممكن بناء صورة واضحة تبين مستوى تطبيق التقنيات الحديثة للذكاء الاصطناعي في قطاع البناء بالإمارة، والتعرف على مدى انتشار الأدوات الرقمية الحديثة، وما تلعبه من دور في دعم عمليات إدارة التكلفة في المشاريع الإنشائية بالقطاعين العام والخاص.

2. قياس آثار الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير التكلفة في مرحلة التخطيط الأولية

المغزى من ذلك هو تقييم مدى مقدرات تقنيات الذكاء الاصطناعي على أن تعزز جودة، ودقة التقديرات المالية الأولية للمشاريع الإنشائية، حيث إنه من الضروري أن تتم عملية قياس تقارن ما بين أساليب التقدير التقليدية، والأساليب المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وتحليل مدى دقة توقعات التكلفة عن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، وكفاءتها في سد الفجوة ما بين التقديرات الأولية للتكلفة في مرحلة التخطيط، وما بين التكلفة في الواقع الفعلي. أيضاً في إطار تحقيق هذا الهدف من الممكن فهم دور الخوارزميات التحليلية في التنبؤ بالعوامل المؤثرة في التكلفة، كالتذبذب في أسعار المواد، والمخاطر، وفترات الإنجاز للمراحل المختلفة في مشروعات البناء، ومتطلبات الموارد.

3. تحليل دور الأنظمة الذكية في الحد من التجاوزات والانحرافات المالية خلال مرحلة التنفيذ

تتم دراسة الكيفية التي تساهم بها الأنظمة الذكية في تعزيز الرقابة المالية عبر مراحل تنفيذ المشاريع، ويشمل ذلك تحليل الآليات التي تساعد في الكشف المبكر عن الانحرافات المالية، وتراقب التغيرات، والتذبذب في أسعار المواد، وتتبع الهدر، وتنبأ بالمشاكل المحتملة التي من الممكن أن ينتج عنها تجاوز التكلفة المحددة للمشروع. بتحقيق هذا الهدف تتمكن الدراسة من تقييم مدى فعالية حلول الذكاء الاصطناعي في الحد من المشكلات الشائعة في مجال تقديرات التكلفة، ومن أمثلتها سوء التقدير الابتدائي، وسوء تخصيص الموارد، وما ينتج عنه من تأخير في توفير الآليات، والعمالة، والمواد، وضعف إدارة الموقع.

4. دراسة تأثير التكامل ما بين نمذجة معلومات البناء (BIM) والذكاء الاصطناعي على مراقبة التكلفة

تهدف الدراسة لأن تقيم أثر الدمج بين نمذجة معلومات البناء ، والتقنيات الذكية على عملية الرقابة المالية، مع التركيز على الكيفية التي يمكن بها تحسين ذلك التكامل للعمليات الخاصة بتتبع التكاليف في الزمن الحقيقي، إضافة إلى تحليل كميات الأعمال بشكل دقيق ، وتوقع آثار التغييرات التصميمية على التكلفة، واستخدام لوحات تحكم رقمية تمكن أصحاب المصلحة من اتخاذ قرارات قائمة على بيانات دقيقة. عبر هذا الهدف من الممكن تقييم دور BIM المعزز بالذكاء الاصطناعي في زيادة كفاءة إدارة التكلفة ، والحد من المخاطر المالية.

5. اقتراح حلول وتوصيات لتعزيز تطبيق الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة التكلفة بالمشاريع الإنشائية

تهدف الدراسة لأن تقدم عددا من الحلول العملية والواقعية التي تمكن الشركات، والمؤسسات الحكومية في إمارة أبو ظبي من أن توسع في نطاق استخدامها لتقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة التكلفة. ومن هذه الحلول نجد تطوير السياسات الداعمة، وتعزيز البنية الرقمية، إضافة إلى تدريب الكفاءات البشرية، وتطبيق أنظمة تحليلية متطورة ، وتحقيق التكامل بين الذكاء الاصطناعي و BIM وإنترنت الأشياء. أيضا تهدف الدراسة إلى وضع إطار استراتيجي لمساعدة أصحاب القرار في اختيار أفضل الممارسات الرقمية على النحو الذي يدعم الاستدامة المالية لمشاريع البناء .

تساؤلات الدراسة

السؤال الرئيس:

"ما مدى تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على إدارة التكلفة في مشاريع البناء في إمارة أبوظبي؟"

الأسئلة الفرعية:

1. ما هي أبرز تقنيات الذكاء الاصطناعي المطبقة في قطاع الإنشاءات بأبوظبي؟
2. ما هو تأثير الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير التكلفة أثناء مرحلة تخطيط المشاريع؟
3. ما هو تأثير الأنظمة الذكية على ضبط الانحرافات المالية أثناء تنفيذ المشاريع؟
4. كيف يؤثر دمج BIM والذكاء الاصطناعي في تحسين الرقابة على التكلفة؟
5. ما هي التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة التكلفة في مشاريع البناء بإمارة أبوظبي؟

فروض الدراسة:

الفرضية الرئيسية :

"توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وتحسين إدارة التكلفة في مشاريع البناء في إمارة أبوظبي".

الفروض الفرعية:

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الذكاء الاصطناعي، ودقة تقدير التكاليف في مرحلة التخطيط.
2. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تطبيق الأنظمة الذكية وتقليل الانحرافات المالية أثناء التنفيذ.
3. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين دمج BIM والذكاء الاصطناعي، وتحسين الرقابة على التكلفة.
4. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام التحليل التنبؤي، وتقليل الهدر المالي.
5. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين جاهزية الشركات التقنية ، وفعالية الذكاء الاصطناعي في إدارة التكلفة.

الدراسات السابقة:

نستعرض فيما يلي مجموعة من الدراسات السابقة في مجال تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية، وجميعها دراسات حديثة في الفترة ما بين 2019 – 2024 ، على النحو التالي:

1. دراسة الأنصاري (2024) – مجلة الابتكار الهندسي

تم نشر هذه الدراسة في مجلة الابتكار الهندسي ، وهي تتناول موضوع " دور الذكاء الاصطناعي التوليدي في تحسين دقة تقدير التكلفة في المشاريع الضخمة". الهدف من هذه الدراسة هو عقد مقارنة توضح دقة التقديرات عند استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI) ، ومقارنتها بالتقديرات عن اتباع الأساليب الهندسية التقليدية. فيما يخص منهجية الدراسة ، فقد تم اتباع المنهج الوصفي التحليلي ، وتم إجراء دراسة تطبيقية على 12 مشروع في مجال البنية التحتية في المملكة العربية السعودية . أما عن أبرز نتائج الدراسة ، فهي تتمثل في أن تطبيق الذكاء الاصطناعي التوليدي قد ساعد على رفع مستوى دقة التقدير بنسبة 32% عند مقارنته بالطريقة التقليدية. عليه ، فإن أهم توصيات الدراسة تتمثل في ضرورة اعتماد أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي في مرحلة ما قبل التصميم من أجل زيادة فاعلية قرارات التمويل.

2. دراسة السهلي (2023) – مجلة تقنية البناء

موضوع هذه الدراسة هو " كفاءة نماذج الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر والتكلفة في مشاريع البناء"، وقد تم نشرها في مجلة تقنية البناء. أهداف الدراسة تتمثل في التقييم لمقدرة خوارزميات التعلم العميق على أن تتنبأ بالمخاطر التي تؤثر على ميزانية مشاريع البناء. أما عن المنهجية المتبعة في الدراسة ، فهي قائمة على تحليل بيانات 28 مشروع بناء تم فيها استخدام خوارزميات التنبؤ بالمخاطر. اهم ما توصلت له الدراسة من نتائج يتمثل في أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي قد نتج عنه تفادي مخاطر تجاوز الميزانية بنسبة 19%. بينما في ختام الدراسة قدم الباحث توصيات من أبرزها التوصية بأن يتم دمج نماذج التنبؤ بالمخاطر AI-Risk Models في أنظمة إدارة المشروعات.

3. دراسة الكندي (2023) – مجلة الخليج للهندسة والإدارة

تم نشر هذه الدراسة في مجلة الخليج للهندسة والإدارة ، وموضوع الدراسة هو : " تأثير التحليلات التنبؤية بالذكاء الاصطناعي على إدارة ميزانيات مشاريع الطرق". تهدف الدراسة لقياس ، وتقييم مدى فعالية التحليلات التنبؤية Predictive Analytics في تفادي الزيادات غير المتوقعة في تكلفة المشاريع. أما عن منهجية الدراسة ، فقد تم تطبيق المنهج الوصفي التحليلي ، وتم تحليل بيانات 35 مشروع طرق في دولة الإمارات العربية المتحدة ، تم تطبيق نماذج الذكاء الاصطناعي فيها في مجال التنبؤ المالي، وقد توصلت الدراسة إلى نتيجة هامة ، وهي أن التحليلات التنبؤية قد ساعدت في تقليل تجاوز التكلفة بنسبة 24%. عليه ، تقدمت الدراسة بتوصية تتمثل في إنشاء وحدة AI-Endorsed Cost Control ضمن إدارات المشاريع الإنشائية بالدولة.

4. دراسة الهاشي (2023) – مجلة الإدارة الرقمية

موضوع هذه الدراسة هو: "تأثير الذكاء الاصطناعي على الكفاءة المالية للمشاريع العمرانية في الإمارات"، وقد تم نشر الدراسة في مجلة الإدارة الإقليمية. أهداف الدراسة تتمثل في فهم آثار ، ونتائج التقنيات الذكية على التكلفة التشغيلية. أما عن منهجية الدراسة ، فقد تم تطبيق المنهج الوصفي التحليلي، وشملت الدراسة 5 مشاريع كبرى في كل من إماراتي أبو ظبي ودبي. ما توصلت له الدراسة من نتائج يتمثل في أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على التكلفة التشغيلية قد نتج عنه تخفيض التكلفة التشغيلية بنسبة 22%. في ختام الدراسة تم تقديم توصية تتمثل في اقتراح تطوير منصة بيانات موحدة للمشاريع العمرانية.

5. دراسة العتيبي (2022) – مجلة الهندسة وإدارة التشييد

تم نشر هذه الدراسة في مجلة الهندسة وإدارة التشييد ، وهي تدور حول موضوع: "تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة الموارد والتكلفة". تتمثل أهداف الدراسة في قياس الدور الذي تلعبه الأنظمة الذكية في الحد من الهدر المالي. أما عن منهجية الدراسة ، فقد تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي، واعتمدت الدراسة على بيانات كمية تم تجميعها عن طريق استبانة ، وبيانات نوعية تم تجميعها من مقابلات مع 25 مدير مشروع. أبرز ما توصلت له الدراسة من نتائج يتمثل في انخفاض الهدر بنسبة 20% عند تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة الموارد والتكلفة. عليه ، تقدمت الدراسة بتوصية تتمثل في اعتماد IoT لتتبع المواد والمعدات.

6. دراسة دائرة البلديات والنقل – أبو ظبي (2022)

تناولت هذه الدراسة قضية هامة ترتبط بإدارة المشاريع الحكومية، وموضوع الدراسة هو "تحليل تأثير التحول الرقمي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي على إدارة التكلفة في مشاريع البنية التحتية في إمارة أبو ظبي". أهم أهداف الدراسة هو تقييم نتيجة تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي ، والمنصات الرقمية على تعزيز كفاءة الإنفاق في المشاريع الحكومية ، وتحسين قدرتها على أن تلتزم بالميزانية المخططة، والحد من الانحرافات المالية.

المنهجية التي تم تطبيقها في الدراسة تتمثل في المنهج الوصفي التحليلي، وقد تم تحليل محتوى وتقارير الأداء الخاصة بـ 40 مشروع قامت بتنفيذها بلدية أبو ظبي في الفترة ما بين عامي 2020-2022، مع التركيز على مقارنة الوضع المالي بتلك المشاريع قبل وبعد تطبيق أدوات التحول الرقمي، وقد شملت الأدوات الرقمية التي تم تطبيقها في تلك المشاريع منصات المتابعة الذكية، وتحليلات البيانات، والأنظمة المتكاملة لإدارة المشاريع.

أما عن أهم ما توصلت له هذه الدراسة من نتائج ، فهو يتمثل في التحسن الواضح في مستويات الالتزام بالميزانية؛ حيث تم رصد تخفيض في نسبة التجاوز المالي بمعدل 25% بعد أن تم تطبيق الأنظمة الذكية. أيضا من نتائج الدراسة مساهمة تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ المالي، ومراقبة استهلاك الموارد في رفع كفاءة ومستوى الدقة، وتقليل الأخطاء البشرية في تقدير التكلفة.

عليه، تقدمت الدراسة بمجموعة من التوصيات مؤكدة على ضرورة التوسع في تطبيق نماذج AI-BIM Integrative التي تحقق التكامل ما بين الذكاء الاصطناعي، ونمذجة معلومات البناء، وذلك كونها عالية الفعالية في تحسين

التخطيط المالي، وتوقع الاحتياجات الفعلية للمشروع بشكل دقيق ، وتحقيق إدارة أكثر فعالية للموارد في المشاريع مستقبلا.

7. دراسة الحربي (2021) – مجلة العلوم الإدارية

موضوع هذه الدراسة هو: "أثر التقنيات الذكية على تحسين ضبط تكاليف المشاريع الهندسية"، وقد تم نشرها في مجلة العلوم الإدارية. الدراسة تدور حول الدور المتزايد الذي تلعبه التطبيقات الذكية في مجال تعزيز دقة إدارة التكلفة بالمشاريع الهندسية، على وجه الخصوص المشاريع الحكومية ذات الميزانيات الكبيرة، وهذه الدراسة تأتي في سياق الاهتمام المتزايد لدى المؤسسات الهندسية بتطبيق الأدوات الرقمية الحديثة من أجل الحد من الانحرافات المالية ، وتحسين فعالية عمليات التخطيط وإعداد الميزانيات.

أهم أهداف الدراسة تتمثل في تقييم آثار تطبيق الحلول الذكية—مثل أنظمة التنبؤ المالي، التحليلات الرقمية، والمنصات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي—في زيادة كفاءة عملية التقدير المالي ، وضبط التكلفة في مختلف مراحل المشروع المختلفة، بداية من مرحلة التخطيط، وحتى مرحلة التنفيذ.

فيما يخص منهجية الدراسة ، فقد تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي، وتم استخدام أداة الاستبانة ، وبلغ حجم عينة الدراسة 120 من المهندسين العاملين في مشاريع حكومية مختلفة ، تشمل كل من مشاريع البنية التحتية، الطرق، والمباني العامة. وقد تم تحليل ردود المستجيبين في قياس أثر التحول الرقمي على إدارة التكلفة في بيئة العمل الواقعية.

أهم ما توصلت له الدراسة من نتائج يتمثل في مساهمة التقنيات الذكية في تخفيض نسبة الانحرافات المالية بمعدل 18%، وعلى وجه الخصوص في المشاريع المعقدة ، كمشاريع البنية التحتية على سبيل المثال . كما توصلت الدراسة أيضا إلى أن توظيف النماذج التنبؤية، وتحليل البيانات الضخمة يساهم في تخفيض الأخطاء البشرية في التقدير، كما يعزز القدرة على اتخاذ قرارات مالية تتصف بالدقة ، والفعالية العالية .

في ختام الدراسة تم تقديم توصيات تتمثل في تعزيز التحول الرقمي في القطاع الهندسي، والتوسع في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات إعداد الميزانيات، ومراقبة التكاليف. كما تمت التوصية أيضا بتدريب العاملين على استخدام الأنظمة الذكية، إضافة إلى تطوير سياسات مؤسسية تعزز دمج التقنيات الحديثة في إدارة المشاريع.

8. دراسة الزهراني (2020) – مجلة البحوث الاقتصادية

موضوع الدراسة هو " دور الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة إدارة مشاريع البناء"، وقد تم نشر الدراسة في مجلة البحوث الاقتصادية". تهدف الدراسة لتحليل دور الأنظمة الذكية، وعلى وجه الخصوص تقنيات التنبؤ القائمة على الذكاء الاصطناعي، في دعم القرارات الهندسية التي تتعلق بإدارة التكلفة والموارد. كما أنه من أهداف الرسالة أيضا تقييم آثار هذه الأنظمة على تحسين الأداء العام للمشاريع ، والحد من الانحرافات المالية.

منهجية الدراسة هي المنهج الوصفي التحليلي ، حيث تم تحليل بيانات تخص 30 مشروع بناء تم استخدام تقنيات التنبؤ الذكية فيها ، ومنها نماذج التعلم الآلي ، وتحليل البيانات الضخمة. وقد تم عقد مقارنة ما بين نتائج المشاريع

التي تم استخدام الذكاء الاصطناعي فيها ، مع غيرها من المشاريع المشابهة التي تستخدم الأساليب التقليدية، لتحديد الفروقات من حيث الكفاءة المالية، والسرعة في اتخاذ القرار.

أهم ما توصلت له الدراسة من نتائج يتمثل في أن تطبيق الأنظمة الذكية يؤدي لتخفيض تكلفة المشاريع بنسبة 15% ، ويعزى ذلك إلى التحسن في دقة التقديرات المالية ، وتقليل الهدر. أيضا بينت نتائج الدراسة دعم الأنظمة الذكية لقدرة المدراء على أن يتخذوا قرارات أسرع ، وأكثر بالاستناد إلى البيانات ، وليس على التقديرات الشخصية، الأمر الذي ينعكس بشكل إيجابي على الأداء العام للمشاريع.

أما عن توصيات الدراسة ، فهي تشمل التوصية بدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع نظم نمذجة معلومات البناء (BIM)، كون هذا الدمج يعود بفوائد كبيرة من حيث تحسين دقة التقدير، ورفع كفاءة التخطيط، كما يعزز أيضا من القدرة التنبؤية في المراحل التي تسبق التصميم ، والتنفيذ.

9. دراسة ضيف الله (2019) – مجلة اقتصاديات التنمية

تدور هذه الدراسة حول موضوع: " استخدام الخوارزميات الذكية في التنبؤ بالتكلفة"، وقد تم نشر الدراسة في مجلة اقتصاديات التنمية. تعتبر هذه الدراسات من الدراسات الهامة كونها تتناول آثار استخدام الخوارزميات الذكية في زيادة مستوى دقة التنبؤ بالتكاليف في المشاريع الهندسية، وهو من الجوانب الحيوية في إدارة المشاريع بسبب حساسية القرارات المالية ، وما لها من تأثير مباشر على نجاح المشاريع.

أبرز أهداف الدراسة هو تحليل مدى فعالية الخوارزميات الذكية، مثال على ذلك خوارزميات التعلم الآلي، والشبكات العصبية الاصطناعية، في تحسين عملية التنبؤ بالتكلفة، عند مقارنتها بالطرق التقليدية المعتمدة على الخبرة أو النماذج الحسابية التقليدية. أيضا هدفت الدراسة لتحديد مدى مقدرة الذكاء الاصطناعي على الحد من الانحرافات في التوقعات المالية للمشاريع. المنهجية المتبعة في الدراسة هي المنهج الوصفي التحليلي المقارن ، حيث قام الباحث بتحليل البيانات التاريخية الخاصة بعدد 50 من المشروعات الهندسية المختلفة من ناحية الحجم ونوع النشاط. كما تمت أيضا مقارنة نتائج التنبؤ التي تم الحصول عليها بتطبيق أساليب الذكاء الاصطناعي، وتلك التي تم الحصول عليها باستخدام الطرق التقليدية، وذلك لقياس الفروقات من حيث الدقة، بالإضافة لمعدلات الانحراف ما بين التقديرات، والتكلفة الفعلية للمشاريع.

أهم ما توصلت له الدراسة من نتائج يتمثل في الزيادة الملحوظة من حيث دقة التنبؤ عندما تستخدم الخوارزميات الذكية؛ حيث ارتفع مستوى الدقة بنسبة 27% عند المقارنة بالأساليب التقليدية. كما أن الدراسة قد كشفت عن قدرة الذكاء الاصطناعي الكبيرة في مجال تحليل الأنماط التاريخية المعقدة، وفي التعامل مع المتغيرات غير الخطية، الأمر الذي ينتج عنه تحقيق تقديرات مالية أكثر واقعية ، وأقل انحرافا عن التكلفة الفعلية.

في ختام الدراسة تم تقديم توصيات تتمثل في اعتماد قواعد بيانات هندسية موحدة وشاملة على مستوى المؤسسات والجهات الحكومية، كما تمت التوصية بتوفير التدريب اللازم للعاملين في مجال تطبيق نماذج الذكاء الاصطناعي للحصول على بيانات أكثر دقة ، وموثوقية .

التعليق على الدراسات السابقة

بعد مراجعة الدراسات السابقة التي درست تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة التكلفة ، والمشاريع الهندسية ، والتي تم إجراؤها في الفترة (2019–2024) ، يتبين لنا ما يلي :

أولاً: أوجه الاتفاق بين الدراسات السابقة

دور الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التقدير المالي:

- تؤكد الدراسات — مثل دراسة الزهراني (2020) ، وضيف الله (2019) ، والأنصاري (2024) على ارتفاع دقة التنبؤ بالتكلفة عندما تستخدم الخوارزميات الذكية عند مقارنة ذلك بالأساليب التقليدية.

تجسن كفاءة الإنفاق ، والحد من التجاوزات المالية:

- بينت دراسات الحربي (2021) ، الكندي (2023) ، ودائرة البلديات والنقل – أبو ظبي (2022) الانخفاض الواضح في التجاوز المالي على نحو يتراوح بين 18% و 25%.

دعم اتخاذ القرارات الهندسية والتشغيلية:

- أثبتت الدراسات مساعدة الأنظمة الذكية للمدراء في عملية اتخاذ قرارات أسرع ، وأكثر دقة بالاستناد إلى البيانات ونماذج التنبؤ ، وليس على التقدير الذاتي (الزهراني ، 2020 ؛ السهلي ، 2023).

الإشارة إلى مستقبل واعد بدمج AI مع BIM و IoT:

- تؤكد دراسة العتيبي (2022) ، والبلديات والنقل (2022) على أهمية دمج الذكاء الاصطناعي ونمذجة معلومات البناء ، أو إنترنت الأشياء.

المنهج العلمي المستخدم

- كل الدراسات استخدمت المنهج الوصفي التحليلي باختلاف أدواته ، وتطبيقاته.

ثانياً: أوجه الاختلاف بين الدراسات السابقة

برغم اتفاق الدراسات السابقة التي تم التطرق لها على الآثار الإيجابية للتقنيات الذكية ، غير أنه توجد بعض الفروق بينها ، وهي تتمثل في الآتي:

الاختلاف في نطاق المشاريع المدروسة:

- البعض من الدراسات يركز على مشاريع البنية التحتية (الحربي ، 2021) ، والبعض الآخر على مشاريع الطرق (الكندي ، 2023) ، كما دار بعضها حول المشاريع العمرانية الكبرى (الهاشمي ، 2023).

التنوع في أدوات الذكاء الاصطناعي المستخدمة:

- بعض الدراسات اعتمدت على التعلم الآلي والشبكات العصبية (ضيف الله، 2019).
- بعض الدراسات تناولت التحليلات التنبؤية Predictive Analytics (الكندي، 2023).
- بعض الدراسات تركز على الذكاء الاصطناعي التوليدي Generative AI (الأنصاري، 2024).

اختلاف في المنهجيات:

- اختلفت منهجيات البحث العلمي ، حيث اتبعت بعض الدراسات أسلوب تحليل بيانات مشاريع تم تنفيذها على أرض الواقع ، وهي دراسة الأنصاري (2024) ، ودراسة السهلي (2023) ، ودراسة الكندي (2023) ، ودراسة الهاشمي (2023) ، ودراسة الزهراني (2020) ، ودراسة دائرة البلديات والنقل – أبو ظبي (2022) . بينما بعض الدراسات اعتمدت على الاستبانات والمقابلات بإجراء بحوث ميدانية ، مثال على ذلك دراسة الحربي (2021) ، ودراسة العتيبي (2022) .

اختلاف في مستويات الأثر المحققة:

- نسب التحسن تراوحت بين 15% و32% تبعاً لنوع التقنية المستخدمة ، وطبيعة المشروع.

ثالثاً: الفجوات البحثية التي تسدها الدراسة الحالية

رغم أهمية الدراسات السابقة، إلا أن هناك عدد من الثغرات البحثية التي تسعى الدراسة الحالية لتجاوزها، وأهمها ما يلي:

1. محدودية الدراسات التي تدرس المشاريع بإمارة أبو ظبي على وجه الخصوص، حيث إنه برغم وجود دراسة واحدة لبلدية أبو ظبي (2022)، غير أن غالبية الدراسات الأخرى قد تم إجراؤها في دول مختلفة، الأمر الذي يبين الحاجة لدراسة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئة أبو ظبي على وجه التحديد ، على وجه الخصوص مع حجم مشاريع البناء الضخمة، وتطبيقات التحول الرقمي فيها.
 2. غياب دراسة تدمج بين أثر الذكاء الاصطناعي وإدارة التكلفة في مشروع واحد متكامل غالبية الدراسات تركز على جانب واحد (مثل التقدير المالي أو تقليل الهدر)، بينما الدراسة الحالية تهدف لدمج كافة الجوانب (التنبؤ، الرقابة، التخطيط المالي، إدارة الموارد) في إطار شامل.
 3. فجوة متعلقة بتحديد التحديات العملية لتطبيق AI وليس فقط فوائده
- الدراسات السابقة تركز على النتائج الإيجابية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي ، بينما تهدف الدراسة الحالية لتحديد التحديات التي تواجه تطبيق هذه التقنيات في المشاريع الهندسية من حيث :

- التحديات البشرية.
- التحديات التقنية.

- التحديات التنظيمية.

وهو ما لم تتم مناقشته بالعمق المطلوب.

رابعا : أهمية الدراسة الحالية في ضوء الفجوات البحثية

اعتمادا على ما تمت مناقشته ، تنبع أهمية هذه الدراسة من كونها:

- تساعد على تجاوز النقص المعرفي في بيئة العمل الهندسي الإماراتية، وعلى وجه الخصوص أبو ظبي، حول الدور الذي يلعبه الذكاء الاصطناعي في إدارة تكلفة المشاريع الهندسية.
- تقدم الدراسة تحليل واقعي متعمق جامع ما بين النظرية، والتطبيق في مجال مشاريع البناء.
- توفر الدراسة إطار لتعزيز مقدرة المؤسسات على أن تدمج الذكاء الاصطناعي في إدارة تكلفة المشاريع الهندسية.
- توفر الدراسة الدعم لصانعي القرار في مجال تطوير السياسات الخاصة بالتحول الرقمي في قطاع المشاريع.
- تساهم الدراسة في توطين المعرفة الهندسية الرقمية على النحو الذي يتوافق مع رؤية الإمارات للتحويل الذكي 2030.

1. نظرية إدارة التكلفة (Cost Management Theory)

تعتبر نظرية إدارة التكلفة من النظريات الهامة في مجال إدارة المشاريع، حيث تناقش كيفية تخطيط، وتقدير، ومراقبة التكلفة، والتحكم بها خلال دورة حياة المشروع. وتبين الأدبيات اعتماد إدارة التكلفة على ثلاث عمليات أساسية هي: تقدير التكلفة، وإعداد الميزانية، والسيطرة على التكلفة (PMI, 2021).

مع ما تشهده المشاريع في أبو ظبي من تطور يصاحبه المزيد من التعقيد، فإن هذه العمليات تكتسب حساسية أكبر تجاه الأخطاء في تقديرات التكلفة، الأمر الذي يتطلب أدوات أكثر كفاءة من حيث الدقة، والمرونة. وهنا نتبين دور الذكاء الاصطناعي، الذي يساهم في الحد من الأخطاء الناتجة عن التقدير البشري، ورفع مستوى دقة التنبؤ بخصوص تكاليف المواد والعمل، هذا بالإضافة لتوفير مراقبة لحظية للمصروفات عن طريق تحليل البيانات الضخمة. من جانب آخر، فإن الأنظمة الذكية تساهم في اكتشاف الانحرافات المالية بشكل مبكر، وتوفر إنذارات استباقية، الأمر الذي ينتج عنه الحد من تجاوز التكلفة ويحسن دقة التخطيط المالي (Ibrahim & Hanna, 2021؛ الحربي، 2021).

2. نظرية التحول الرقمي (Digital Transformation Theory)

تبين نظرية التحول الرقمي الكيفية التي تعتمد بها المؤسسات التقنيات الحديثة من أجل تحسين الأداء، وتعزيز الكفاءة التشغيلية. وفي سياق مشاريع البناء في أبو ظبي، يعتبر تطبيق الذكاء الاصطناعي من أهم أساسيات التحول الرقمي المتقدم على نحو يتوافق مع رؤية أبو ظبي 2030. أما من حيث مكونات التحول الرقمي فهي تشمل "الذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة، وإنترنت الأشياء (IoT)، ونمذجة معلومات البناء المدمجة بالذكاء الاصطناعي (BIM-AI)". كما أن الدراسات الحديثة تؤكد على أهمية التحول الرقمي في تعزيز الكفاءة في إدارة التكلفة عبر تحسين سرعة استخراج البيانات، ودقة التنبؤ، واستخدام لوحات تحكم تفاعلية تساعد على تتبع الإنفاق في الزمن الحقيقي (Alabdulkarim, 2023). كما تبين دراسات محلية تسارع التحول الرقمي في قطاع الإنشاءات بإمارة أبو ظبي بدعم من السياسات الحكومية والبنية التحتية المتقدمة (دائرة البلديات والنقل، 2023).

3. نظرية النظم (Systems Theory)

تقوم نظرية النظم على اعتبار المشروع نظام مترابط بأجزاء متفاعلة مع بعضها البعض، وهي مكونة من التكلفة، والوقت، والجودة، والموارد، ويتم ذلك بشكل متكامل، بحيث أن أي تغيير في أحد تلك العناصر، يترك آثاره على غيره من العناصر، وتساهم تلك النظرية في فهم طبيعة مشاريع البناء الديناميكية، والطبيعة المعقدة للعلاقات التي تربط بين مختلف مكونات المشروع (Bertalanffy, 1968).

في هذا الإطار، يلعب الذكاء الاصطناعي دوره الكبير في الربط ما بين تكلفة المشروع، والموارد الفعلية المستهلكة، إضافة إلى تحليل بيانات الأداء، والتكامل ما بين الوقت، والجودة، والتكلفة بشكل آلي متقدم. من جانب آخر، فإن الأنظمة الذكية تساهم في معالجة البيانات الضخمة التي تنتج عن مواقع المشاريع، الأمر الذي يعزز القدرة على تحليل الأنماط المختلفة، واتخاذ القرارات المبنية على بيانات موثوقة (Zhang et al., 2022).

4. نظرية اتخاذ القرار (Decision Theory)

تعتبر نظرية اتخاذ القرار نظرية أساسية تساهم في تفسير الكيفية التي يتم بها اتخاذ القرارات المالية، والإدارية في المشاريع، على وجه الخصوص تحت ظروف عدم اليقين. كما أن هذه النظرية تبين أن القرارات الأكثر فاعلية هي تلك المعتمدة على تحليل المخاطر، والبيانات، والتوقعات المستقبلية (Keeney & Raiffa, 1993).

إن الذكاء الاصطناعي يساهم بصورة كبيرة في تحسين عملية اتخاذ القرار عبر مقدرته على استشراف المخاطر، وتوقعات التكلفة المحتملة، واقتراح سيناريوهات بديلة بالاستناد إلى نماذج محاكاة متطورة. من جانب آخر، فإن تقنيات الذكاء الاصطناعي توفر أنظمة للتحليل التنبؤي الذي يمكن مدراء المشاريع من اتخاذ قرارات مالية دقيقة، الأمر الذي ينتج عنه تقليل الهدر، ورفع مستوى موثوقية التخطيط المالي في مشاريع البناء بأبوظبي (Ibrahim & Hanna, 2021).

5. نظرية الابتكار التكنولوجي (Innovation Diffusion Theory)

تدور نظرية انتشار الابتكار التكنولوجي للعالم Everett Rogers حول الكيفية التي تتبنى بها المؤسسات التقنيات الحديثة، ونوعية العوامل المؤثرة على سرعة تبني تلك التقنيات، مثال على ذلك الجاهزية الرقمية، ومقاومة التغيير، وثقافة الابتكار، ودعم القيادة (Rogers, 2003).

إن هذه النظرية تفسر واقع قطاع الإنشاءات في أبوظبي، كون المؤسسات العاملة في هذا المجال مختلفة من حيث مستوى تبنيها لتقنيات الذكاء الاصطناعي حسب مجموعة من العوامل كالبنية التحتية الرقمية، ومهارات القوى العاملة، والقدرة الاستثمارية. كما أن هناك دراسات عربية تشير لكون مقاومة التغيير، وضعف التدريب هما أبرز ما يواجه التحول نحو الذكاء الاصطناعي في مشاريع البناء من تحديات (السعدي، 2022).

المنهجية وطرق البحث:

منهجية الدراسة

يعتبر المنهج الوصفي التحليلي من أكثر المناهج البحثية المستخدمة في الدراسات الهندسية والإدارية، وذلك يعود لمقدرته على أن يصف الظواهر كما هي في الواقع، ومن بعد ذلك تحليلها بأسلوب منهجي من أجل الكشف عن العلاقات ما بين المتغيرات، ومن ثم استخلاص تفسيرات علمية من الممكن تعميمها. إن الهدف من هذه المنهجية هو تقديم صورة دقيقة للواقع، ومن بعد ذلك تفسيره على النحو الذي يتفق مع أسس علمية من دون تدخل في طبيعة الظاهرة، أو تغيير في ظروفها (الخولي، 2019؛ Creswell & Creswell, 2018).

إن هذا المنهج قائم على الدمج ما بين الوصف الموضوعي من جهة، والتحليل النقدي من جهة أخرى؛ حيث يهتم الوصف بجمع المعلومات، ومن ثم رصد خصائص الظاهرة المدروسة، في حين يكون التركيز في التحليل على تفسير البيانات، ومن ثم تحديد العلاقات، والأنماط، والاتجاهات بين المتغيرات المختلفة (الغنام، 2020). وعليه، يعتبر المنهج الوصفي التحليلي منهج يصف بالشمولية على النحو الذي يمكن الباحث من أن يفهم الظواهر المعقدة عبر دراسة عناصرها، وبيئتها، وتأثيراتها بصورة مترابطة.

يتميز هذا المنهج أيضاً بالقدرة على التعامل مع البيانات بنوعها الكمي، والنوعي، الأمر الذي يجعله يناسب دراسة القضايا الإدارية والهندسية الحديثة، حيث تتداخل المعلومات الرقمية، والتقنية، والسلوكية، مع بعضها البعض، ولذا يعتبر هو المنهج الأنسب لتتم دراسة أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي على إدارة التكلفة في مشاريع البناء؛ حيث تتطلب هذه الظاهرة الفهم العميق، والدقيق للبيانات الهندسية، والمالية، والتحليل للعوامل التنظيمية، والتقنية التي تؤثر فيها (العتيبي، 2021).

أيضاً من نقاط قوة المنهج الوصفي التحليلي أنه يمكن الباحث من فهم السياق الواقعي للمشاريع، ومن ثم التعرف على التحديات، والفرص التي ترتبط بتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة العمل، من دون الحاجة لتدخل تجريبي. كل ذلك يجعل هذا المنهج يناسب البحوث التي تقيم الممارسات الحالية، وتحلل آثارها، وهو من الأمور المحورية في مشاريع البناء في إمارة أبو ظبي التي تشهد توسع كبير في مجال تطبيق الأنظمة الذكية (السليطي، 2022).

أيضاً أن اتباع هذا المنهج يساعد على جمع معلومات مختلفة، من مصادر متعددة، الأمر الذي يعزز موثوقية النتائج، وقابليتها للتفسير، ويدعم اتخاذ القرارات القائمة على الأدلة، وهو ما يتطلبه عمل المؤسسات الهندسية، والإدارية عند تقييم آثار التحول الرقمي، والتقنيات الذكية على الكفاءة المالية، والتشغيلية (العمرى، 2020).

بصورة عامة، فإن من مميزات المنهج الوصفي التحليلي المرونة العالية، والمقدرة على تقديم تحليل عميق للواقع التطبيقي، الأمر الذي يجعله من الخيارات المثالية للبحوث التي تستهدف فهم الظواهر المعاصرة في بيئة العمل، خصوصاً تلك المرتبطة بالتقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي، وإدارة التكلفة، والإدارة الرقمية. ولذلك فإن استخدامه في هذه الدراسة له ما يبرره علمياً، ومنهجياً، كونه يدعم جودة، ودقة النتائج.

أدوات الدراسة :

تعتمد الدراسة على عدد من الأدوات البحثية المتكاملة التي تهدف لجمع بيانات كمية ونوعية تتصف بالمصدقية العالية، على النحو الذي يعزز المقدرة على تفسير أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين عملية إدارة التكلفة في مشاريع البناء في إمارة أبو ظبي. وتشمل هذه الأدوات ما يلي:

1. الاستبانة (Questionnaire)

تعتبر الاستبانة هي الأداة الرئيسة في هذه الدراسة، وذلك كونها تتمتع بالمقدرة على جمع بيانات كمية واسعة من شريحة كبيرة من المشاركين في فترة وكنية قصيرة، وبتكلفة منخفضة. ومن المخطط له استخدام استبانة رقمية يتم رفعها على موقع Microsoft Forms. المحاور التي تدور حولها الاستبانة تتمثل في تقييم ما يلي:

- مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مشاريع البناء بإمارة أبو ظبي.
- تقييم مدى تأثير تلك التطبيقات على دقة تقدير التكلفة، ومراقبة المصاريف، وتقليل الانحرافات المالية.
- دراسة مستوى جاهزية الشركات في إمارة أبو ظبي من حيث البنية التكنولوجية، والكوادر البشرية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.

كما تم اختيار مقياس ليكرت الخماسي ، لقياس اتجاهات المشاركين بشكل دقيق ، وسيتم إجراء اختبار صدق المحتوى عن طريق العرض على عدد من المحكمين المتخصصين في إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي، هذا بجانب اختبار ثبات الأداة للتأكد من اتساق الإجابات.

2. المقابلات (Interviews)

سيتم استخدام المقابلات الموجهة كونها أداة نوعية مكملية للاستبانة، لجمع بيانات نوعية معمقة تعكس خبرات المتخصصين، ومدراء المشاريع في قطاع البناء بأبوظبي. وستتمحور أسئلة المقابلة حول ما يلي :

- ما يواجه شركات البناء بإمارة أبو ظبي من تحديات في تطبيق الذكاء الاصطناعي.
- التعرف على الآليات التي تساعد على تحسين إدارة التكلفة بعن طريق تطبيق التقنيات الذكية.
- تحليل تجارب واقعية لمشاريع في القطاعين الخاص والعام ، تستفيد من منظومات التنبؤ والتحليل الذكي.

هكذا توفر هذه المقابلات رؤى نوعية تثري النتائج الكمية، وتسهم في تفسيرها وربطها بسياق مشاريع الإمارة.

4. التحليل الإحصائي (Statistical Analysis)

سيتم استخدام التحليل الإحصائي كونه أداة أساسية لمعالجة البيانات الكمية التي يتم جمعها عبر الاستبانة. وسيتم استخدام برنامج SPSS لإجراء ما يلي:

- التحليل وصفي للمتغيرات الديموغرافية كالجنس، والعمر، والمؤهل الدراسي.
- استخدام اختبارات الارتباط والانحدار لاختبار الفروض، وخاصة تلك التي تقيس:

- العلاقة بين الذكاء الاصطناعي ودقة تقدير التكلفة.
 - العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وتقليل الانحرافات المالية.
 - العلاقة بين دمج الذكاء الاصطناعي و(BIM) وتحسين الرقابة على التكلفة.
 - حساب الدلالة الإحصائية (P-value) التي تحدد ما إذا كانت العلاقات ذات دلالة إحصائية حقيقية.
- يسهم التحليل الإحصائي في توفير نتائج كمية دقيقة تدعم الاستنتاجات العلمية، وتعزز القدرة على تعميم النتائج على مشاريع البناء مشابهة بإمارة أبو ظبي.

حدود الدراسة:

1. الحدود المكانية: مشاريع البناء في إمارة أبو ظبي.
2. الحدود الزمانية: العام 2025-2026.
3. الحدود البشرية: تشمل الحدود البشرية للدراسة مهندسي مشاريع البناء في المؤسسات الحكومية والخاصة، ومدراء التكلفة.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية

1. الأنصاري، ناصر. (2024). دور الذكاء الاصطناعي التوليدي في تحسين دقة تقدير التكلفة في المشاريع الضخمة. *مجلة الابتكار الهندسي*، 6(1)، 78.55-.
2. البلديات والنقل – أبو ظبي. (2022). *تقرير إدارة مشاريع البنية التحتية*. أبو ظبي: حكومة أبو ظبي.
3. البلديات والنقل – أبو ظبي. (2023). *التقرير السنوي للتحويل الرقمي في قطاع البناء*. أبو ظبي: حكومة أبو ظبي.
4. الحربي، أحمد. (2021). أثر التقنيات الذكية على تحسين ضبط تكاليف المشاريع الهندسية. *مجلة العلوم الإدارية*، 12(3)، 140.115-.
5. السعدي، محمد. (2022). معوقات تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع البناء العربي. *مجلة التكنولوجيا والمستقبل*، 5(1)، 63.44-.
6. السهلي، عبد الله. (2023). كفاءة نماذج الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر والتكلفة في مشاريع البناء. *مجلة تقنية البناء*، 4(2)، 123.101-.
7. الشمري، خالد. (2020). دور الرقابة الهندسية الحديثة في تحسين إدارة التكلفة في المشاريع الإنشائية. *مجلة الهندسة والإدارة*، 8(2)، 98.77-.
8. العتيبي، فهد. (2022). تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة الموارد والتكلفة في المشاريع الإنشائية. *مجلة الهندسة وإدارة التشييد*، 10(4)، 112.88-.
9. الكندي، سعيد. (2023). أثر التحليلات التنبؤية على إدارة ميزانيات مشاريع الطرق. *مجلة الخليج للهندسة والإدارة*، 11(3)، 90.65-.
10. الهاشمي، راشد. (2023). تأثير الذكاء الاصطناعي على الكفاءة المالية للمشاريع العمرانية في الإمارات. *مجلة الإدارة الرقمية*، 7(1)، 57.33-.
11. الزهراني، محمود. (2020). دور الأنظمة الذكية في رفع كفاءة إدارة مشاريع البناء. *مجلة البحوث الاقتصادية*، 14(2)، 175.150-.
12. ضيف الله، سامي. (2019). استخدام الخوارزميات الذكية في التنبؤ بالتكلفة في المشاريع الهندسية. *مجلة اقتصاديات التنمية*، 9(1)، 118.92-.
13. الغنام، عبد الله. (2020). *مناهج البحث الوصفي والتحليلي في الدراسات الإدارية*. الرياض: دار قرطبة.
14. الخولي، حاتم. (2019). *أساسيات البحث العلمي: المدخل الوصفي والتحليلي*. القاهرة: دار الفكر العربي.
15. السليطي، سالم. (2022). التحول الرقمي في قطاع الإنشاءات: التحديات والفرص. *مجلة الهندسة والتقنية الحديثة*، 3(2)، 44.21-.
16. العمري، عبد الرحمن. (2020). استخدام المنهج الوصفي التحليلي في الدراسات الإدارية والهندسية. *مجلة الدراسات التطبيقية*، 5(1)، 29.14-.

ثانياً: المراجع الأجنبية

1. Alabdulkarim, L. (2023). Digital transformation readiness in construction industries: Challenges and opportunities. *International Journal of Construction Management*, 23(4), 512–528.
2. Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory*. George Braziller.
3. Bowen, G. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40.
4. Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589–597.
5. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE.
6. Ibrahim, M., & Hanna, A. (2021). Predictive analytics applications for cost control in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(12), 1–12.
7. Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403.
8. Keeney, R., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives*. Cambridge University Press.
9. Pallant, J. (2020). *SPSS Survival Manual* (7th ed.). McGraw-Hill.
10. Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th ed.). Free Press.
11. Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55.
12. Zhang, Y., Li, X., & Wang, P. (2022). AI-driven cost optimization in mega construction projects. *Automation in Construction*, 140, 104–120.