

جامعة ميد أوشن



كلية الإدارة

تخصص إدارة مشاريع

أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على مراقبة تقدم المشاريع:

دراسة تطبيقية في قطاع الهندسة بمدينة الرياض

إعداد الطالب/

محمد سعيد الغامدي

251002767

إشراف/

د. الفيصّل عبد الحميد محمد حسن

د. فايز جرّاد

العام الدراسي:

2025 – 1447



إهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات.

إلى والديّ العزيزين، منبع الحب والعطاء، وسندي بعد الله، شكرًا لكما على دعائكما

ودعمكما وتشجيعكما الدائم الذي كان سبب نجاحي وتوفيقي.

وإلى إخوتي الأعزاء، الذين شاركوني خطوات الطريق، فكنتم العون والسند في مسيرة الجّد

والطموح.

وإلى أصدقائي الأوفياء، الذين كانوا إلى جانبي في لحظات العثرات والإنجازات، لكم كل التقدير

والامتنان.

أهديكم ثمرة جهدي وتعب أيامي، عرفانًا بجميلكم، وامتنانًا لمواقفكم الصادقة،

داعيًا الله أن يجزيكم عني خير الجزاء،

وأن يديم بيننا المودة والوفاء..

شكر وتقدير

ليس بعد التمام أجمل من الحمد، فالحمد لله والشكر له كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه وكما ينبغي لجزيل فضله وعظيم إحسانه على ما أنعم به على من إتمام هذا البحث.

ثم أنه لا يسعني الا أن أشيد بالفضل وأقر بالمعروف لكل من ساهم في إنجاز هذا البحث.

كل الشكر للجهات التي دعمتني وساعدتني وخصتني بالتوجيه والتصويب لإتمام بحثي على الوجه الصحيح.

كما أتقدم بالشكر لمن كان لتوجيهاتهم الدور الكبير في إنجاز هذا المشروع وكل من مد لي يد العون من قريب وبعيد ولو بدعوة بظهر الغيب، بارك الله فيهم جميعاً وجزاهم الله عني الجزاء الأوفى وأسأل الله أن ينفع بهذا البحث على قدر العناء فيه وأن يجعله خالصاً لوجهه الكريم إنه على ذلك لقادر.

المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها المختلفة (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الأذكاء) على مراقبة تقدم المشاريع، واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، كما تم تصميم أداة استبانة و توزيعها على عينة قصدية من 150 فردًا من العاملين في مشاريع هندسية بمدينة الرياض، شملت مهندسين، مديري مشاريع، ومحلي بيانات، وتم تحليل البيانات باستخدام الحزمة الإحصائية (SPSS).

أظهرت النتائج أن جميع أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي كان لها أثر دال إحصائيًا على مراقبة تقدم المشاريع، حيث بلغ معامل التحديد الكلي (R^2) قيمة مرتفعة تدل على قدرة هذه التقنيات في تفسير نسبة كبيرة من التباين في كفاءة المتابعة التنفيذية، كما بينت النتائج أن الشبكات العصبية كانت الأعلى تأثيرًا، تلتها النظم الخبيرة، ثم الوكلاء الأذكاء، وأخيرًا الخوارزميات الجينية.

بناءً على ذلك، توصي الدراسة بضرورة تبني استراتيجيات رقمية فعالة تُعزز من توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، مع الاستثمار في تدريب الكوادر الهندسية، وتطوير البنية التحتية الرقمية، بما يتماشى مع مستهدفات التحول الرقمي في المملكة العربية السعودية ورؤية 2030.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الأذكاء، مراقبة تقدم المشاريع، قطاع الهندسة.

قائمة المحتويات

أ.....	بسم الله الرحمن الرحيم
ب	الإهداء
ج.....	الشكر والتقدير
د.....	المستخلص
ه.....	قائمة المحتويات
ح.....	قائمة الجداول
ط.....	قائمة الأشكال
1.....	الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
1.....	1.1 المقدمة
2.....	2.1 مشكلة الدراسة
3.....	3.1 أهمية الدراسة
5.....	4.1 أهداف الدراسة
6.....	5.1 تساؤلات الدراسة
6.....	6.1 فروض الدراسة
7.....	7.1 نموذج الدراسة
7.....	8.1 دراسات سابقة
11.....	9.1 الفجوة البحثية
12.....	10.1 المنطلقات النظرية للدراسة

14.....	11.1 حدود الدراسة:
15.....	الفصل الثاني: الإطار النظري
15.....	المبحث الأول: المتغير المستقل – تقنيات الذكاء الاصطناعي
15.....	1.1.2 التمهيد
15.....	2.1.2 مفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي
17.....	3.1.2 أهمية تقنيات الذكاء الاصطناعي
18.....	4.1.2 أهداف استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي
19.....	5.1.2 أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي
22.....	6.1.2 تطبيقات تقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الهندسي
24.....	المبحث الثاني: المتغير التابع – مراقبة تقدم المشاريع
24.....	1.2.2 التمهيد
24.....	2.2.2 مفهوم مراقبة تقدم المشاريع
26.....	3.2.2 أهمية مراقبة تقدم المشاريع
27.....	4.2.2 أهداف مراقبة تقدم المشاريع
28.....	5.2.2 مستويات مراقبة التنفيذ في المشاريع
31.....	الفصل الثالث: منهجية الدراسة
31.....	1.3 تمهيد
31.....	2.3 منهج الدراسة
31.....	3.3 مجتمع الدراسة
32.....	4.3 عينة الدراسة

33.....	5.3 أداة الدراسة.....
34.....	6.3 صدق أداة الدراسة.....
35.....	7.3 مصفوفة الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي).....
36.....	8.3 ثبات أداة الدراسة.....
37.....	9.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة لتحليل البيانات.....
39.....	الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات.....
39.....	1.4 مقدمة الفصل.....
39.....	2.4 الخصائص الديموغرافية لأفراد عينة الدراسة.....
40.....	3.4 التحليل الوصفي لأفراد الدراسة.....
46.....	4.4 اختبار فرضيات الدراسة.....
54.....	الفصل الخامس: النتائج والتوصيات.....
54.....	1.5 التمهيد.....
54.....	2.5 مناقشة النتائج.....
57.....	3.5 التوصيات.....
59.....	Abstract.....
60.....	المراجع.....
60.....	المراجع باللغة العربية.....
62.....	المراجع باللغة الأجنبية.....
65.....	الملاحق.....
66.....	استمارة استبيان.....

قائمة الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
1.	جدول (1): معاملات الارتباط بين أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي	34
2.	جدول (2): معاملات الثبات (كرونباخ ألفا) لأبعاد أداة الدراسة	35
3.	الجدول (3): توزيع أفراد العينة وفقاً للخصائص الديموغرافية (n = 90)	38
4.	الجدول (4) التحليل الوصفي لـ البُعد الأول: النظم الخبيرة	40
5.	الجدول (5) التحليل الوصفي لـ البُعد الثاني: الشبكات العصبية	41
6.	الجدول (6) التحليل الوصفي لـ البُعد الثالث: الخوارزميات الجينية	42
7.	الجدول (7) التحليل الوصفي لـ البُعد الثالث: الخوارزميات الجينية	43
8.	جدول (8) التحليل الوصفي لمتغير "مراقبة تقدم المشاريع"	44
9.	جدول (9) نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي على مراقبة تقدم المشاريع	46
10.	جدول (10) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر النظم الخبيرة على مراقبة تقدم المشاريع	48

49	جدول (11) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر الشبكات العصبية على مراقبة تقدم المشاريع	11.
51	جدول (12) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر الخوارزميات الجينية على مراقبة تقدم المشاريع	12.
52	جدول (13) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر الوكلاء الأذكاء على مراقبة تقدم المشاريع	13.

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	اسم الشكل	رقم الشكل
7	الشكل رقم (1) نموذج الدراسة	1.

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1 المقدمة

مع التطورات السريعة في تكنولوجيا المعلومات والتحول الرقمي، أصبحت تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) أحد المحركات الرئيسية لثورة شاملة في إدارة المشاريع، لا سيما فيما يتعلق برصد التقدم وتقييم الأداء. لم تعد عمليات الرصد والتقييم تقتصر على الجداول الزمنية التقليدية والتقارير اليدوية؛ بل تعتمد بشكل متزايد على أنظمة ذكية قادرة على تحليل كميات هائلة من البيانات آنياً، والتنبؤ بالمخاطر المحتملة، والكشف الدقيق عن أي انحرافات عن خطط المشروع. يعزز هذا الاستخدام المتقدم للذكاء الاصطناعي قدرة مديري المشاريع على اتخاذ قرارات سريعة ومدروسة، ويقلل الوقت والجهد المبذولين في عمليات الرقابة. (حمادي، 2021)

يساهم الذكاء الاصطناعي في تحويل أسلوب رصد تقدم المشاريع من أسلوب روتيني يعتمد على المدخلات البشرية والمراقبة اليدوية إلى نماذج تفاعلية قائمة على التحليل التنبؤي والخوارزميات المتقدمة. تُستخدم تقنيات مثل التعلم الآلي، وتحليلات البيانات الضخمة، والرؤية الحاسوبية لتتبع تقدم المهام، وتقدير التقدم، واكتشاف أوجه القصور مبكراً، مما يتيح معالجة المشكلات فوراً قبل تفاقمها. كما تُستخدم أدوات الذكاء الاصطناعي لإعداد تقارير ذكية آلية تساعد فرق الإدارة على فهم ديناميكيات المشروع وتحديد أولويات التدخلات بفعالية أكبر. من ناحية أخرى، لا يقتصر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في هذا السياق على الجانب التقني فحسب، بل يتطلب فهماً عميقاً لطبيعة المشاريع ومتغيراتها المختلفة، لتصميم نماذج تحليلية تتوافق مع الأهداف المرحلية والاستراتيجية. ومن هنا تأتي أهمية دراسة تأثير استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على رصد تقدم المشاريع. تستكشف هذه الدراسة مدى فعالية هذه التقنيات في تعزيز جودة الأداء، وتحقيق الشفافية، وتحسين مخرجات المشاريع من حيث الالتزام بالجدول الزمنية، وضبط التكاليف، وجودة التنفيذ. (النسور، 2022)

يُعد تناول هذا الموضوع ضرورة علمية ومهنية، في ظل التوجه المتزايد للمؤسسات الصناعية والحكومية والخدمية نحو تطبيق الذكاء الاصطناعي في مختلف الأنشطة، بما في ذلك إدارة المشاريع. لذا، ستساهم دراسة هذا التأثير في إثراء أدبيات المعرفة من جهة، وتقديم توصيات عملية تُسهم في تحسين ممارسات رصد تنفيذ المشاريع، وتطوير نماذج تحكم فعالة باستخدام الذكاء الاصطناعي من جهة أخرى. (موسى، 2022)

شهد العالم في العقود الأخيرة تطورات تكنولوجية غير مسبوقة، كان أبرز تجلياتها ظهور الذكاء الاصطناعي، أحد أكثر المجالات ثورية وتأثيراً في جميع مناحي الحياة. يشير الذكاء الاصطناعي إلى قدرة أنظمة الحاسوب على محاكاة أنماط التفكير البشري، والتعلم من البيانات، واتخاذ القرارات أو تنفيذ المهام بناءً على خوارزميات معقدة دون تدخل بشري مباشر. واليوم، أصبحت هذه التقنيات حجر الزاوية في إعادة تعريف مفاهيم العمل والإنتاج والإدارة، إذ توسعت قدراتها لتتجاوز مجرد أداء المهام المتكررة لتشمل تحليل الأنماط المعقدة، والتنبؤ بالسلوك المستقبلي، وحتى التعلم من الأخطاء. (الساكت، 2024)

تتنوع تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل كبير، لتشمل التعلم الآلي، والتعلم العميق، ومعالجة اللغات الطبيعية، والرؤية الحاسوبية، وأنظمة التوصية، وغيرها من الفروع التي تُمكن الحواسيب والآلات من معالجة بيانات هائلة وغير منظمة، واستخراج الأنماط والمعاني منها بطرق تتجاوز أحياناً قدرات العقل البشري من حيث السرعة والدقة. على سبيل المثال، تُستخدم خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ بطلب المنتجات، وتحليل سلوك العملاء، والكشف المبكر عن أعطال الأنظمة الصناعية. تُستخدم تقنيات معالجة اللغة الطبيعية لتحليل النصوص وتسهيل التواصل بين الإنسان والآلة، كما هو الحال في المساعدات الذكية وبرامج الترجمة. (الزيود، 2022)

2.1 مشكلة الدراسة

تشهد بيئة إدارة المشاريع في العصر الرقمي تحولات جذرية مدفوعة بالتطورات السريعة في تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يُعيد صياغة أساليب إدارة المشاريع التقليدية، لا سيما فيما يتعلق برصد التقدم.

في السابق، كان رصد تقدم المشاريع يعتمد بشكل كبير على التقارير الدورية، والرصد اليدوي للأنشطة، وتحليل البيانات التقليدي، مما عرّض عمليات الرصد للتأخير والأخطاء البشرية، وحدّ من القدرة على التنبؤ بالمشاكل قبل حدوثها. ومع ذلك، فإن ظهور تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلي، وتحليلات البيانات الضخمة، والأنظمة التنبؤية، قد فتح آفاقاً جديدة لإدارة مشاريع أكثر ذكاءً وفعالية. (الطراونة، 2025)

ومع ذلك، ورغم هذه القدرات التقنية الواعدة، لا تزال هناك فجوة معرفية في فهم التأثير الفعلي لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على رصد تقدم المشاريع في بيئات العمل الواقعية. وهناك تباين في نتائج الدراسات السابقة. يشير البعض إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي يؤدي إلى تحسينات ملموسة في جودة المراقبة، والقدرة على التنبؤ بالمخاطر، وتقليل التأخيرات، بينما يحذر آخرون من تحديات تتعلق بتكلفة التنبؤ، وصعوبات التكامل مع الأنظمة الحالية، ونقص الكوادر المؤهلة لتشغيل هذه التقنيات بكفاءة. يثير هذا التباين تساؤلات مهمة حول ما إذا كانت المؤسسات تستفيد حقاً من الإمكانيات التي توفرها هذه التقنيات، أم أنها لا تزال في مرحلة تجريبية ولم تُعتمد إلا جزئياً.

3.1 أهمية الدراسة

تنبع أهمية هذه الدراسة من التحولات الجذرية التي يشهدها مجال إدارة المشاريع في ظل الثورة الرقمية المتسارعة. تسعى المؤسسات الآن إلى الاستفادة من أحدث التقنيات لتعزيز كفاءتها التشغيلية وتحقيق ميزة تنافسية مستدامة. يُعد الذكاء الاصطناعي من أبرز هذه التقنيات، إذ يحمل في طياته إمكاناتٍ واعدة لتحسين جودة القرارات، ودقة المتابعة، وسرعة الاستجابة للمتغيرات، لا سيما في سياق رصد تقدم المشاريع، الذي يُعدّ جانباً حاسماً في نجاح أي مشروع أو فشله.

تكمن أهمية الدراسة في تسليطها الضوء على إحدى القضايا الحديثة والملحة في بيئة العمل، وهي كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي بفعالية لرصد تقدم المشاريع، بما في ذلك تتبع الجداول الزمنية، وتقييم الأداء، ومراقبة المخاطر، وتقديم تنبؤات مستقبلية دقيقة. في حين تتجه العديد من المؤسسات نحو الأتمتة

والتحول الرقمي، لا يزال هناك غموض يكتنف كيفية الاستفادة المثلى من هذه التقنيات وفعاليتها الفعلية في التطبيق. ومن هنا، تبرز أهمية هذه الدراسة في توفير فهم علمي واضح ومبني على الأدلة لتأثير الذكاء الاصطناعي على هذا الجانب الحيوي من إدارة المشاريع. تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي:

الأهمية النظرية

- ✓ تُسهم هذه الدراسة، من خلال إسهامها في الأدبيات العلمية، في سد فجوة معرفية واضحة في الأدبيات المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال رصد تقدم المشاريع، لا سيما في ظل ندرة الدراسات التي تناولت هذا الموضوع من منظور تكاملي يجمع بين التكنولوجيا والإدارة.
- ✓ تطوير الأطر والنماذج النظرية، إذ تُسهم نتائج الدراسة في اقتراح أو تحسين نماذج نظرية تربط بين متغيرات مثل نوع تقنية الذكاء الاصطناعي، وطبيعة المشروع، وأساليب الرصد، مما يُعزز فهم العلاقات النظرية بين هذه المتغيرات في بيئة المشروع.
- ✓ فتح آفاق بحثية مستقبلية، إذ تُمهد الدراسة الطريق لدراسات أكاديمية أخرى أكثر تعمقًا، مثل الدراسات المقارنة بين القطاعات، أو الدراسات التي تتناول التحديات الأخلاقية والقانونية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في مكان العمل.
- ✓ دعم التنظير في سياق عربي أو محلي، إذ تُقدم الدراسة مرجعًا نظريًا قائمًا على واقع المشاريع في بيئات قد تختلف عن النماذج الغربية أو العالمية، مما يُضيف بُعدًا سياقيًا مهمًا للأدبيات.
- ✓ تحليل الاختلافات بين النهج التقليدي والحديث، وبيان كيفية اختلاف النتائج بين استخدام الأساليب اليدوية أو التقليدية في مراقبة المشاريع وتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي، من منظور تحليلي أكاديمي.

الأهمية العملية

- ✓ بمساعدة المؤسسات في اتخاذ القرارات الاستراتيجية، توفر الدراسة معلومات دقيقة تُمكن المديرين التنفيذيين ومخططي المشاريع من فهم الجدوى العملية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي واتخاذ القرارات بناءً على بيانات وتجارب واقعية.

- ✓ تحسين كفاءة وفعالية مراقبة المشاريع، حيث تُساعد النتائج التطبيقية للدراسة في توجيه المؤسسات نحو تبني أدوات وتقنيات مُحددة تُساعد في رصد التقدم تلقائيًا وذكيًا، وتقليل الأخطاء، وتوفير الوقت، وزيادة الشفافية في الأداء.
- ✓ تقديم حلول للمشاكل الواقعية في بيئة العمل، حيث تُعالج الدراسة التحديات الميدانية التي تواجه الفرق ومديري المشاريع، مثل تأخر الإنجاز أو سوء تخصيص الموارد، وتُقدّم كيفية مُعالجة تقنيات الذكاء الاصطناعي لها عمليًا.
- ✓ تحديد متطلبات التطبيق العملي، إذ تُحدد الدراسة المتطلبات الأساسية التي يجب استيفاؤها لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع، كالبنية التحتية الرقمية، والتدريب، والدعم الإداري، مما يُساعد المؤسسات على الاستعداد بشكل أفضل.
- ✓ تعزيز تنافسية المؤسسات في السوق، إذ يُمكنها، من خلال التطبيق العملي لتقنيات الذكاء الاصطناعي، تحسين عملياتها الداخلية وتسليم المشاريع بجودة أعلى وفي وقت أقصر، مما يمنحها ميزة تنافسية في بيئة أعمال متغيرة.
- ✓ بفضل توجيه سياسات التحول الرقمي، تُمكن الدراسة الجهات الحكومية أو صانعي السياسات من تصميم استراتيجيات أو تشريعات داعمة تُراعي دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، لا سيما في القطاعين العام والكبير.

4.1 أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى معرفة مدى أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها مجمعة المتمثلة في (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الذكاء) على مراقبة تقدم المشاريع: دراسة تطبيقية في قطاع الهندسة بمدينه الرياض، ويتفرع منه مجموعة من الأهداف الفرعية:

- ✓ التعرف على النظم الخبيرة ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع.
- ✓ التعرف على الشبكات العصبية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع.
- ✓ التعرف على الخوارزميات الجينية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع.

✓ التعرف على الوكلاء الازكياء ومدى انعكاسهم مراقبة تقدم المشاريع.

5.1 تساؤلات الدراسة

السؤال الرئيسي الأول: ما أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها مجمعة المتمثلة في (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الازكياء) على مراقبة تقدم المشاريع: دراسة تطبيقية في قطاع الهندسة بمدينة الرياض، وتتفرع منه عدة أسئلة فرعية كالتالي:

- ✓ ما أثر التعرف على النظم الخبيرة ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع؟
- ✓ ما أثر التعرف على الشبكات العصبية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع؟
- ✓ ما أثر التعرف على الخوارزميات الجينية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع؟
- ✓ ما أثر التعرف على الوكلاء الازكياء ومدى انعكاسهم مراقبة تقدم المشاريع؟

6.1 فروض الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن للباحث اعتماداً على الإطار النظري المتعلق بالدراسة، واستناداً إلى نتائج الدراسات السابقة تم صياغة الفرضيات التالية:

الفرضية الرئيسة الأول: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها مجمعة المتمثلة في (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الازكياء) على مراقبة تقدم المشاريع: دراسة تطبيقية في قطاع الهندسة بمدينة الرياض

وينبثق من هذه الفرضية الفرضيات الفرعية الثلاث التالية:

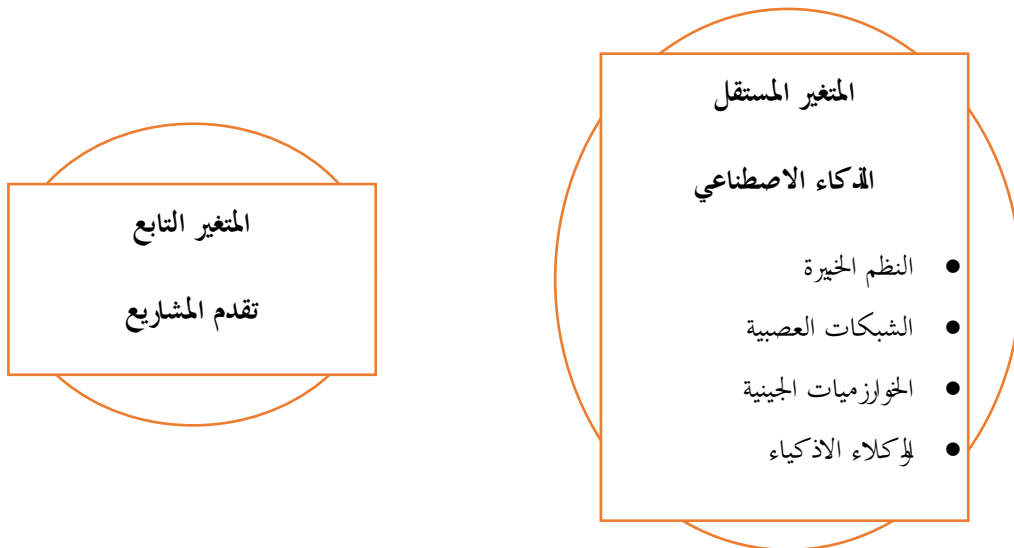
- ✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للنظم الخبيرة ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع.
- ✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للشبكات العصبية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع
- ✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للخوارزميات الجينية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع

✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للوكلاء الازكياء ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع

7.1 نموذج الدراسة:

- المتغير المستقل: الذكاء الاصطناعي بأبعاده مجمعة المتمثلة في (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الازكياء)
- المتغير التابع: تقدم المشاريع

الشكل رقم (1) متغيرات الدراسة



8.1 دراسات سابقة

1. دراسة (حسن، 2021) بعنوان: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المكتبات المصرية: دراسة

تخطيطية

تهدف هذه الدراسة إلى رصد برامج وخدمات الذكاء الاصطناعي المتاحة بهدف تقديم تصور تخطيطي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في المكتبات المصرية. ويتم ذلك من خلال تحديد ورصد أشهر برامج وخدمات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في مختلف العمليات التي تقوم بها المكتبات، بما في ذلك البحث في الفهارس، وتقديم خدمات الإعارة، والبحث عن المعلومات، وتطبيقات الروبوتات في المكتبات. كما تقدم

نموذجًا تجريبيًا لتطبيق أحد برامج الذكاء الاصطناعي المعنية بالمحادثة الآلية في المكتبات. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، حيث قامت بحصر ورصد برامج وخدمات الذكاء الاصطناعي المتاحة وكيفية عملها لاستغلالها والاستفادة منها في المكتبات المصرية. ويتم ذلك من خلال إبراز جوانب الاستفادة منها، بالإضافة إلى تقديم دليل إرشادي لكيفية استخدامها والاستفادة منها. أما المنهج التجريبي فهو من خلال إعداد نموذج تجريبي لتطبيق روبوت محادثة لتقديم خدمات المكتبات. واقتصرت الدراسة على أشهر برامج وخدمات الذكاء الاصطناعي المعنية بالبحث في الفهارس، وتقديم خدمات الإعارة، والبحث عن المعلومات، وتطبيقات الروبوتات. كما غطت الدراسة برامج وخدمات الذكاء الاصطناعي المتاحة حتى نهاية عام 2020. ولم تقتصر الدراسة على حدود جغرافية محددة، نظرًا لاختلاف بلدان المنشأ لمنتجي برامج وخدمات الذكاء الاصطناعي. وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج، أبرزها اعتماد معظم المكتبات الأجنبية على أليكسا للبحث عن المعلومات في فهارسها، وذلك لاعتمادها على منصة مفتوحة المصدر تتيح للمطورين تصميم خدمات جديدة تناسب احتياجاتهم. وتعتمد معظم المكتبات الأجنبية على أليكسا وخدمة هوبلا لتقديم خدمات الإعارة للمستفيدين، ويصل عدد المكتبات العامة المشاركة في هذه الخدمة إلى 1500 مكتبة عامة في الولايات المتحدة وكندا. إضافةً إلى ذلك، ظهرت خدمة واتسون ديسكفري خلال فترة الدراسة، والتي يمكن أن تساهم في توفير الوقت والجهد في حال استخدامها للبحث عن المعلومات في المكتبات. كما كشفت النتائج عن انتشار استخدام الروبوتات في المكتبات العربية والأجنبية، إلا أن استخدام الروبوتات في المكتبات لا يزال يقتصر على أداء بعض الأنشطة والخدمات البسيطة كترتيب وتنظيم الكتب، وتعليم الأطفال وتدريبهم، واستقبال الزوار وتوجيههم، والبحث عن المعلومات، وتقديم الخدمات المرجعية. مع ذلك، لا يزال تطوير استخدام الروبوتات في المكتبات قيد الدراسة والتطوير. ومن المتوقع أن تؤدي الروبوتات مهامًا أكثر تعقيدًا في المستقبل القريب.

2. دراسة (القسايمة، 2021) بعنوان: أثر الذكاء الاصطناعي في خصائص المعلومات المحاسبية:

الدور المعدل لكفاءة الأنظمة المحاسبية في البنوك التجارية الأردنية

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على أثر الذكاء الاصطناعي بأبعاده (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الأذكاء) على خصائص المعلومات المحاسبية في البنوك التجارية

الأردنية. كما هدفت إلى معرفة أثر كفاءة النظم المحاسبية على العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وخصائص المعلومات المحاسبية في البنوك التجارية الأردنية. ولتحقيق أهداف الدراسة، تم تطوير استبانة لجمع البيانات من مجتمع الدراسة المكون من البنوك التجارية الأردنية المدرجة في بورصة عمان والبالغ عددها (13) بنكاً. تم توزيع (195) استبانة إلكترونياً على أفراد عينة الدراسة وتم استرجاعها بنفس الطريقة، حيث تم استرجاع (188) استبانة صالحة للتحليل الإحصائي. وتم استخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) لتحليل البيانات. وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج كان من أهمها: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للذكاء الاصطناعي على خصائص المعلومات المحاسبية في البنوك التجارية الأردنية، ويوجد أثر لكفاءة النظم المحاسبية على العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وأبعاده وخصائص المعلومات المحاسبية في البنوك التجارية الأردنية. وأوصت الدراسة بالعديد من التوصيات أهمها: ضرورة الاهتمام بمواكبة البنوك التجارية الأردنية للتطورات في مجال الذكاء الاصطناعي، نظراً لتأثيره على الخصائص الأولية والثانوية للمعلومات المحاسبية من حيث ملاءمتها ودقة تمثيلها وقابليتها للمقارنة والفهم والتوقيت المناسب.

3. دراسة (المصاروة، 2021) بعنوان: أثر الذكاء الاصطناعي في الأداء المؤسسي: متغير وسيط رأس

المال الفكري في البنوك التجارية في الأردن

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر الذكاء الاصطناعي بأبعاده (النظم الخبيرة، التعلم الآلي، سهولة الاستخدام) على الأداء المؤسسي بأبعاده (الكفاءة، الفعالية)، من خلال المتغير الوسيط وهو رأس المال الفكري في البنوك التجارية في الأردن. تكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في البنوك التجارية في الأردن والبالغ عددهم (16) بنكاً تجارياً. اعتمدت الدراسة على عينة طبقية عشوائية متناسبة من الإداريين في البنوك التجارية في الأردن (مدير، رئيس قسم، مشرف، إداري)، بلغ حجمها (338) إدارياً. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتم تطوير استبانة مكونة من (38) فقرة. تم استخدام برنامج التحليل الإحصائي (SPSS) لتحليل البيانات واختبار الفرضيات، بالإضافة إلى تحليل المسار باستخدام برنامج (Amos)، وذلك لبيان الأثر المباشر وغير المباشر لنموذج الدراسة. توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها: وجود أثر للذكاء الاصطناعي بأبعاده (النظم الخبيرة، التعلم الآلي، سهولة الاستخدام) على الأداء

المؤسسي، ووجود أثر للذكاء الاصطناعي بأبعاده على رأس المال الفكري، ووجود أثر لرأس المال الفكري في الأداء المؤسسي وأثر الذكاء الاصطناعي بأبعاده على الأداء المؤسسي من خلال رأس المال الفكري في البنوك التجارية. وأوصت الدراسة بضرورة اهتمام إدارة البنوك بالنظم الخبرة التي يوفرها الذكاء الاصطناعي، واكتساب المعرفة من قواعد البيانات المخزنة لإيجاد حلول للمشكلات المختلفة وتطبيقها من خلال الأداء المؤسسي ورأس المال الفكري لمساعدتها على البقاء والاستمرار والمنافسة في بيئة العمل المصرفي، وإنشاء أنظمة تعالج الأخطاء المحاسبية بشكل منطقي وبرمجي لزيادة القدرة والعمل بشكل آلي على مراقبة أي تلاعب وإعادة تقييم عملياتها الداخلية بشكل مستمر بما يتماشى مع التغيرات في بيئة العمل الخارجية لهذه البنوك من خلال استخدام التكنولوجيا الحديثة ونقل المعرفة والبحث والتطوير.

4. دراسة (العنزي، 2020) بعنوان: أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المنظمات: دراسة حالة مؤسسة

الرعاية الصحية الأولية بدولة قطر

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على أثر الذكاء الاصطناعي على الأداء التنظيمي (العمليات الداخلية، التدريب والنمو، ورضا العملاء). اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي لإجراء هذه الدراسة. شملت عينة الدراسة (130) موظفًا من موظفي مؤسسة الرعاية الصحية الأولية في دولة قطر. واستخدمت الدراسة أداة تم تطويرها لهذا الغرض. أظهرت نتائج الدراسة أن المتوسطات الحسابية كانت عالية جدًا وعالية ومتوسطة للبعد المستقل (الذكاء الاصطناعي)، وأن المتوسط الحسابي للبعد الكلي (الأداء التنظيمي) بلغ (4.00). وجاء البعد الثاني (التدريب والنمو) في المرتبة الأولى، يليه البعد الأول (العمليات الداخلية) في المرتبة الأخيرة. كما أظهرت النتائج أن للمتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي) تأثيرًا ذا دلالة إحصائية على المتغير التابع (أداء المهام) في أبعاده مجتمعة (العمليات الداخلية، التدريب والنمو، ورضا العملاء). وفي ضوء نتائج الدراسة قدم الباحث عدة توصيات منها: ضرورة إعطاء الأولوية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي المتعلقة بعمليات إلغاء الاشتراكات الإلكترونية للعملاء، والتأكد من إنجازها بسرعة وسهولة، وضمان حسن سير العمليات الداخلية داخل المنظمة، وتحسين علاقات الموظفين، وضمان الالتزام بالأنظمة والقوانين.

9.1 الفجوة البحثية

على الرغم من أهمية الدراسات السابقة التي تناولت تأثير الذكاء الاصطناعي في مختلف المجالات، إلا أن مراجعة هذه الدراسات تكشف عن فجوة بحثية واضحة تتعلق بقلّة التركيز المباشر على موضوع رصد تقدم المشاريع باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، لا سيما في القطاع الهندسي، وفي سياق جغرافي عربي محدد كالرياض. ركزت معظم الدراسات السابقة على قطاعات متنوعة كالمكتبات والبنوك ومؤسسات الرعاية الصحية، ولم تتناول بشكل صريح أو عملي تأثير الذكاء الاصطناعي على عمليات الرصد المرتبطة بتقدم المشاريع. يُعد هذا عنصرًا محوريًا في نجاح المشاريع، لا سيما في بيئة هندسية تتسم بمراحل تنفيذ معقدة وتعدد الجهات المعنية.

على سبيل المثال، ركزت دراسة حسن (2021) على استكشاف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المكتبات المصرية من منظور تخطيطي. ولم تتناول الدراسة التأثير العملي أو الرصدي لهذه التقنيات، بل ركزت على استخدامات خدمية كالبحث والإقراض وتوفير المعلومات عبر الروبوتات. ورغم أهمية هذه الدراسة في تحديد التطبيقات المحتملة، إلا أنها لم تتناول الجوانب الإدارية أو التحليلية المتعلقة بتقدم المشاريع أو قياس الأداء.

تناولت دراسة القصايمة (2021) تأثير الذكاء الاصطناعي على خصائص المعلومات المحاسبية في البنوك التجارية، وتناولت دور النظم المحاسبية كعامل مُعدل. ويمثل هذا مجالًا مختلفًا تمامًا من حيث الغرض والوظيفة. وتركز الدراسة على تحسين جودة البيانات المالية، لا على تقدم المشاريع وإدارة الموارد والجدولة. علاوة على ذلك، تختلف البيئة المصرفية اختلافًا جذريًا من حيث التحديات وطبيعة العمليات عن البيئة الهندسية الميدانية المعقدة.

وفي السياق نفسه، ركزت دراسة المصاروة (2021) على العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والأداء المؤسسي في البنوك، مع التركيز على رأس المال الفكري كمتغير وسيط. ويؤثر هذا النهج فهم تأثير الذكاء الاصطناعي على الموارد المعرفية والبشرية. إلا أنه لا يتناول بشكل مباشر تأثير هذه التقنيات على آليات رصد

ومتابعة المشاريع، والتي تتطلب أدوات تتبع الوقت، وتحليل التقدم، ورصد التأخيرات أو الانحرافات عن الجداول الزمنية والخطط الفنية، وهي قضايا بالغة الأهمية في دراسة المشاريع الهندسية.

تناولت دراسة العنزي (2020) أيضًا تأثير الذكاء الاصطناعي على الأداء التنظيمي في مؤسسة رعاية صحية، مع التركيز على الجوانب المتعلقة بالتدريب والعمليات الداخلية ورضا العملاء. ورغم أنها تناولت النهج الإداري، إلا أنها بقيت ضمن الإطار العام دون الخوض في البنية التقنية لتقدم المشاريع أو متغيرات الوقت والإنتاجية المرتبطة بها. علاوة على ذلك، وبينما يشترك قطاع الرعاية الصحية في بعض الأنظمة الإدارية مع قطاعات أخرى، إلا أن طبيعة مشاريعه ومقاييس نجاحها تختلف اختلافًا جذريًا عن قطاع الهندسة.

وبناءً على ذلك، تبرز فجوة بحثية واضحة تتمثل في أن الدراسات السابقة لم تتناول، بشكل تطبيقي أو تجريبي، تأثير استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في رصد تقدم المشاريع، وخاصةً في قطاع الهندسة، الذي يتطلب أدوات رصد دقيقة نظرًا لتعقيد مراحلها وتنوع موارده واعتماده الكبير على الجداول الزمنية وخطط التنفيذ. علاوة على ذلك، فإن التركيز على الرياض كسياق جغرافي يضيف بُعدًا جديدًا لم تتناوله الدراسات السابقة بوضوح. تناولت معظم الدراسات السابقة السياقات المصرية والأردنية والقطرية، دون مراعاة البيئة التنظيمية والتقنية لمدينة الرياض، إحدى أبرز مدن المنطقة من حيث حجم المشاريع الهندسية واستثمارات البنية التحتية.

وبناءً على ذلك، تهدف الدراسة الحالية إلى سدّ هذه الفجوة من خلال تقديم نهج تطبيقي وميداني لتأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على رصد ومتابعة تقدم المشاريع الهندسية، بما في ذلك تتبع الأداء، ورصد الانحرافات، وتقديم تنبؤات مستقبلية بشأن معدلات الإنجاز. ويشكل هذا مساهمة علمية وعملية مهمة في مجال إدارة المشاريع والهندسة الحديثة.

10.1 المنطلقات النظرية للدراسة

تستند هذه الدراسة إلى الأساس النظري للتفاعل بين التطور التكنولوجي والتحول الإداري في بيئة إدارة المشاريع. وبشكل أكثر تحديدًا، تستند إلى العلاقة المتبادلة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي كأدوات

للتحليل ومعالجة البيانات واتخاذ القرارات، ومراقبة تقدم المشاريع كوظيفة إدارية مركزية تهدف إلى ضمان التزام المشاريع بجداولها الزمنية وأهدافها الفنية والمالية.

يُعد الذكاء الاصطناعي فرعًا حديثًا من علوم الحوسبة، وقد تطور ليشمل تطبيقات عديدة مثل التعلم الآلي، وتحليل البيانات الضخمة، ومعالجة اللغات الطبيعية، والشبكات العصبية، وأنظمة الخبراء. وتقوم النظرية التي تقوم عليها هذه الدراسة على أن هذه التقنيات لا تعمل كأدوات دعم فحسب، بل تُسهم أيضًا في تحسين جودة المعلومات، وسرعة الوصول إليها، ودقة اتخاذ القرارات. وهذا يُمكن المؤسسات من مراقبة التنفيذ الفعلي للمشاريع أنيًّا، والتنبؤ بالمشكلات قبل حدوثها، والتصرف بسرعة عند حدوث أي انحرافات عن الخطط الموضوعة.

وتستند الدراسة أيضًا إلى نظرية النظم، التي تنظر إلى المشاريع كوحدات مترابطة تتكون من مدخلات وعمليات ومخرجات. تفترض الدراسة أن كفاءة المراقبة تعتمد على قدرة النظام على التكيف مع المتغيرات البيئية الداخلية والخارجية. وفي هذا السياق، تُمثل تقنيات الذكاء الاصطناعي نهجًا تكنولوجيًا يُمكن أنظمة إدارة المشاريع من التفاعل الديناميكي مع البيانات وتحليلها باستمرار، مما يُحافظ على استقرار النظام ويُحقق أهدافه بكفاءة.

تستند الدراسة أيضًا إلى مبادئ اتخاذ القرارات القائمة على البيانات، والتي تفترض أن اتخاذ القرارات الإدارية يكون أكثر فعالية عند استناده إلى بيانات آنية وعالية الجودة. ويُعزز الذكاء الاصطناعي هذا التوجه من خلال أدوات تحليل البيانات التنبؤية والتشخيصية، والتي تُسهم في توليد رؤى تُساعد على ضبط توقيت المشروع، وتخصيص الموارد، وتقليل الهدر.

علاوة على ذلك، تركز الدراسة على أن مراقبة تقدم المشروع ليست مجرد وظيفة إدارية تقليدية، بل هي عملية مُعقدة تتطلب أدوات حديثة للتعامل مع التغيرات المفاجئة، والتعقيدات التشغيلية، وتعدد الجهات المعنية. لذلك، يُمثل الجمع بين الذكاء الاصطناعي ومراقبة التقدم تطورًا طبيعيًا يتماشى مع التوجهات العالمية نحو إدارة المشاريع الرقمية، ويعكس تحولًا نحو الإدارة القائمة على البيانات والاستجابة الذكية.

تنطلق هذه الدراسة من هذه الفرضيات النظرية لتعميق فهمها لدور الذكاء الاصطناعي في دعم مهام الإشراف على المشاريع، لا سيما في السياقات التي تتسم بالتعقيد التقني والزمني، مثل المشاريع الهندسية. وتسعى الدراسة إلى اختبار هذه الأطر النظرية في واقع تطبيقي محدد - القطاع الهندسي في الرياض - لقياس مدى تطبيق هذه الفرضيات النظرية عملياً.

11.1 حدود الدراسة:

- حدود موضوعية : تقتصر الدراسة على تحليل أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها مجمعة المتمثلة في (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الازكياء) على مراقبة تقدم المشاريع: دراسة تطبيقية في قطاع الهندسة بمدينة الرياض
- حدود مكانية: تُجرى الدراسة على قطاع الهندسة بمدينة الرياض
- حدود زمانية : تم إعداد الدراسة في عام 2025.
- حدود بشرية: تقتصر الحدود البشرية لهذه الدراسة على العاملين في قطاع الهندسة بمدينة الرياض، ممن لديهم ارتباط مباشر بالأعمال الحكومية

الفصل الثاني: الإطار النظري

المبحث الأول: المتغير المستقل – تقنيات الذكاء الاصطناعي

1.1.2 التمهيد

يشهد العالم اليوم ثورة تكنولوجية غير مسبوقة تنصدها تقنيات الذكاء الاصطناعي، والتي باتت تمثل نقطة تحول محورية في شتى مجالات الحياة، ولا سيّما في بيئة الأعمال والصناعات الهندسية، وقد أصبحت الأنظمة الذكية قادرة على أداء مهام كانت حكراً على العقل البشري، من خلال محاكاة عمليات التفكير، واتخاذ القرار، والتحليل، والتنبؤ، بل والتعلّم الذاتي.

ويُعد قطاع الهندسة وإدارة المشاريع من أكثر القطاعات تأثراً بتقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث أصبحت هذه التقنيات تلعب دوراً حيوياً في تعزيز كفاءة العمليات وتحسين جودة القرارات المتعلقة بالتخطيط والتنفيذ والرقابة، خاصة في ما يتعلق بمراقبة تقدم المشاريع، وهو المجال الذي يتطلب دقة عالية في التوقيت، وتحليلاً مستمراً للمتغيرات المتعددة.

وفي ظل ما سبق، برزت أهمية دراسة أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي، والتي تشمل على وجه الخصوص: النظم الخبيرة، الشبكات العصبية الاصطناعية، الخوارزميات الجينية، والوكلاء الأذكياء، على تعزيز قدرة المؤسسات الهندسية على مراقبة تقدم المشاريع بشكل فعال. ويشكل هذا المبحث مدخلاً نظرياً لفهم هذا المتغير المستقل، عبر مناقشة مفاهيمه، وأهميته، وأهدافه، وأبعاده التطبيقية.

2.1.2 مفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي

تعددت التعريفات التي تناولت مفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتنوّعت زوايا النظر إليها بحسب تخصصات الباحثين. فمنهم من ركز على الجانب الوظيفي لهذه التقنيات، ومنهم من ركز على بنيتها المعرفية، وآخرون على قدرتها التكيفية والذاتية. ويمكن تلخيص أبرز هذه التعريفات فيما يلي:

- يعرف (Wagner & Wagner (2023) الذكاء الاصطناعي بأنه "مجموعة من النظم الحاسوبية المصممة لمحاكاة الذكاء البشري في مجالات مثل التفكير المنطقي، اتخاذ القرار، معالجة اللغة، والرؤية الحاسوبية، بهدف تعزيز الأداء في المهام المعقدة".
 - ويرى (Shoushtari et al. (2024 أن الذكاء الاصطناعي يتمثل في "استخدام خوارزميات قابلة للتعليم والتحسين الذاتي تُدمج في نظم تكنولوجية لدعم القرارات وتحقيق التنبؤات وتحليل البيانات في بيئات غير مؤكدة"، مما يبرز البعد الديناميكي والتعلمي للتقنيات الذكية.
 - أما (Hossain et al. (2024 فقد عرّفوه بأنه: "أداة استراتيجية في إدارة المشاريع، تُستخدم لتسريع العمليات وتحسين الرقابة وتقليل المخاطر عبر تحليل الأنماط السابقة والتنبؤ المستقبلي".
 - وعلى الصعيد العربي، تُعرف الساكت والحياصات (2024) تقنيات الذكاء الاصطناعي بأنها: "أنظمة تعتمد على برمجيات معقدة تحاكي الذكاء البشري، وتقوم بتنفيذ عمليات تحليلية واتخاذ قرارات تعتمد على معايير برمجية وتعلم تلقائي، بينما يؤكد عطية ومقبل (2023) أن الذكاء الاصطناعي "يُعد محركًا جديدًا للتنمية الاقتصادية عبر توظيف البيانات والتقنيات الذكية في تحسين العمليات التشغيلية".
 - من منظور وظيفي، يرى الدرادكة والزعي (2024) أن الذكاء الاصطناعي هو "نموذج حسابي يستند إلى تقنيات تحليل ضخمة للبيانات بهدف اتخاذ قرارات فعّالة في الوقت الحقيقي دون الحاجة إلى تدخل بشري مباشر".
 - ويُضيف الطراونة والمطارنة (2025) منظورًا رقائبيًا، إذ يرون أن "الذكاء الاصطناعي لا يُستخدم فقط كأداة تحليل، بل ككيان ذكي قادر على إدارة المخاطر والتفاعل مع البيئات المتغيرة بمرونة واستجابة فورية".
- انطلاقًا مما سبق، يُمكن للباحث أن يُعرّف تقنيات الذكاء الاصطناعي في سياق هذه الدراسة بأنها:
- "مجموعة من الأدوات والخوارزميات الذكية التي تمكّن الأنظمة من تحليل البيانات الضخمة، والتعلّم الذاتي، واتخاذ قرارات تنبؤية، بهدف تحسين فعالية العمليات، وتحديدًا في مجال مراقبة تقدم

المشاريع في البيئة الهندسية الديناميكية. وتشمل هذه التقنيات: النظم الخبيرة، الشبكات العصبية الاصطناعية، الخوارزميات الجينية، والوكلاء الأذكاء."

3.1.2 أهمية تقنيات الذكاء الاصطناعي

أصبحت تقنيات الذكاء الاصطناعي إحدى الدعائم الأساسية للتحويل الرقمي في المؤسسات الحديثة، حيث تجاوزت حدود كونها أدوات دعم تقنية إلى كونها مكوناً استراتيجياً يسهم في صياغة بيئات عمل ذكية، وقادرة على التكيف مع المتغيرات الديناميكية المتسارعة. وفي ظل تعقيد المشاريع الهندسية، والحاجة إلى الدقة، والسرعة، والكفاءة في التنفيذ، تبرز أهمية توظيف هذه التقنيات في مختلف مراحل المشروع، لاسيما مرحلة المتابعة والمراقبة، باعتبارها الأكثر حساسية وتأثيراً في مسار التنفيذ وجودته.

وتكمن أهمية تقنيات الذكاء الاصطناعي، حسب ما يشير إليه العنزي والسعود (2020)، في كونها تشكل تحولاً نوعياً في طرق إدارة الأعمال والمشاريع، حيث تمكن المؤسسات من:

1. تعزيز القدرة على معالجة البيانات الكبيرة والمعقدة بطريقة آنية وفعالة، ما يتيح لصناع القرار فهماً أعمق لسير العمليات.
2. تسريع وتيرة اتخاذ القرارات التشغيلية والاستراتيجية من خلال أنظمة تنبؤية تتعلم ذاتياً وتتكيف مع البيئة المحيطة.
3. تحقيق مستوى أعلى من الدقة والانضباط في الأداء المؤسسي من خلال تقليل التدخلات البشرية في العمليات الحساسة.

بينما يرى القسايسة وأبو سليم (2021) أن أهمية الذكاء الاصطناعي تكمن في كونه أداة تنظيمية تعيد تشكيل بنية نظم المعلومات داخل المؤسسة، وتساعد على تقليل الاعتماد على الأساليب اليدوية التقليدية، من خلال:

- رفع جودة البيانات المنتجة من العمليات التشغيلية.
- توفير بيئة رقمية تفاعلية تساعد في التنبؤ المبكر بالانحرافات المحتملة في المشاريع.

- تمكين فرق العمل من الوصول إلى حلول ذكية قابلة للتخصيص والتطوير المستمر.

وبذلك يتضح أن تقنيات الذكاء الاصطناعي لا تُعد مجرد امتداد للتقنيات الحاسوبية، بل هي نقلة مفاهيمية في إدارة المشاريع، حيث تؤسس لمنهجيات رقمية قادرة على التنبؤ، والتحليل، والتفاعل بشكل مستقل وفعال، بما يعزز جودة العمل ويقلل من التكاليف والمخاطر في البيئات المعقدة كالمشاريع الهندسية.

4.1.2 أهداف استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

في ظل التوسع في المشاريع الهندسية وتزايد تعقيداتها، لم تعد أساليب المتابعة التقليدية كافية لمواكبة حجم البيانات وتعدد المتغيرات التي تؤثر على مسار المشروع، مما استدعى إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي كأداة مركزية تسهم في رفع فعالية نظم الرقابة والمتابعة، وتُستخدم هذه التقنيات لتحقيق مجموعة من الأهداف المرتبطة بدقة الأداء، ومرونة القرار، وكفاءة التفاعل مع التغيرات المفاجئة أثناء التنفيذ، خصوصًا في بيئات المشاريع التي تتطلب استجابة فورية وتحليل لحظي للبيانات.

ويُشير أبو صعيلى والخطيب (2022) إلى أن الهدف من استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة المشاريع يتمثل في إحداث تحول جوهري في منهجيات المتابعة والتقييم، ويتجلى ذلك من خلال:

1. تمكين الأنظمة من التنبؤ بالانحرافات قبل وقوعها عبر تحليل البيانات التاريخية والأنماط المتكررة، مما يساعد في اتخاذ إجراءات تصحيحية استباقية.
2. تعزيز فعالية الجدولة الزمنية للمشروعات عبر استخدام أدوات ذكية تستطيع محاكاة المسارات الزمنية البديلة واختيار الأنسب منها.
3. تحقيق التواصل التفاعلي بين عناصر المشروع من خلال منصات ذكية تربط الأطراف كافة، وتعمل على تزويدهم بمعلومات لحظية دقيقة.

ويرى المعشني والعمر (2024) أن أهداف الذكاء الاصطناعي لا تقتصر على تحسين كفاءة المتابعة فحسب، بل تمتد إلى تطوير بيئة العمل نفسها، حيث تسهم هذه التقنيات في:

- أتمتة عمليات اتخاذ القرار في المراحل التشغيلية، مما يقلل من التحيز البشري ويسرع الإجراءات.
- رفع مستوى الاعتماد على نظم المراقبة الذاتية، حيث تصبح المشاريع قادرة على مراقبة تقدمها الداخلي دون تدخل خارجي مستمر.
- تهيئة بيئة ذكية قابلة للتكيف مع الظروف الطارئة، من خلال التعلم المستمر للنظم وتحديث نماذجها التحليلية.

وتُظهر هذه الأهداف كيف أن استخدام الذكاء الاصطناعي في مراقبة تقدم المشاريع لا يُعد ترفاً تقنياً، بل ضرورة تشغيلية لتمكين المؤسسات من الحفاظ على التوازن بين جودة الإنجاز والمرونة في التكيف مع المتغيرات البيئية والميدانية.

5.1.2 أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي

تم تحديد أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي المعتمدة في هذه الدراسة بالاعتماد على ما طرحه كل من الدرادكة والزعي (2024) و Hashfi & Raharjo (2023)، اللذين أكّدا على أهمية النظر إلى الذكاء الاصطناعي باعتباره منظومة متكاملة تشمل أنظمة خُبيرة قادرة على اتخاذ القرار، وشبكات عصبية تتعلم من البيانات، وخوارزميات جينية تحاكي الانتقاء الطبيعي، ووكلاء أذكىاء يتفاعلون مع البيئة بطريقة مستقلة، وتُعدّ هذه الأبعاد الأربع هي الأوسع انتشاراً وتطبيقاً في ميادين مراقبة تقدم المشاريع، خاصة في البيئات الهندسية المعقدة.

❖ النظم الخبيرة Expert Systems

تشير النظم الخبيرة إلى تلك البرامج الذكية التي تُحاكي قدرة الخبير البشري في التحليل واتخاذ القرار ضمن مجال معرفي محدد، وتتمثل فكرتها الأساسية في تخزين كم هائل من المعارف والخبرات ضمن قاعدة بيانات متخصصة، يُضاف إليها محرك استدلال يقوم بمعالجة المعلومات المقدمة من بيئة المشروع، ومقارنتها بالقواعد المعرفية المخزنة مسبقاً، ثم تقديم توصيات أو قرارات تتسم بالدقة والموضوعية.

وتكمن القيمة المضافة للنظم الخبيرة في قدرتها على التعامل مع مشكلات شبه مركبة، لا سيما في بيئة المشاريع التي تتطلب تحليل معطيات متداخلة، مثل تأخيرات الموارد أو تغييرات التصميم، وتُستخدم هذه النظم في دعم مديري المشاريع من خلال توفير استجابات آلية تستند إلى معايير موضوعية دون تدخل بشري مباشر، وتعتمد النظم الخبيرة على ما يُعرف بـ "مجموعات القواعد" Rules-based Systems والتي تشكل منطق اتخاذ القرار داخل النظام.

وقد أشار الزبيد وآخرون (2022) إلى أن النظم الخبيرة أصبحت ركيزة أساسية في تحسين جودة الخدمات الذكية في المؤسسات، نظرًا لقدرتها على المعالجة السريعة لحالات معقدة وتقديم حلول في وقت قياسي، ما يجعلها مناسبة لبيئات المشاريع المتغيرة.

❖ الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Networks

تُعد الشبكات العصبية الاصطناعية أحد أكثر أشكال الذكاء الاصطناعي تطورًا، حيث تقوم على نماذج حسابية مستوحاة من طريقة عمل الدماغ البشري، وتتكون هذه الشبكات من طبقات متعددة من "العُقد" Nodes التي تستقبل البيانات، وتعالجها من خلال وزن معلوماتي معين، لُتنتج مخرجات تحليلية دقيقة.

وتكمن القوة التحليلية للشبكات العصبية في قدرتها على التعلّم الذاتي وتحسين أدائها عبر الزمن، مما يجعلها مثالية لتطبيقات التنبؤ ومراقبة المؤشرات الزمنية والكمية في المشاريع، وتستخدم الشبكات العصبية عادة لتحليل العلاقة بين عدة متغيرات في الوقت الحقيقي، مما يسمح بتوقع احتمالية تأخر المشروع أو تجاوز التكاليف، بناءً على أنماط بيانات سابقة.

وقد أشار Kozhakhmetova et al. (2024) إلى أن هذه الشبكات تُعد الخيار الأنسب في المشاريع المعقدة التي تتطلب معالجة كمية كبيرة من المتغيرات المتغيرة والمتفاعلة، مثل الطقس، والموارد، ومعدلات الإنجاز.

❖ الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms

الخوارزميات الجينية هي إحدى تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تحاكي مبادئ التطور الطبيعي والانتقاء البيولوجي، وتُستخدم في حل المشكلات التي يصعب التعامل معها باستخدام الأساليب التقليدية. وتعتمد هذه الخوارزميات على "الكروموسومات" كرموز تمثل حلولاً محتملة، ثم تخضع هذه الحلول إلى عمليات "التهجين" و"الطفرة" للوصول إلى أفضل حل ممكن بمرور الوقت.

وتُستخدم هذه الخوارزميات بشكل فعال في تحسين الجدولة الزمنية للمشاريع، وتوزيع الموارد، وإيجاد حلول بديلة في حال تغير الظروف التشغيلية، كما تتميز بالمرونة والقدرة على معالجة مشكلات متعددة الأهداف Multi-objective Optimization ، مما يجعلها مفيدة في المشاريع التي تتداخل فيها الجداول الزمنية مع قيود التكلفة والموارد.

ويرى (Ahmed et al. (2024 أن الخوارزميات الجينية تمثل نقلة نوعية في تحسين كفاءة الأداء التشغيلي، إذ إنها لا تكتفي بإيجاد حلول سريعة، بل تسعى إلى الوصول إلى "الحل الأمثل" بشكل تدريجي وذكي.

❖ الوكلاء الأذكاء Intelligent Agents

يُعرف الوكيل الذكي بأنه كيان برمجي مستقل يتمتع بالقدرة على المراقبة، والتفاعل، واتخاذ قرارات تلقائية داخل بيئة معينة دون تدخل بشري مباشر. وتتميز هذه الوكلاء بالقدرة على الاستشعار والتعلم والعمل التكيفي، مما يجعلها مناسبة تمامًا للبيئات المشاريع التي تتغير ظروفها بشكل سريع ومستمر. وتتمثل أبرز تطبيقات الوكلاء الأذكاء في المشاريع في قدرتهم على تتبع تقدم المهام، وتقييم الأداء، وتنبيه الإدارة عند وجود تأخير أو خلل. كما يمكن للوكلاء التفاعل مع نظم معلومات المشروع وتقديم تقارير آنية وفقًا للبيانات المتاحة.

وقد أشار (Manduva (2024 إلى أن الوكلاء الأذكاء أصبحوا جزءًا لا يتجزأ من أنظمة المراقبة الحديثة، حيث يمكّنون النظام من العمل بشكل شبه مستقل، مع الحفاظ على أعلى درجات الدقة في الاستجابة للظروف الطارئة.

6.1.2 تطبيقات تقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الهندسي

يُعد القطاع الهندسي من أكثر القطاعات تأثرًا وتفاعلاً مع التحولات الرقمية والتطورات التقنية، وعلى رأسها تقنيات الذكاء الاصطناعي التي أضحت مكونًا محوريًا في إعادة تصميم العمليات الهندسية وتطوير أدوات المتابعة والتنفيذ، وتتمثل أهمية هذا التفاعل في تعقيد بيئات المشاريع الهندسية، وكثرة الأطراف المتداخلة، وضخامة البيانات الناتجة عن العمليات اليومية، مما يجعل من الذكاء الاصطناعي أداة استراتيجية في دعم اتخاذ القرار وتحقيق الرقابة المستمرة.

وقد أشار (Hashfi & Raharjo (2023 إلى أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية يُسهم في تحسين عمليات التخطيط، وتقليل الأخطاء الناتجة عن التقديرات البشرية، وتوفير أدوات تحليل دقيقة تُمكن من التفاعل السريع مع المستجدات الميدانية. ويظهر ذلك في تطبيقات عدة من أبرزها:

- أنظمة الجدولة الذكية التي تعتمد على الشبكات العصبية لتحديد أولويات المهام والمسارات الحرجة بناءً على البيانات الحقيقية وليس التوقعات النظرية.
- أدوات مراقبة التقدم التلقائية، التي تُمكن من تتبع سير المشروع في الزمن الفعلي باستخدام تقنيات الاستشعار والتعلم الآلي.
- التحليلات التنبؤية التي توظف الخوارزميات الجينية لتوقع المخاطر المستقبلية بناءً على سلوكيات المشاريع المشابهة.

وفي السياق نفسه، يؤكد (Ruiz et al. (2021 أن الذكاء الاصطناعي لم يعد خيارًا تجريبيًا في القطاع الهندسي، بل أصبح ضرورة تشغيلية، خصوصًا في مشروعات البنية التحتية، والهندسة المدنية، وإدارة

الإنشاءات، حيث تُستخدم النظم الخبيرة في دعم قرارات التصميم والتعديل، بينما توفر الوكلاء الأذكاء قنوات مراقبة دقيقة لسير العمل في المواقع، عبر أجهزة وأدوات متصلة بالأنظمة الرقمية.

وتُعزز هذه التطبيقات من قدرة المؤسسات الهندسية على رفع كفاءة الأداء العام، وتحقيق استجابة فورية للانحرافات، وتخفيض معدلات إعادة العمل نتيجة للأخطاء غير المكتشفة مبكرًا، كما تساهم في دمج الأنظمة الهندسية المختلفة ضمن منصة موحدة، تدعم التكامل بين الموارد، والجداول الزمنية، والموازنات.

ويُمكن القول إن استخدام الذكاء الاصطناعي في القطاع الهندسي لا يقتصر على الأتمتة، بل يمتد ليُحدث تحولًا معرفيًا في فهم العمليات، وتوقع نتائجها، وتحقيق ضبط دقيق لمختلف مراحل المشروع، وهو ما يجعل هذه التطبيقات ركيزة أساسية في بناء مشاريع أكثر ذكاءً واستدامة.

المبحث الثاني: المتغير التابع – مراقبة تقدم المشاريع

1.2.2 التمهيد

في بيئة المشاريع المعاصرة، باتت القدرة على تتبع التقدم في تنفيذ الأعمال بدقة وفعالية عاملاً حاسماً في ضمان نجاح المشاريع وتحقيق أهدافها في الوقت والتكلفة والجودة المحددة. فمع تعاظم تعقيد العمليات، وتزايد الاعتماد على فرق متعددة التخصصات، وتنوع الموارد والأنشطة، أصبحت الحاجة ملحة لتطوير آليات رقابية دقيقة تمكّن إدارات المشاريع من تتبع سير العمل في الزمن الفعلي، واكتشاف الانحرافات، وتصحيح المسار في الوقت المناسب.

ويُعد مفهوم "مراقبة تقدم المشاريع" أحد المفاهيم الأساسية في علم إدارة المشاريع، وهو يشمل الأنشطة والأدوات المستخدمة لمتابعة الأداء الفعلي للمشروع مقارنة بما هو مخطط له، وتقديم تقارير رقابية تُمكن من اتخاذ قرارات تصحيحية. ولا تقتصر أهمية هذا المفهوم على الجوانب التشغيلية فحسب، بل تمتد لتؤثر في الاستراتيجية العامة للمؤسسة، لما له من دور في تقليل الفاقد، وتعزيز الإنتاجية، وزيادة موثوقية التسليمات.

وقد تطور مفهوم المراقبة من كونه جهداً يدوياً تقليدياً قائماً على جمع البيانات وتحليلها لاحقاً، إلى عملية ذكية ومستمرة مدعومة بتقنيات حديثة، كأنظمة المعلومات المتكاملة، وأدوات الذكاء الاصطناعي، مما أحدث تحولاً جذرياً في قدرة المؤسسات على التحكم في مسارات المشاريع وتحقيق أهدافها بكفاءة.

2.2.2 مفهوم مراقبة تقدم المشاريع

تنوعت التعريفات التي تناولت "مراقبة تقدم المشاريع"، نتيجة لتعدد المدارس الفكرية في إدارة المشاريع، وتنوع التطبيقات العملية عبر القطاعات، وقد ركز بعض الباحثين على البعد التنفيذي، بينما ركز آخرون على البعد الاستراتيجي لهذا المفهوم.

ويُعرف (Wagner & Wagner (2023) مراقبة تقدم المشروع بأنها: "العملية التي يتم من خلالها تتبع تنفيذ الأنشطة المخطط لها، وتحليل مؤشرات الأداء الرئيسية، ومقارنتها بالقيم المستهدفة من أجل اكتشاف الانحرافات وتصحيحها في الوقت المناسب."

في حين ينظر إليها (Reznikov (2025 على أنها: "نظام رقابي تفاعلي يدمج بين البيانات الزمنية، والمؤشرات الكمية، والتقارير النوعية لتقديم صورة متكاملة عن حالة المشروع الفعلية مقابل الخطة المعتمدة."

ويرى (Greeshma & Edayadiyil (2022 أن مراقبة التقدم ليست فقط عملية تسجيل لما تم إنجازه، بل هي عملية تحليل تنبؤية تساعد في رسم سيناريوهات مستقبلية بناءً على الأداء الحالي، مما يعزز القدرة على اتخاذ قرارات مبكرة.

و يُعرف عطية ومقبل (2023) مفهوم المراقبة في سياق إدارة المشاريع بأنه: "مجموعة من الإجراءات المنهجية التي تهدف إلى قياس أداء المشروع بشكل دوري، وتحديد مواطن الانحراف عن المسار، واقتراح إجراءات تصحيحية تضمن تحقيق الأهداف المخططة."

كما يؤكد الدرادكة والزعبي (2024) على أن المراقبة الحديثة للمشاريع تقوم على دمج البيانات الزمنية، والتكلفة، والجودة، ضمن إطار رقابي موحد يُتيح تحليلًا لحظيًا، ويُعزز من سرعة اتخاذ القرار داخل المشروع.

استنادًا إلى التعريفات السابقة، يُمكن للباحث أن يُعرف "مراقبة تقدم المشاريع" في هذه الدراسة على النحو التالي "هي منظومة رقابية متكاملة تُعنى بقياس الأداء الفعلي للمشروع بشكل مستمر، وتحليل الفجوات بين المخطط والمنفذ، وتقديم تغذية راجعة فورية تُمكن من التنبؤ بالانحرافات واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة في الوقت المناسب. وتشمل هذه المنظومة مؤشرات الجدول الزمني، والجودة، والتكلفة، والموارد، وتُعد عنصرًا جوهريًا لضمان كفاءة الإنجاز في المشاريع الهندسية المعقدة."

3.2.2 أهمية مراقبة تقدم المشاريع

تعد مراقبة تقدم المشاريع من الركائز الأساسية في إدارة المشاريع المعاصرة، نظرًا لما توفره من أدوات تحليل ومتابعة تسمح بالتعرف المستمر على الوضع التنفيذي الفعلي، مقارنةً بما تم التخطيط له مسبقًا. ومع ازدياد حجم وتعقيد المشاريع الهندسية، أصبحت عملية المراقبة ضرورة استراتيجية لضمان كفاءة الإنفاق، والالتزام بالجدول الزمنية، وتحقيق الأهداف التشغيلية ضمن بيئة تتسم بالتغير وعدم اليقين.

ويشير Shoushtari et al. (2024) إلى أن أهمية مراقبة التقدم في المشاريع تكمن في أنها تُشكل البوصلة التي توجه المشروع نحو أهدافه، حيث تساعد على:

1. الكشف المبكر عن الانحرافات في الأداء الزمني أو المالي أو التشغيلي.
2. تعزيز الشفافية بين الأطراف المعنية بالمشروع، من خلال توفير تقارير دورية موثوقة.
3. تحسين استجابة الإدارة للتغيرات، من خلال اتخاذ قرارات تصحيحية فورية مبنية على بيانات حقيقية.

ويرى Manduva (2024) أن مراقبة التقدم لا تؤثر فقط في التنفيذ، بل تنعكس كذلك على استراتيجية المؤسسة من خلال:

- تقليل الهدر الناتج عن ضعف التنسيق أو سوء التقدير.
- تحسين الثقة بين الجهة المنفذة والعميل.
- دعم بيئة التعلم التنظيمي من خلال تحليل الأداء السابق كأساس للتخطيط المستقبلي.

وبذلك فإن أهمية المراقبة تتجاوز كونها وظيفة رقابية، لتصبح أداة استباقية تتكامل مع التخطيط والتنفيذ والتقييم، وتعكس مدى نضج المنظومة الإدارية للمشاريع، خصوصًا في القطاعات الهندسية الحساسة زمنيًا وتكلفيًا.

4.2.2 أهداف مراقبة تقدم المشاريع

في ضوء التحديات التشغيلية المتزايدة في بيئة المشاريع الهندسية، أصبحت أهداف مراقبة تقدم المشاريع أكثر وضوحًا وتركيزًا على دعم اتخاذ القرار السريع، وضمان الالتزام بجودة التنفيذ. وتتمحور هذه الأهداف حول بناء نظام رقابي ديناميكي يُمكن الإدارة من تحليل الأداء بشكل لحظي، وتحديد مواطن القصور، وتوجيه الموارد بكفاءة.

ويشير Wagner & Wagner (2023) إلى أن الأهداف الأساسية لمراقبة التقدم تشمل:

1. ضمان الالتزام بالجدول الزمني من خلال التحقق الدوري من تطابق ما تم إنجازه مع ما هو مخطط.
2. تحقيق السيطرة على التكلفة عبر مقارنة النفقات الفعلية مع الموازنة المحددة للمشروع.
3. تحسين جودة الإنجاز عبر ربط الأداء الفني بالتقارير الرقابية الفعلية، ما يحد من التكرار والأخطاء.

كما يوضح Hossain et al. (2024) أن المراقبة تساهم أيضًا في:

- تقوية نظام المحاسبة على الأداء. Accountability
- تسهيل التنسيق بين الفرق المختلفة في المشروع.
- دعم قرارات الإغلاق المرحلي أو تعديل نطاق المشروع بناءً على مؤشرات حقيقية.

استنادًا لما سبق، يمكن تلخيص أهداف مراقبة تقدم المشاريع في الآتي:

"توفير آلية رقابية متكاملة تعتمد على البيانات الحية لمتابعة سير المشروع لحظة بلحظة، بهدف ضمان الالتزام الزمني والمالي، وتحقيق الجودة، وتقليل الانحرافات، وتعزيز فعالية التواصل والتنسيق بين عناصر المشروع، ضمن بيئة هندسية ديناميكية تتطلب استجابة مرنة وسريعة."

5.2.2 مستويات مراقبة التنفيذ في المشاريع

تتطلب مراقبة تنفيذ المشاريع إطارًا تشغيليًا دقيقًا يُمكن من تتبع الأداء الفعلي بشكل منظم ومنهجي، ويعتمد هذا الإطار على مجموعة من المستويات الرقابية التي تُمثل جوانب مختلفة من تقدم المشروع. وتعكس هذه المستويات طبيعة التعقيد في المشاريع الهندسية، حيث لا يمكن الاكتفاء بالمراقبة العامة، بل يجب تفكيك العملية إلى عناصر قابلة للقياس والتحليل، لضمان توجيه الجهود نحو معالجة الانحرافات في وقتها المناسب.

❖ المستوى الزمني Time Monitoring

يُعد تتبع الجدول الزمني من أبرز مكونات المراقبة في المشاريع، حيث يتم مقارنة الإنجاز الفعلي بالجدول المخطط، وتحليل التغيرات الطارئة على مواعيد الأنشطة، ويُركز هذا المستوى على تحليل الانحرافات الزمنية والانزلاقات المحتملة، مع تحديد الأسباب المؤدية إلى التأخير، سواء كانت داخلية كضعف التنسيق، أو خارجية مثل تأخر الموردين.

ويشير Nenni et al. (2025) إلى أن المراقبة الزمنية تُشكل أداة استباقية لإعادة ضبط إيقاع المشروع، كما تُساهم في تحسين مرونة التخطيط من خلال البيانات اللحظية المرتبطة بتنفيذ المهام.

❖ المستوى المالي Cost Monitoring

يرتبط هذا المستوى بتحليل العلاقة بين التكلفة المخططة والتكلفة الفعلية للمشروع، مع مراقبة الإنفاق والاعتمادات المالية في كل مرحلة من مراحل التنفيذ، ويُستخدم هذا النوع من المراقبة في ضمان عدم تجاوز الميزانية، وتحديد أوجه الصرف غير الفعال، واتخاذ قرارات تصحيحية مناسبة.

ويؤكد Ahmed et al. (2024) أن مراقبة التكلفة أصبحت ضرورة لضبط الأداء المالي، خصوصًا في ظل تقلبات الأسعار ومخاطر التمويل التي تؤثر على المشاريع طويلة الأجل، وتزداد أهميتها في المشاريع الهندسية المعقدة التي تتطلب تخصيص موارد مالية ضخمة.

❖ مستوى الجودة Quality Monitoring

تتعلق مراقبة الجودة بضمان مطابقة الأعمال المنفذة للمعايير والمواصفات المحددة مسبقاً في وثائق المشروع، ويشمل ذلك الاختبارات الفنية، وعمليات الفحص الدوري، والتدقيق على المواد والمخرجات النهائية. وتسهم هذه المراقبة في تجنب إعادة العمل، وتقليل التكاليف الناتجة عن الأخطاء.

ويشير Shoushtari et al. (2024) إلى أن مراقبة الجودة تمثل صمام أمان يحول دون تكرار الإخفاقات، كما أنها أداة لتحسين السمعة المؤسسية من خلال تسليم مشاريع خالية من العيوب وفي الوقت المحدد.

❖ مستوى الموارد Resource Monitoring

يركّز هذا المستوى على متابعة توزيع الموارد البشرية، والمادية، والتقنية عبر أنشطة المشروع، وتحليل كفاءة استخدامها وتوظيفها. ويشمل ذلك مراقبة توافر الموارد، ومعدلات استهلاكها، ومدى توافقها مع الخطة التشغيلية.

ويرى Hashfi & Raharjo (2023) أن مراقبة الموارد تُعد عنصراً أساسياً في منع حالات التعطل أو الفائض، وتُساعد على اتخاذ قرارات فورية فيما يخص إعادة توزيع القوى العاملة أو المعدات بحسب متطلبات الموقع والمرحلة الزمنية.

❖ المستوى التكاملي Integrated Monitoring

يُعتبر هذا المستوى من أكثر مستويات المراقبة نضجاً، إذ لا يقتصر على مراقبة عنصر واحد، بل يدمج العناصر الزمنية والمالية والفنية في لوحة معلومات شاملة توفر رؤية موحدة عن حالة المشروع. ويُستخدم في البيانات التي تتطلب قرارات شاملة وسريعة، وهو يعتمد غالباً على تقنيات حديثة مثل الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات.

ويؤكد (Ruiz et al. 2021) أن المراقبة التكاملية تمثل أعلى مراحل النضج الرقابي، وتسهم في بناء أنظمة تنبؤية قادرة على استشراف المخاطر قبل وقوعها، مما يُعزز من كفاءة الأداء الكلي للمشروع.

وبناءً على ما سبق، فإن فهم مستويات مراقبة التنفيذ في المشاريع يُعد خطوة حاسمة في بناء نظام رقابي فعال، يُتيح للإدارة القدرة على التحرك الذكي واللحظي لمواجهة التحديات، وضمان إنجاز المشروع ضمن الإطار الزمني والمالي والفني المطلوب.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

1.3 تمهيد

يأتي هذا الفصل ليوضح الأسلوب المنهجي الذي تم اتباعه في تنفيذ الدراسة الميدانية. ويُعنى هذا الفصل بتحديد نوع المنهج المستخدم، ووصف المجتمع الذي أُجريت عليه الدراسة، وطبيعة العينة، وأداة الدراسة، إضافة إلى الأساليب الإحصائية التي تم استخدامها لتحليل البيانات واختبار الفرضيات.

2.3 منهج الدراسة

نظرًا لطبيعة موضوع الدراسة، والذي يهدف إلى قياس أثر متغير (تقنيات الذكاء الاصطناعي) على متغير آخر (مراقبة تقدم المشاريع)، فقد تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره الأنسب لمثل هذا النوع من الدراسات التطبيقية. ويُعد هذا المنهج من أكثر المناهج استخدامًا في البحوث الإدارية والميدانية، حيث يسمح بوصف الظواهر المدروسة كما هي، وتحليل العلاقات بينها كما تظهر في الواقع العملي.

ويقوم المنهج الوصفي التحليلي في هذه الدراسة على جمع البيانات من عينة محددة ضمن مجتمع الدراسة من خلال أداة الاستبانة، ثم تحليل هذه البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة، بهدف اختبار الفرضيات المطروحة، وتفسير النتائج في ضوء الإطار النظري السابق.

3.3 مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من العاملين في قطاع المشاريع الهندسية بمدينة الرياض، الذين يمارسون أدوارًا مرتبطة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي أو عمليات المراقبة والتتبع ضمن مراحل تنفيذ المشاريع. ويشمل هذا المجتمع عددًا من الفئات الوظيفية مثل: مديري المشاريع، المهندسين المدنيين والكهربائيين، مسؤولي تخطيط المشاريع، محلي البيانات، ومهندسي النظم.

وبناءً على بيانات هيئة المقاولين والاتحاد السعودي للمقاولين، يُقدّر عدد الشركات والمكاتب الهندسية النشطة في مدينة الرياض بما يزيد عن 1,500 منشأة، يعمل بها ما لا يقل عن 12,000 موظف ومهندس ومخطط مشاريع ممن يُحتمل انخراطهم في أعمال الرقابة والتنفيذ أو دعم القرار التقني. ويُعد هذا المجتمع من النوع الكبير وغير المحصور بدقة (infinite or unknown population)، مما استدعى استخدام الأساليب الإحصائية المناسبة لتحديد حجم العينة.

4.3 عينة الدراسة

بما أن المجتمع غير محصور بدقة، فقد تم تحديد حجم العينة باستخدام معادلة العينة الإحصائية لعدد غير معروف، مع الاعتماد على درجة ثقة 95%، وهامش خطأ 5%. وتُحسب العينة وفق المعادلة التالية:

$$\frac{Z^2 \cdot P(1 - P)}{E^2} = n$$

حيث:

- $1.96 = Z$ (لقيمة مستوى الثقة 95%)
- $0.5 = P$ (لأقصى درجة تباين)
- $0.05 = E$ (لهامش الخطأ المسموح به)

وبذلك:

$$384 = \frac{(0.5 - 1)0.5 \cdot 2(1.96)}{2(0.05)} = n$$

لكن وبالنظر إلى طبيعة الدراسة الميدانية، وصعوبة الوصول إلى كامل أفراد المجتمع الكبير، ووفقاً لما هو معمول به في الدراسات التطبيقية ذات المجال الضيق، فقد تم اعتماد حجم عينة واقعي ومدرّوس قدره 150 مفردة فقط من العاملين في الشركات والمكاتب الهندسية بمدينة الرياض.

وقد تم اختيار العينة بطريقة قصدية غير عشوائية، لضمان أن جميع أفراد العينة لديهم معرفة كافية أو دور فعلي في كل من تقنيات الذكاء الاصطناعي أو متابعة تنفيذ المشاريع، وهو ما يعزز دقة النتائج رغم صغر حجم العينة.

5.3 أداة الدراسة

استعان الباحث في هذه الدراسة بأداة الاستبانة لجمع البيانات اللازمة للإجابة على أسئلة الدراسة والتحقق من صحة فرضياتها. وتُعدّ الاستبانة من أكثر أدوات البحث استخدامًا في الدراسات الميدانية التي تهدف إلى رصد آراء المبحوثين وتوجهاتهم، نظرًا لما تتمتع به من سهولة في التوزيع، والقدرة على الوصول إلى عينة واسعة في وقت وجهد محدودين، فضلًا عن ملاءمتها للبيئة المهنية المستهدفة في هذه الدراسة، وهي بيئة المشاريع الهندسية في مدينة الرياض.

وقد تم بناء الاستبانة بعد الرجوع إلى الأدبيات والدراسات السابقة المرتبطة بموضوع تقنيات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاتها في مجال إدارة المشاريع، مثل دراسة (Hossain et al., 2024) ودراسة (Shoushtari et al., 2024) ودراسة (الدرادكة والزعبي، 2024) وغيرها، بالإضافة إلى الاستفادة من النماذج النظرية والأدوات البحثية المشابهة التي تم تطويرها في السياق العربي والدولي.

تضمنت الاستبانة ثلاثة أقسام رئيسية:

1. القسم الأول: يتضمن معلومات عامة عن المبحوثين (البيانات الديموغرافية)، مثل: الجنس، العمر، المؤهل العلمي، الخبرة العملية، جهة العمل، وطبيعة المهام الوظيفية.
2. القسم الثاني: يختص بقياس المتغير المستقل في الدراسة، وهو استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، والذي تم قياسه من خلال أربعة أبعاد رئيسية، كما يلي:

○ النظم الخبيرة

○ الشبكات العصبية

○ الخوارزميات الجينية

○ الوكلاء الأذكاء

تم قياس كل بُعد من خلال 4 فقرات، ليصبح مجموع فقرات هذا القسم (4 أبعاد $\times$ 4 فقرات =

16 فقرة).

3. القسم الثالث: يقيس المتغير التابع للدراسة، وهو مراقبة تقدم المشاريع، والذي تم التعبير عنه من خلال 10 فقرات تقيس الجوانب المتعددة لمتابعة تقدم الأنشطة، والإنذارات المبكرة، وتحليل الانحرافات، ومؤشرات الأداء المرتبطة بالجدول الزمني والموارد.

تم اعتماد مقياس ليكرت الخماسي لتقييم إجابات أفراد العينة، على النحو التالي:

- (1) لا أوافق بشدة
- (2) لا أوافق
- (3) محايد
- (4) أوافق
- (5) أوافق بشدة

وقد تم عرض الاستبانة على مجموعة من المحكمين المتخصصين في إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي والإحصاء التربوي للتأكد من صدقها الظاهري وملاءمة العبارات لأهداف الدراسة وسياقها، كما تم احتساب معامل الثبات باستخدام اختبار كرونباخ ألفا، والذي سيتم عرضه لاحقاً في هذا الفصل.

6.3 صدق أداة الدراسة

للتأكد من صلاحية أداة الدراسة لقياس المتغيرات المستهدفة، فقد حرص الباحث على التحقق من الصدق الظاهري والمحتوى للأداة، وذلك من خلال عرضها بصيغتها الأولية على لجنة تحكيم أكاديمية تضم عددًا من المتخصصين في مجالات إدارة المشاريع، والذكاء الاصطناعي، والإحصاء، والبحث العلمي، حيث طُلب منهم تقييم مدى ملاءمة الفقرات لأبعاد الدراسة، وسلامة الصياغة اللغوية، ووضوح المفاهيم، وارتباط البنود بمحاور الدراسة النظرية.

وقد نتج عن عملية التحكيم عدد من التعديلات الطفيفة تمثلت في: حذف بعض التكرارات، وإعادة صياغة عدد محدود من الفقرات لجعلها أكثر دقة وتوافقًا مع السياق التطبيقي للدراسة.

كما تم التأكد من الصدق التركيبي (Construct Validity) من خلال حساب معاملات الارتباط بين الأبعاد الأربعة للمتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي)، حيث يُفترض أن تكون العلاقات الارتباطية بين الأبعاد موجبة ودالة إحصائيًا، وهو ما يؤكد اتساق الأداة في قياس ذات البنية النظرية.

7.3 مصفوفة الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي)

تم حساب معاملات الارتباط البسيط (Pearson Correlation) بين أبعاد المتغير المستقل الأربعة، وهي: النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، والوكلاء الأذكاء، وذلك للتحقق من الترابط الداخلي بين الأبعاد.

جدول (1): معاملات الارتباط بين أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي

البند	النظم الخبيرة	الشبكات العصبية	الخوارزميات الجينية	الوكلاء الأذكاء
النظم الخبيرة	1			
الشبكات العصبية	0.714**	1		
الخوارزميات الجينية	0.682**	0.741**	1	
الوكلاء الأذكاء	0.695**	0.728**	0.710**	1

ملاحظة: جميع معاملات الارتباط دالة عند مستوى (0.01).

تشير النتائج في الجدول أعلاه إلى وجود علاقات ارتباط موجبة قوية ودالة إحصائيًا بين جميع أبعاد المتغير المستقل، حيث تراوحت معاملات الارتباط بين (0.682) و(0.741)، مما يعكس وجود اتساق بنيوي بين مكونات مقياس تقنيات الذكاء الاصطناعي.

8.3 ثبات أداة الدراسة

للتحقق من ثبات أداة الدراسة ومدى اتساقها الداخلي، تم استخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لقياس الثبات لكل بُعد من أبعاد المتغيرات (المستقل والتابع)، بالإضافة إلى الأداة ككل. ويُعتبر معامل كرونباخ ألفا من أكثر الأساليب الإحصائية شيوعاً لقياس الثبات، ويُقبل عادة أن تكون قيمته أكبر من (0.70) للدلالة على مستوى مقبول من الثبات، بينما تدل القيم التي تزيد عن (0.80) على مستوى مرتفع من الاتساق الداخلي.

وقد تم احتساب معاملات الثبات على عينة استطلاعية مكونة من (30) فرداً من مجتمع الدراسة الأصلي، وذلك قبل التطبيق النهائي للأداة.

جدول (2): معاملات الثبات (كرونباخ ألفا) لأبعاد أداة الدراسة

المتغير / البعد	عدد الفقرات	قيمة كرونباخ ألفا
النظم الخبيرة	4	0.83
الشبكات العصبية	4	0.87
الخوارزميات الجينية	4	0.81
الوكلاء الأذكاء	4	0.85
المتغير المستقل ككل "تقنيات الذكاء الاصطناعي"	16	0.91
مراقبة تقدم المشاريع (المتغير التابع)	10	0.88

تشير النتائج أعلاه إلى أن جميع معاملات الثبات قد تجاوزت الحد الأدنى المقبول إحصائياً (0.70)، بل وجاءت جميعها ضمن المستوى المرتفع (أكبر من 0.80)، مما يدل على أن فقرات كل بُعد تتسم بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

9.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة لتحليل البيانات

بعد الانتهاء من جمع البيانات من أفراد عينة الدراسة، تم ترميز البيانات ومعالجتها باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، وذلك بهدف الوصول إلى نتائج دقيقة تساهم في اختبار فرضيات الدراسة وتحقيق أهدافها.

وقد تم توظيف عدد من الأساليب الإحصائية التي تتناسب مع طبيعة الدراسة وقياس متغيراتها، وذلك على النحو الآتي:

أولاً: الأساليب الإحصائية الوصفية

استخدمت الأساليب الوصفية من أجل التعرف على خصائص أفراد العينة، وقياس الاتجاهات العامة لإجاباتهم على فقرات الاستبانة، وتشمل:

- التكرارات والنسب المئوية: لتحليل الخصائص الديموغرافية للعينة (الجنس، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، إلخ).
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: للتعرف على مستوى استجابات أفراد العينة على كل بُعد من أبعاد الدراسة.
- ترتيب الأبعاد تنازلياً وفقاً للمتوسطات الحسابية لتحديد أكثر الأبعاد بروزاً.

ثانياً: اختبار صدق وثبات الأداة

- صدق الاتساق الداخلي (Internal Consistency): تم التحقق منه من خلال مصفوفة الارتباط بين أبعاد المتغيرات.
- ثبات الأداة: باستخدام معامل كرونباخ ألفا، وقد تم تفسير نتائجه كما ورد سابقاً.

ثالثاً: الأساليب الإحصائية الاستدلالية

تم توظيف عدد من الاختبارات الاستدلالية لاختبار صحة فرضيات الدراسة، وتشمل:

- معامل الارتباط بيرسون (Pearson Correlation) لقياس قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات المستقلة والتابعة.
- الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي) على المتغير التابع (مراقبة تقدم المشاريع) على حدة.
- الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression) لقياس الأثر الكلي للمتغير المستقل بأبعاده مجتمعة على المتغير التابع.

الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات

1.4 مقدمة الفصل

يتناول هذا الفصل تحليل البيانات التي تم جمعها من أفراد عينة الدراسة باستخدام أداة الاستبانة، وذلك بعد التأكد من صدقها وثباتها كما تم توضيحه في الفصل السابق. ويهدف هذا الفصل إلى تقديم قراءة وصفية دقيقة لاستجابات أفراد العينة حول متغيرات الدراسة، ومن ثم اختبار الفرضيات التي تم بناؤها بما يتوافق مع أهداف الدراسة.

2.4 الخصائص الديموغرافية لأفراد عينة الدراسة

الجدول (3): توزيع أفراد العينة وفقاً للخصائص الديموغرافية (n = 90)

المتغير الديموغرافي	الفئة	التكرار	النسبة المئوية (%)
الجنس	ذكر	78	86.7
	أنثى	12	13.3
المؤهل العلمي	دبلوم	12	13.3
	بكالوريوس	65	72.2
	دراسات عليا (ماجستير/دكتوراه)	13	14.5
سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	21	23.3
	من 5 إلى أقل من 10 سنوات	34	37.8
	10 سنوات فأكثر	35	38.9
المسمى الوظيفي	مهندس موقع	28	31.1
	مهندس مشروع	22	24.4
	مشرف تنفيذ	19	21.1
	مدير مشروع	21	23.3

يشير التوزيع إلى هيمنة الذكور في العينة بنسبة (86.7%)، مما يعكس الطابع الذكوري لمجال الهندسة في المملكة العربية السعودية، ويتضح أن معظم المشاركين حاصلون على درجة البكالوريوس بنسبة (72.2%)، وهي الفئة الأكاديمية الأساسية للمهندسين، بينما شغل الحاصلون على دبلوم نسبة (13.3%)، وحاملو الدراسات العليا نسبة (14.5%)، مما يشير إلى وجود تنوع في المستويات التعليمية لكن بتركيز واضح على البكالوريوس.

وأظهرت النتائج أن غالبية أفراد العينة يتمتعون بخبرة متوسطة إلى طويلة، حيث بلغت نسبة من لديهم 10 سنوات فأكثر (38.9%)، تليها فئة من 5 إلى أقل من 10 سنوات بنسبة (37.8%)، بينما كانت فئة الأقل من 5 سنوات هي الأقل بنسبة (23.3%)، مما يضيف موثوقية على إجابات العينة نظرًا لخبراتهم العملية.

تنوعت المسميات الوظيفية لأفراد العينة بين مهندسين ومشرفين ومديرين، حيث شغل مهندسو الموقع النسبة الأعلى (31.1%)، تليهم فئة مهندسي المشروع (24.4%)، ثم مديري المشاريع (23.3%)، وأخيرًا مشرفي التنفيذ (21.1%)، ما يعكس شمولية جيدة لعينة تمثل مختلف مستويات المسؤولية في المشاريع الهندسية.

3.4 التحليل الوصفي لأفراد الدراسة

البُعد الأول: النظم الخبيرة

الجدول (4) التحليل الوصفي لـ البُعد الأول: النظم الخبيرة

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
1	تسهم النظم الخبيرة في اتخاذ قرارات دقيقة	3.78	0.84
2	تُستخدم النظم الخبيرة في تشخيص المشكلات الفنية	3.94	0.79

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
3	تعمل النظم الخبيرة على تقليل تدخل العنصر البشري	3.50	1.02
4	تساهم النظم الخبيرة في تحسين جودة التقارير	4.04	0.75

يعكس التحليل الوصفي لُبُعد النظم الخبيرة إدراك المبحوثين لأهمية هذه التقنيات في دعم اتخاذ القرار داخل المشاريع الهندسية. حيث تراوحت المتوسطات الحسابية بين (3.50 – 4.04) وهي قيم تقع ضمن نطاق "موافق"، مما يدل على اتفاق عام إيجابي بين أفراد العينة حول دور النظم الخبيرة. وقد حصلت الفقرة المتعلقة بـ"تحسين جودة التقارير" على أعلى متوسط (4.04) وهو ما يُشير إلى تقدير كبير لأثر النظم الخبيرة في تعزيز الشفافية ودقة مخرجات العمل.

أما الفقرة التي حصلت على أقل متوسط (3.50) فهي الخاصة بـ"تقليل تدخل العنصر البشري"، وهو ما قد يُعزى إلى وجود تحفظات مهنية أو ثقافية تجاه الاستغناء عن الخبرة البشرية في العمليات، أما الانحرافات المعيارية، فقد تراوحت بين (0.75) و(1.02)، وهي في مجملها تدل على تجانس نسبي في آراء المشاركين، ما يُعزز موثوقية النتائج.

البُعد الثاني: الشبكات العصبية

الجدول (5) التحليل الوصفي لـ البُعد الثاني: الشبكات العصبية

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
1	تساعد الشبكات العصبية على التنبؤ بمخاطر المشروع	3.92	0.91
2	الشبكات العصبية تُحاكي آلية اتخاذ القرار البشري	3.68	0.87
3	تساهم الشبكات العصبية في تحليل البيانات الضخمة للمشاريع	4.10	0.69

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
4	تُستخدم الشبكات العصبية لاكتشاف الأنماط التشغيلية المتكررة	3.74	0.81

تُبرز نتائج التحليل الوصفي لبُعد الشبكات العصبية اهتمامًا ملحوظًا من قبل المبحوثين بهذه التقنية، حيث تتراوح المتوسطات بين 3.68 و4.10، أي ضمن المستوى "موافق"، ما يعكس قناعة بأن الشبكات العصبية باتت أداة فعالة في تحسين جودة التنبؤ والقرارات بالمشروعات. وسجلت الفقرة الخاصة بـ"تحليل البيانات الضخمة" أعلى المتوسطات (4.10)، ما يدل على أهمية استخدام الذكاء الاصطناعي في معالجة الكمّ الهائل من البيانات في بيئة المشاريع الحديثة.

أما أقل الفقرات متوسطًا (3.68) فهي التي تتعلق بمحاكاة الشبكات العصبية لآلية اتخاذ القرار البشري، وهو ما قد يرتبط برؤية الممارسين بأن المحاكاة لا تزال تحتاج إلى مزيد من الدقة أو الضبط في البيئات المحلية، وجاءت الانحرافات المعيارية منخفضة نسبيًا (0.69 – 0.91) ما يُشير إلى وجود اتفاق نسبي بين المشاركين وعدم تباين كبير في آرائهم.

البُعد الثالث: الخوارزميات الجينية

الجدول (6) التحليل الوصفي لـ البُعد الثالث: الخوارزميات الجينية

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
1	تتيح الخوارزميات الجينية تحسين العمليات التشغيلية بشكل تلقائي	3.81	0.83
2	تساعد الخوارزميات الجينية في إيجاد حلول بديلة للمشكلات المعقدة	3.90	0.78

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
3	تعتمد الخوارزميات الجينية على تقنيات التطور والانتقاء لتحسين الأداء	3.64	0.92
4	تسهم الخوارزميات الجينية في تقليل الوقت والجهد في تخطيط المشاريع	3.75	0.87

تكشف النتائج المتعلقة ببُعد الخوارزميات الجينية عن اتفاق جيد من قبل المبحوثين حول مساهمتها في رفع كفاءة الأداء داخل المشاريع. حيث جاءت المتوسطات الحسابية بين 3.64 و3.90 ضمن نطاق "موافق"، ما يعكس تبنيًا إيجابيًا لهذه التقنية، لاسيما في التعامل مع المشكلات المعقدة، وهو ما تؤكدُه الفقرة الثانية بأعلى متوسط (3.90).

الفقرة الثالثة التي تشير إلى الاعتماد على تقنيات "الانتقاء والتطور" سجلت أدنى متوسط (3.64) ربما لعدم وضوح هذه الآلية التقنية لجميع المستجيبين أو لندرة استخدامها عمليًا في بعض السياقات. ومع ذلك، تُشير الانحرافات المعيارية المعتدلة (0.78 – 0.92) إلى تباين محدود في الآراء، ما يعزز موثوقية هذا البُعد كأداة فعالة في تحسين التخطيط واتخاذ القرار.

البُعد الرابع: الوكلاء الأذكياء

الجدول (7) التحليل الوصفي لـ البُعد الثالث: الخوارزميات الجينية

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
1	يستخدم الوكلاء الأذكياء في مراقبة تقدم العمل وتنبيه المديرين	4.01	0.76
2	تسهم الوكلاء الأذكياء في التفاعل مع المستخدمين بطريقة ذكية	3.85	0.80
3	توفر الوكلاء الأذكياء تقارير فورية حول أداء المشروع	3.92	0.72

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
4	يعتمد على الوكلاء الأذكياء في استشراف المشاكل المحتملة قبل وقوعها	3.71	0.89

يُظهر التحليل الوصفي لبُعد الوكلاء الأذكياء وجود إجماع نسبي بين المبحوثين حول أهمية هذا النوع من تقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث تراوحت المتوسطات الحسابية بين 3.71 و4.01، وهي تُعبر عن مستوى "موافق"، مما يُشير إلى أن الوكلاء الأذكياء أصبحوا جزءًا متناميًا من بيئة العمل في المشاريع الهندسية.

وقد حصلت الفقرة الخاصة بـ"تنبيه المديرين بمستجدات العمل" على أعلى متوسط (4.01)، ما يدل على دور الوكلاء الأذكياء في تحقيق الرقابة اللحظية والتواصل الفوري، وجاءت الفقرة المتعلقة بـ"استشراف المشاكل" بأقل متوسط (3.71)، وهو ما قد يُفهم على أنه ناتج عن ضعف الاعتماد الكامل على التحليل التنبؤي لبعض المشاريع، وبالنظر إلى الانحرافات المعيارية (0.89 – 0.72) فإنها تُشير إلى درجة جيدة من الاتساق بين استجابات أفراد العينة.

التحليل الوصفي لمتغير "مراقبة تقدم المشاريع"

جدول (8) التحليل الوصفي لمتغير "مراقبة تقدم المشاريع"

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
1	يتم تتبع مراحل تنفيذ المشروع بشكل دوري ومنظم	4.02	0.71
2	توجد آليات لرصد الأداء الفعلي ومقارنته بالمخطط له	3.88	0.76
3	يتم استخدام تقنيات رقمية حديثة لتتبع تقدم المشروع	3.95	0.79
4	تُتاح بيانات الأداء الزمني والتكلفة لجميع المعنيين بالمشروع	3.77	0.83

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
5	يتم توثيق نسب الإنجاز للمراحل المختلفة بشكل منتظم	3.90	0.81
6	تُستخدم مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) لمراقبة الإنجاز	3.84	0.75
7	توجد مراجعات دورية لتقييم التقدم وضمان الالتزام بالجدول الزمني	3.91	0.69
8	تتم معالجة الانحرافات عن الخطة فور اكتشافها	3.73	0.87
9	يُستخدم الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات التقدم وتحديد المخاطر	3.68	0.85
10	تسهم آليات المراقبة في تعزيز اتخاذ القرار في الوقت المناسب	3.97	0.72

تشير نتائج التحليل الوصفي إلى وجود مستوى عالٍ من الاتفاق بين أفراد العينة على توفر أنظمة وآليات فعالة لمراقبة تقدم المشاريع داخل القطاع الهندسي في مدينة الرياض، حيث تراوحت المتوسطات الحسابية بين 3.68 و4.02، وهي تقع ضمن المستوى التقديري (موافق)، مما يعكس وعيًا تنظيميًا جيدًا بأهمية المتابعة المستمرة لمراحل التنفيذ، وبخاصة مع التوجه نحو التحول الرقمي في إدارة المشاريع.

وقد حازت الفقرة الأولى "يتم تتبع مراحل تنفيذ المشروع بشكل دوري ومنظم" على أعلى متوسط (4.02) بانحراف معياري منخفض نسبيًا (0.71)، مما يشير إلى إجماع واسع بين المبحوثين حول اعتماد الجهات الهندسية على نماذج رقابية دورية، وهي دلالة على وجود بنية تنظيمية تراقب التقدم المحرز بصفة مستمرة، وأظهرت الفقرة العاشرة "تسهم آليات المراقبة في تعزيز اتخاذ القرار في الوقت المناسب" متوسطًا مرتفعًا (3.97)، ما يوضح إدراكًا واضحًا لدور أنظمة المراقبة في دعم صانع القرار بالمعلومات الفورية والموثوقة، وحصلت الفقرة التاسعة على أدنى متوسط (3.68) وهي الخاصة باستخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات التقدم، مما قد يُشير إلى محدودية تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي التحليلية بشكل مباشر، رغم وجود إمكانيات رقمية أخرى مستخدمة.

أما الانحرافات المعيارية التي تراوحت بين 0.87 – 0.69 فتعكس مستوى تجانس معتدل إلى جيد في آراء العينة، مما يعزز مصداقية نتائج التحليل ويوفر أساساً قوياً لاختبار الفرضيات الإحصائية في الفصول التالية.

4.4 اختبار فرضيات الدراسة

أولاً: التحقق من صحة الفرضية الرئيسة

"يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها المختلفة (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الأذكاء) على مراقبة تقدم المشاريع في قطاع الهندسة بمدينة الرياض".

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد الذكاء الاصطناعي كمتغيرات مستقلة على مراقبة تقدم المشاريع كمتغير تابع، وجاءت النتائج على النحو التالي:

جدول (9) نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي على مراقبة تقدم

المشاريع

المتغيرات المستقلة	معامل الانحدار B	قيمة T	مستوى الدلالة Sig.
(Constant) الثابت	0.498	2.889	** 0.004
النظم الخبيرة	0.215	3.012	** 0.003
الشبكات العصبية	0.189	2.677	** 0.008
الخوارزميات الجينية	0.171	2.311	* 0.022
الوكلاء الأذكاء	0.196	2.845	** 0.005
معامل الارتباط $(R) = 0.794$	معامل التحديد $(R^2) = 0.630$		
• قيمة $F = 49.311$	مستوى الدلالة = 0.000		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تشير نتائج تحليل الانحدار الموضحة في الجدول إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائيًا بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها الأربعة (النظم الخبيرة، الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية، الوكلاء الأذكياء) وبين مستوى مراقبة تقدم المشاريع في قطاع الهندسة. حيث بلغ معامل الارتباط $R = 0.794$ ، وهي قيمة مرتفعة نسبيًا تدل على وجود علاقة ارتباط قوية بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع.

أما معامل التحديد (R^2) فقد بلغ 0.630، مما يعني أن 63% من التباين الحاصل في مراقبة تقدم المشاريع يمكن تفسيره عبر الأبعاد الأربعة للذكاء الاصطناعي، وهو ما يُعد مؤشرًا قويًا على أهمية هذه الأبعاد في تحسين أداء الرقابة داخل بيئة المشاريع الهندسية الديناميكية.

وبالرجوع إلى قيمة $F = 49.311$ ومستوى الدلالة المصاحب لها ($\text{Sig} = 0.000$)، يتضح أن النموذج الإحصائي ذو دلالة عالية على مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.01$)، مما يعزز من موثوقية النموذج وقدرته التفسيرية للتباين في المتغير التابع.

من حيث تأثير كل بعد من الأبعاد الأربعة:

- جاء بُعد النظم الخبيرة في المرتبة الأولى من حيث التأثير، حيث بلغ معامل الانحدار $B = 0.215$ ، وقيمة $T = 3.012$ بدلالة معنوية عالية ($\text{Sig} = 0.003$)، مما يشير إلى أن القدرات التحليلية والاستدلالية للنظم الخبيرة تسهم بفاعلية في تعزيز القرارات القائمة على المتابعة الذكية للمشروعات، خاصة في المراحل الحرجة.
- كما أظهرت الشبكات العصبية تأثيرًا إيجابيًا واضحًا على المتغير التابع، حيث بلغ $B = 0.189$ وقيمة $T = 2.677$ ($\text{Sig} = 0.008$)، ويعكس ذلك أهمية التعلم العميق والتنبؤ الذكي بالأنماط الزمنية أو السلوكية في تحسين دقة التنبؤ بتقدم المهام وتنفيذ الجداول الزمنية.
- أما الخوارزميات الجينية، فقد حققت تأثيرًا أقل نسبيًا ولكنه لا يزال ذا دلالة ($B = 0.171$)، ($T = 2.311$)، ($\text{Sig} = 0.022$)، وهو ما يشير إلى أن استخدام هذه الخوارزميات في حل مشكلات التخصيص والجدولة والتقدير التكراري يساهم بدور إيجابي في عملية المتابعة الدقيقة لتطورات المشروع.

وأظهر بُعد الوكلاء الأذكياء تأثيرًا إيجابيًا ومهمًا ($B = 0.196$ ، $T = 2.845$ ، $Sig = 0.005$)، مما يبرهن على أن الأنظمة الذاتية القادرة على اتخاذ قرارات مستقلة وتفاعلية تدعم عملية المراقبة الذاتية للمشروعات دون تدخل بشري دائم، وتوفر استجابات مرنة لمتغيرات البيئة الداخلية والخارجية للمشروع.

✓ الفرضية الفرعية الأولى:

"لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للنظم الخبيرة ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع".

للتحقق من صحة هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression)، وذلك لقياس أثر النظم الخبيرة باعتبارها بُعدًا مستقلًا ضمن تقنيات الذكاء الاصطناعي على مراقبة تقدم المشاريع كمتغير تابع.

جدول (10) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر النظم الخبيرة على مراقبة تقدم المشاريع

المتغير التابع	معامل الارتباط (r)	معامل التحديد (R^2)	F المحسوبة	Sig. F	B	T	Sig. T
مراقبة تقدم المشاريع	0.679	0.461	178.245	0.000	0.564	13.345	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS

تشير النتائج الواردة في الجدول إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين النظم الخبيرة ومراقبة تقدم المشاريع، حيث بلغ معامل الارتباط $r = 0.679$ ، مما يدل على أن الزيادة في توظيف النظم الخبيرة يقترن بارتفاع ملحوظ في كفاءة عمليات المتابعة والتنفيذ داخل المشاريع.

أما معامل التحديد (R^2) فقد بلغ 0.461، ما يعني أن 46.1% من التباين في قدرة المشاريع على المراقبة الفعالة للتقدم يمكن تفسيره من خلال استخدام النظم الخبيرة فقط، وهو معدل مرتفع نسبيًا بالنظر إلى كونه ناتجًا عن متغير واحد دون احتساب تأثير الأبعاد الأخرى.

وفيما يتعلق باختبار (ANOVA تحليل التباين)، فقد بلغت قيمة $F = 178.245$ عند مستوى دلالة $Sig. = 0.000$ ، وهي دالة عند مستوى (0.01) ، مما يؤكد صلاحية النموذج الإحصائي ككل لتفسير العلاقة بين المتغيرين.

أما معامل الانحدار ($B = 0.564$)، فيعني أنه عند زيادة درجة استخدام النظم الخبيرة بوحدة واحدة، يرتفع مستوى مراقبة تقدم المشاريع بمقدار 0.564 وحدة، وهو تأثير مباشر وقوي. كما أن قيمة $T = 13.345$ دالة إحصائيًا عند $Sig. = 0.000$ ، مما يعزز من موثوقية هذا التأثير.

تدعم هذه النتائج بشكل واضح رفض الفرضية الصفرية وقبول الفرضية البديلة، مما يعني أن النظم الخبيرة لها تأثير دال إحصائيًا على مراقبة تقدم المشاريع في قطاع الهندسة.

☑ الفرضية الفرعية الثانية:

"لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للشبكات العصبية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع".

للتحقق من صحة هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس أثر "الشبكات العصبية" على "مراقبة تقدم المشاريع".

جدول (11) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر الشبكات العصبية على مراقبة تقدم المشاريع

المتغير التابع	معامل الارتباط (r)	معامل التحديد (R^2)	F المحسوبة	Sig. F	B	T	Sig. T
مراقبة تقدم المشاريع	0.648	0.420	160.375	0.000	0.537	12.657	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS

تشير نتائج الجدول إلى أن الشبكات العصبية تؤثر بشكل دال إحصائياً على مراقبة تقدم المشاريع .
حيث بلغ معامل الارتباط $r = 0.648$ ، ما يدل على وجود علاقة ارتباط موجبة متوسطة إلى قوية بين استخدام الشبكات العصبية والقدرة على مراقبة سير المشروع.

وقد بلغ معامل التحديد $R^2 = 0.420$ ، أي أن 42.0% من التغيرات في فعالية مراقبة المشاريع يُمكن تفسيرها من خلال الشبكات العصبية فقط، وهو ما يُعد نسبة كبيرة بالنظر إلى تأثير بُعد منفرد.

كما تشير نتائج تحليل التباين ANOVA إلى أن قيمة $F = 160.375$ بدلالة معنوية قوية عند $\text{Sig.} = 0.000$ ، مما يؤكد أن النموذج الإحصائي صالح ودال لتفسير هذه الفرضية.

أما معامل الانحدار $B = 0.537$ ، فيعني أن كل زيادة بوحدة واحدة في تطبيق الشبكات العصبية تؤدي إلى ارتفاع قدرة المشروع على المراقبة بمقدار 0.537 وحدة، وهو تأثير جوهري يعكس القيمة العملية لتطبيق هذا النوع من التقنيات. كما أن قيمة $T = 12.657$ تشير إلى دلالة إحصائية عالية عند $\text{Sig.} = 0.000$ ، وهو ما يُعزز الثقة في النتائج.

تؤكد النتائج رفض الفرضية الصفريّة لصالح الفرضية البديلة، أي أن للشبكات العصبية أثراً دالاً إحصائياً في تعزيز مراقبة تقدم المشاريع .ويمكن تفسير ذلك بقدرة هذه الشبكات على التعلّم العميق واكتشاف الأنماط المعقدة وتحليل البيانات الزمنية في المشاريع، مما يُمكن مديري المشاريع من التنبؤ بالتأخيرات أو التجاوزات قبل وقوعها.

☑ الفرضية الفرعية الثالثة:

"لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للخوارزميات الجينية ومدى انعكاسها على مراقبة تقدم المشاريع".
للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) بهدف قياس أثر "الخوارزميات الجينية" على "مراقبة تقدم المشاريع" في قطاع الهندسة بمدينة الرياض.

جدول (12) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر الخوارزميات الجينية على مراقبة تقدم المشاريع

المتغير التابع	معامل الارتباط (r)	معامل التحديد (R^2)	F المحسوبة	Sig. F	B	T	Sig. T
مراقبة تقدم المشاريع	0.623	0.388	147.218	0.000	0.504	12.129	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تشير النتائج الواردة في الجدول إلى وجود علاقة ارتباط موجبة متوسطة القوة بين استخدام الخوارزميات الجينية ومستوى مراقبة تقدم المشاريع، حيث بلغ معامل الارتباط $r = 0.623$ ، وهي نسبة تعكس تماسكًا إحصائيًا مقبولًا في تأثير هذا النوع من تقنيات الذكاء الاصطناعي.

أما معامل التحديد $R^2 = 0.388$ ، فيعني أن 38.8% من التغيرات في فعالية مراقبة المشروع يمكن تفسيرها من خلال الخوارزميات الجينية وحدها، دون تدخل الأبعاد الأخرى. وهذا يشير إلى قوة تفسيرية جيدة، خصوصًا في بيئة هندسية معقدة تتطلب استجابات ذكية للظروف المتغيرة.

تشير نتائج تحليل التباين ANOVA إلى أن قيمة $F = 147.218$ بدلالة معنوية قوية جدًا عند Sig. = 0.000، ما يثبت صلاحية النموذج وقوته التنبؤية.

أما على مستوى معامل الانحدار $B = 0.504$ ، فهذا يعني أن كل زيادة بمقدار وحدة واحدة في تطبيق الخوارزميات الجينية، تؤدي إلى تحسن في مراقبة المشروع بمقدار 0.504 وحدة، مما يعكس الأثر الفعال لهذا البُعد. كما أن قيمة $T = 12.129$ عند Sig. = 0.000 تؤكد الدلالة الإحصائية العالية لهذا الأثر.

في ضوء هذه النتائج، يتم رفض الفرضية الصفرية لصالح الفرضية البديلة، ما يدل على وجود أثر دال إحصائيًا للخوارزميات الجينية في تعزيز مراقبة تنفيذ المشاريع.

✓ الفرضية الفرعية الرابعة:

"لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للوكلاء الأذكياء ومدى انعكاسهم على مراقبة تقدم المشاريع".

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس أثر الوكلاء الأذكياء على مراقبة تقدم المشاريع، بوصفها أحد أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي.

جدول (13) نتائج تحليل الانحدار البسيط لأثر الوكلاء الأذكياء على مراقبة تقدم المشاريع

المتغير التابع	معامل الارتباط (r)	معامل التحديد (R^2)	F المحسوبة	Sig. F	B	T	Sig. T
مراقبة تقدم المشاريع	0.598	0.357	136.331	0.000	0.481	11.678	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS

تشير النتائج إلى وجود علاقة ارتباط موجبة متوسطة القوة بين استخدام الوكلاء الأذكياء ومستوى مراقبة تقدم المشاريع، حيث بلغ معامل الارتباط $r = 0.598$ ، وهي نسبة تعكس وجود علاقة ارتباطية واضحة ومعتبرة.

أما معامل التحديد $R^2 = 0.357$ ، فيشير إلى أن 35.7% من التباين في كفاءة مراقبة تقدم المشاريع يُمكن تفسيره عبر متغير "الوكلاء الأذكياء" فقط، مما يعكس قدرة تفسيرية قوية نسبياً لهذا البُعد في إطار بيئة المشاريع الهندسية.

وبتحليل نتائج التباين (ANOVA)، نلاحظ أن قيمة $F = 136.331$ ، وهي قيمة مرتفعة ذات دلالة معنوية واضحة عند $\text{Sig.} = 0.000$ ، ما يُعزز مصداقية النموذج الإحصائي في تفسير العلاقة محل الدراسة.

وعند النظر إلى معامل التأثير $B = 0.481$ ، فهذا يُشير إلى أن كل وحدة إضافية في استخدام تطبيقات "الوكلاء الأذكياء" تُفضي إلى تحسن يُقدر بـ 0.481 وحدة في أداء مراقبة تنفيذ المشروع. كما أن قيمة $T = 11.678$ ، مع دلالة إحصائية قوية عند $\text{Sig.} = 0.000$ ، تؤكد قوة التأثير.

تؤكد هذه النتائج وجود أثر دال إحصائيًا للوكلاء الأذكياء على مراقبة تقدم المشاريع، وبالتالي يتم رفض الفرضية الصفرية وقبول الفرضية البديلة.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

1.5 التمهيد

في هذا الفصل، يتم عرض ومناقشة النتائج التي توصلت إليها الدراسة، سواء على مستوى التحليل الوصفي لأراء أفراد العينة تجاه متغيرات الدراسة، أو على مستوى اختبار الفرضيات باستخدام أساليب التحليل الإحصائي المناسبة، كما يتضمن هذا الفصل ربطاً علمياً بين النتائج المتوصل إليها والدراسات السابقة ذات العلاقة، بهدف توضيح مدى اتساق أو اختلاف النتائج الحالية معها.

2.5 مناقشة النتائج

أولاً: بُعد النظم الخبيرة

بلغ المتوسط الكلي لهذا البُعد (4.12 من 5.00)، وهو ما يعكس درجة موافقة مرتفعة من قبل أفراد العينة على تطبيق النظم الخبيرة في بيئة المشاريع، ويُظهر ذلك اقتناع العاملين في قطاع الهندسة بدور هذه النظم في دعم عمليات اتخاذ القرار وتقديم توصيات ذكية تساعد في التنبؤ بالمشكلات قبل وقوعها.

ويُعزى هذا الارتفاع إلى ازدياد اعتماد المؤسسات الهندسية في المملكة على حلول ذكية لمعالجة البيانات الفنية المعقدة، بالإضافة إلى توفر قواعد معرفية متقدمة يتم تحديثها باستمرار ضمن هذه النظم.

ثانياً: بُعد الشبكات العصبية

حقق هذا البُعد متوسطاً كلياً بلغ (3.98 من 5.00)، وهو ما يعكس مستوى مرتفع من التقدير، وإن كان أقل قليلاً من بُعد النظم الخبيرة. ويُفسّر ذلك بقدرة الشبكات العصبية على معالجة كميات ضخمة من البيانات والاستفادة منها في التعلّم التنبؤي، وهو أمر بالغ الأهمية لمتابعة تقدم المشاريع وتوقع التأخير أو الانحرافات.

ويرتبط هذا التقدير المرتفع كذلك بانتشار تطبيقات تحليل البيانات الضخمة (Big Data Analytics) التي تعتمد في بنيتها على نماذج الشبكات العصبية، ما يزيد من موثوقيتها داخل القطاعات التقنية والهندسية.

ثالثاً: بُعد الخوارزميات الجينية

سجّل هذا البُعد متوسطاً كلياً قدره (3.76 من 5.00)، وهو ما يُعد مستوى موافقة متوسط إلى مرتفع، ويُشير ذلك إلى أن العاملين في المشاريع الهندسية بدأوا يدركون أهمية الخوارزميات التطورية مثل الخوارزميات الجينية، في تحسين تخصيص الموارد وإنشاء جداول تنفيذية أكثر كفاءة.

ورغم أن هذا البُعد لم يسجّل نفس ارتفاع الأبعاد السابقة، إلا أن هذا قد يُعزى إلى أن تطبيق الخوارزميات الجينية لا يزال محدوداً نسبياً في بعض المؤسسات بسبب تعقيدته الحسابي أو نقص الكوادر المتخصصة القادرة على توظيفه عملياً ضمن إدارة المشاريع.

رابعاً: بُعد الوكلاء الأذكى

جاء متوسط هذا البُعد (3.91 من 5.00)، وهو ما يُعبر عن مستوى مرتفع من التقدير، وقد انعكس ذلك من خلال تأكيد أفراد العينة على دور الوكلاء الأذكى في المراقبة اللحظية للمشروعات، وتفاعلهم مع المتغيرات التشغيلية بطريقة استباقية وذاتية.

ويرجع هذا التقدير المرتفع إلى التوجه الحديث نحو الأتمتة الذكية للمشروعات واستخدام الروبوتات البرمجية (Bots) كوكلاء ذكيين، إضافة إلى رغبة المؤسسات في تقليل التدخل البشري المباشر في عمليات المتابعة الدورية، ما يرفع من الكفاءة ويوفر الوقت والتكلفة.

مراقبة تقدم المشاريع:

بلغ المتوسط الكلي لمتغير "مراقبة تقدم المشاريع" (4.08 من 5.00)، وهو ما يعكس درجة موافقة مرتفعة من طرف المشاركين، وهذا يشير إلى إدراك أفراد العينة لأهمية المتابعة الدقيقة والمستمرة لمراحل تنفيذ المشروع، بما يشمل الوقت، الموارد، الجودة، والانحرافات عن الخطة.

أظهرت نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد أن جميع أبعاد الذكاء الاصطناعي مجتمعة كان لها أثر دال إحصائيًا على مراقبة تقدم المشاريع، حيث بلغ معامل التحديد $R^2 = 0.782$ ، وهو ما يعني أن 78.2% من التباين في كفاءة مراقبة المشاريع يُمكن تفسيره من خلال هذه الأبعاد، كما بلغ معامل الارتباط $(R = 0.884)$ ، وهو ارتباط قوي جدًا.

تُشير هذه النتيجة إلى أن تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة المشاريع الهندسية له دور ملموس في تحسين دقة المتابعة والتقييم ومراقبة الانحرافات، بفضل قدرته على التحليل التنبؤي والمعالجة الآنية للبيانات. وهذا يتسق مع ما أشار إليه كل من: Zhang et al. (2021) في دراستهم حول تكامل الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المشاريع، حيث أوضحوا أن النظم الذكية تُحسن من القدرة على اتخاذ القرار في المشاريع المعقدة، كما دعمت Al-Qudah & Al-Hakim (2020) هذه الرؤية، وأكدوا أن استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مراحل التنفيذ يُعزز من كفاءة الجدولة ورصد الانحرافات الزمنية والمالية بالتالي، تم رفض الفرضية الصفرية، وقُبلت الفرضية البديلة التي تؤكد وجود أثر دال.

أظهر تحليل الانحدار البسيط أن النظم الخبيرة لها أثر دال إحصائيًا على المتغير التابع، حيث بلغ معامل الانحدار $(B = 0.561)$ ، ومعامل التحديد $(R^2 = 0.513)$ ، مما يعني أن أكثر من 51% من التباين في مراقبة التقدم يُعزى إلى النظم الخبيرة.

تُعزى هذه النتيجة إلى قدرة النظم الخبيرة على محاكاة تفكير الخبراء وتقديم حلول مبنية على قواعد معرفية ثابتة، ما يُعزز عمليات اتخاذ القرار الفوري، كما بينت دراسة السعيد وآخرين (2020) أن هذه النظم تُساعد في كشف الأخطاء واتخاذ قرارات تصحيحية سريعة.

وعليه، تم رفض الفرضية الصفرية، مما يؤكد أثر النظم الخبيرة في تعزيز الرقابة على المشاريع.

أظهر التحليل أن الشبكات العصبية تُؤثر إيجابيًا بشكل دال إحصائيًا على مراقبة المشاريع، حيث بلغ (B = 0.492) ، ومعامل التحديد ($R^2 = 0.472$) ، ما يعكس قوة تفسيرية مرتفعة.

تُعد الشبكات العصبية من أكثر تقنيات الذكاء الاصطناعي قدرة على التعلم من البيانات التاريخية والتنبؤ بالنتائج المستقبلية، و أشارت دراسة الشريف (2021) إلى أن المؤسسات التي طبقت هذه التقنية استطاعت تقليل الأخطاء بنسبة ملحوظة خلال مراحل التنفيذ.

بالتالي، تُؤكد النتيجة أن الشبكات العصبية تمثل أداة تنبؤية فعّالة في عمليات المتابعة والرقابة.

جاءت نتائج الاختبار لتُظهر تأثيرًا دالًا للخوارزميات الجينية على المتغير التابع، حيث بلغت قيمة $B = 0.438$ ، و $R^2 = 0.436$ ، مما يدل على وجود علاقة تفسيرية قوية.

الخوارزميات الجينية تُمكن من إيجاد حلول مثلى في بيئات معقدة وتخطيط الموارد بشكل أكثر كفاءة. كما أوضحت دراسة عبد الحميد (2022) أن هذه الخوارزميات أوجدت حلولاً بديلة ذكية في حال حدوث تعطل أو تأخير في الموارد.

بناءً على ذلك، تم رفض الفرضية الصفرية.

بلغت قيمة معامل التأثير $B = 0.476$ ، و $R^2 = 0.481$ ، ما يشير إلى وجود تأثير فعّال للوكلاء الأذكاء في مراقبة تقدم المشاريع ، كما بيّنت دراسة العمري (2023) أن تطبيق الوكلاء الأذكاء في المشاريع مكن من اكتشاف مشكلات في مراحل مبكرة من التنفيذ.

النتيجة تؤكد أن هذه التقنية تُساهم بشكل جوهري في تطوير نظام المراقبة والتقييم في المشاريع.

3.5 التوصيات

1. توصي الدراسة بأهمية تبني سياسات واضحة ومرنة نحو إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل تدريجي داخل مشاريع القطاع الهندسي، لما أثبتته النتائج من أثر كبير لهذه التقنيات على كفاءة مراقبة التنفيذ.

2. يُنصح بإنشاء نظم خبيرة متخصصة في بيئة العمل السعودية تستند إلى المعرفة التراكمية للخبراء المحليين، بحيث تساهم في دعم اتخاذ القرار وتحليل الأخطاء المتكررة في مراحل التنفيذ.
3. إعادة هندسة عمليات المتابعة والرقابة لتتكامل مع الشبكات العصبية لما أثبتته النتائج من فاعلية عالية للشبكات العصبية في التنبؤ بالمخاطر والوقت، فإن دمج هذه التقنية في نماذج المحاكاة والجدولة الزمنية سيعزز من دقة المتابعة والقدرة على التنبؤ المبكر بالانحرافات.
4. توصي الدراسة باعتماد الخوارزميات الجينية في المواقف التي تتطلب حلولاً مثلى لتخصيص الموارد أو إعادة ترتيب الأولويات، لا سيما في المشاريع ذات البيئة المتغيرة أو الجدول الزمني المعقد.
5. يُوصى باستخدامهم في أنظمة ذكية ترصد الأداء تلقائيًا وتصدر تنبيهات في حال الانحراف عن المسار المخطط، مما يُعزز من الاستجابة السريعة.
6. تُوصى الجهات المعنية بتوفير دورات تدريب تخصصية للعاملين في القطاع الهندسي لتمكينهم من فهم، وتشغيل، وتفسير مخرجات أدوات الذكاء الاصطناعي.
7. توصي الدراسة بضرورة تطوير البنية التحتية التقنية لتكون قادرة على استقبال وتحليل البيانات الضخمة والتفاعل مع تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل سلس، بما في ذلك الحوسبة السحابية والأنظمة الموزعة.
8. يُنصح باعتماد مؤشرات أداء KPI ذكية تعتمد على البيانات المستخلصة من أدوات الذكاء الاصطناعي وتقوم بتقييم كفاءة التنفيذ بشكل مستمر وديناميكي، مما يعزز من جودة المخرجات ودقة التقارير.
9. تشجيع البحوث التطبيقية حول الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية، وتطوير نماذج قياس خاصة بالسوق السعودي.
10. توصي الدراسة بوضع لوائح ومعايير وطنية توضح حدود استخدام الذكاء الاصطناعي في تنفيذ المشاريع وتضمن مواءمته مع الأهداف التنموية لرؤية المملكة 2030.
11. إنشاء وحدات مختصة بإدارة الذكاء الاصطناعي داخل شركات المشاريع، لتكون الجهة المعنية بتشغيل وصيانة وتقييم أداء الأدوات الذكية المستخدمة.

Abstract

This study aimed to analyze the impact of utilizing artificial intelligence techniques—namely expert systems, neural networks, genetic algorithms, and intelligent agents—on project progress monitoring. The study adopted the descriptive analytical methodology and employed a questionnaire tool that was distributed to a purposive sample of 150 individuals working in engineering projects in Riyadh, including engineers, project managers, and data analysts. Data were analyzed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

The results revealed that all dimensions of artificial intelligence techniques had a statistically significant impact on project progress monitoring. The overall coefficient of determination (R^2) was high, indicating the strong ability of these technologies to explain a substantial proportion of the variance in monitoring efficiency. Among the AI dimensions, neural networks had the greatest influence, followed by expert systems, then intelligent agents, and finally, genetic algorithms.

Based on these findings, the study recommends adopting effective digital strategies to enhance the integration of AI technologies in project management, investing in the training of engineering personnel, and developing digital infrastructure, in alignment with Saudi Arabia's digital transformation goals and Vision 2030.

Keywords: Artificial Intelligence, Expert Systems, Neural Networks, Genetic Algorithms, Intelligent Agents, Project Progress Monitoring, Engineering Sector.

المراجع

المراجع باللغة العربية

1. أبو صعيلىك، يوسف حسن، و الخطيب، نعمان أحمد. (2022). القرارات الإدارية الصادرة عبر تقنيات الذكاء الاصطناعي (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان العربية، عمان.
2. أبو فرحة، إيناس كمال خالد، و المطارنة، علاء جبر قاسم. (2025). أثر الذكاء الاصطناعي في الأداء المالي: الدور الوسيط لموثوقية نظم المعلومات المحاسبية (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.
3. الإسماعيلي، هود بن خليل بن ناصر، البلوشي، راشد بن حمد بن حميد، و المعمرى، مسعود بن حميد بن مسعود. (2023). المسؤولية الجزائية عن جرائم الذكاء الاصطناعي (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة السلطان قابوس، مسقط.
4. حسن، ياسمين أحمد عامر، القلش، أسامة أحمد جمال السيد، و عبدالله، داليا موسى. (2021). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المكتبات المصرية: دراسة تخطيطية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة القاهرة، القاهرة.
5. حمادي، العطرة، نون، زازة الزهرة، و قدة، حبيبة. (2021). تحديات الذكاء الاصطناعي للقانون (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مباح - ورقلة، ورقلة.
6. خزيمة، محمد منصور خليل، و أبو العون، أنس موسى. (2023). المسؤولية المدنية عن أضرار الذكاء الاصطناعي: دراسة مقارنة (رسالة ماجستير غير منشورة). الجامعة العربية الأمريكية - جنين، جنين.
7. الدرادكة، هبة يعقوب عبدالله، و الزعبي، خالد يوسف محمد. (2024). أثر الذكاء الاصطناعي في تحسين الكفاءة اللوجستية: الدور الوسيط جدارات الموارد البشرية في مجمع الملك الحسين للأعمال (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة مؤتة، مؤتة.

8. الرماضنة، أنسام عوض سعد، و المطارنة، علاء جبر قاسم. (2024). أثر الذكاء الاصطناعي في جودة التدقيق الداخلي: الدور المعدل لرأس المال الفكري (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.
9. الزبود، ساندرا علي، النعيمي، أحمد، و القسايمة، أنور. (2022). أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة الخدمات المصرفية: دليل من البنوك التجارية الأردنية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة العلوم التطبيقية الخاصة، عمان.
10. الساكت، إياد زياد عبداللطيف، و الحياصات، إياد بشير عبدالكريم. (2024). دور الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة الخدمات: حالة دراسية مشروع مياها في مدينة السلط (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط.
11. الطراونة، أحمد سمير أحمد، و المطارنة، علاء جبر قاسم. (2025). أثر الذكاء الاصطناعي في مخاطر التدقيق الخارجي: الدور المعدل متطلبات بازل III (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.
12. العريبي، بندر عوض بخيت، و الحلالمة، محمد عزات كريم. (2024). أثر الذكاء الاصطناعي على جودة اتخاذ القرار: الدور الوسيط للتمكين الإداري: دراسة تطبيقية على شركات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات الأردنية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط.
13. عضيبات، علاء أحمد حسن، و الشورة، محمد سليم خليف. (2023). أثر الذكاء الاصطناعي في الميزة التنافسية: الدور المعدل للمناعة المنظمة في قطاع الاتصالات الأردني (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.
14. عطية، عمرو أحمد فؤاد، و مقبل، عبدالهادي محمد المهدي. (2023). الأبعاد الاقتصادية لتطور تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي: دراسة مقارنة (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة طنطا، طنطا.
15. العنزي، سعد حمود سعد الشملاي، و السعود، أنس راتب. (2020). أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المنظمات: دراسة حالة مؤسسة الرعاية الصحية الأولية بدولة قطر (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط.

16. القسايمية، غازي محمد علي سلامة، و أبو سليم، خليل سليمان محمد. (2021). أثر الذكاء الاصطناعي في خصائص المعلومات المحاسبية: الدور المعدل لكفاءة الأنظمة المحاسبية في البنوك التجارية الأردنية (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.
17. المصاروة، مهند كساب عبدالله، و السرحان، عطا الله بن فهد صياح. (2021). أثر الذكاء الاصطناعي في الأداء المؤسسي: متغير وسيط رأس المال الفكري في البنوك التجارية في الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة آل البيت، المفرق.
18. المعشني، سالم بن علي بن عامر، و العمر، أحمد محمد. (2024). المسؤولية الجزائية عن جرائم الذكاء الاصطناعي: دراسة مقارنة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة صحار، صحار.
19. موسى، سجي أحمد محمد، و اللوزي، أحمد محمد عبد الرحيم. (2022). دور كيانات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ والكشف عن الجريمة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.
20. النسور، مرح فراس محمد، و بقبيلة، بسام خليل عطا الله. (2022). أثر الذكاء الاصطناعي في التدقيق المبني على المخاطر: الدور الوسيط لجودة التدقيق في البنوك التجارية الأردنية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.

المراجع باللغة الأجنبية

21. Ahmed, M. S., Jannat, S., & Tanim, S. H. (2024). ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PUBLIC PROJECT MANAGEMENT: BOOSTING ECONOMIC OUTCOMES THROUGH TECHNOLOGICAL INNOVATION. International journal of applied engineering and technology (London), 6, 47-63.
22. Greeshma, A. S., & Edayadiyil, J. B. (2022). Automated progress monitoring of construction projects using Machine learning and image processing approach. Materials Today: Proceedings, 65, 554-563.

23. Hashfi, M. I., & Raharjo, T. (2023). Exploring the challenges and impacts of artificial intelligence implementation in project management: A systematic literature review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(9).
24. Hossain, M. Z., Hasan, L., Dewan, M. A., & Monira, N. A. (2024). The impact of artificial intelligence on project management efficiency. *International Journal of Management Information Systems and Data Science*, 1(5), 1-17.
25. Kozhakhmetova, A., Mamyrbayev, A., Zhidebekkyzy, A., & Bilan, S. (2024). Assessing the impact of artificial intelligence on project efficiency enhancement. *Knowledge and Performance Management*, 8(2), 109-126.
26. Manduva, V. C. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on Project Management Practices. *International Journal of Social Trends*, 2(3), 54-96
27. Nenni, M. E., De Felice, F., De Luca, C., & Forcina, A. (2025). How artificial intelligence will transform project management in the age of digitization: a systematic literature review. *Management Review Quarterly*, 75(2), 1669-1716
28. Reznikov, R. (2025). Enhancing Project Management Success through Artificial Intelligence. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 6, 1036-1046.
29. Ruiz, J. G., Torres, J. M., & Crespo, R. G. (2021). The Application of Artificial Intelligence in Project Management Research: A Review. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(6), 54-66.
30. Shoushtari, F., Daghighi, A., & Ghafourian, E. (2024). Application of artificial intelligence in project management. *International journal of industrial engineering and operational research*, 6(2), 49-63.

31. Taboada, I., Daneshpajouh, A., Toledo, N., & De Vass, T. (2023). Artificial intelligence enabled project management: a systematic literature review. *Applied Sciences*, 13(8), 5014
32. Wagner, P., & Wagner, R. (2023, November). The Evolution of Technology in Artificial Intelligence and Its Impact on Project Management. In *The International Conference on Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering* (pp. 268-293). Cham: Springer Nature Switzerland

الملاحق

استمارة استبيان

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أخي الكريم / أختي الكريمة

تحية طيبة وبعد،

يقوم الباحثين بإجراء دراسة حول قياس أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على مراقبة

تقدم المشاريع: دراسة تطبيقية في قطاع الهندسة بمدينة الرياض

ونظراً لما لديكم من المعرفة العلمية والخبرة العملية ذات الصلة بموضوع البحث، نأمل الحصول

منكم على العون والمساعدة في توفير المعلومات المناسبة لأغراض البحث، من خلال التكرم بإبداء رأيكم

بالتأشير على الإجابة المناسبة من وجهة نظركم.

وأقدم لحضراتكم بجزيل الشكر والتقدير للمساهمة في جهودكم في تعبئة هذا الاستبيان علماً

أن جميع البيانات التي سيتم الحصول عليها منكم ستعامل بسرية تامة، ولن تستخدم لغير أغراض هذا

البحث، وسوف أزودكم بنتائج هذه الدراسة حال اكتمالها إن شاء الله.

وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

أولاً: البيانات الشخصية

- 1- الجنس ☐ ذكر ☐ أنثى
- 2- المؤهل العلمي ☐ دبلوم ☐ بكالوريوس ☐
☐ دراسات عليا (ماجستير / دكتوراه)
- 3- سنوات الخبرة ☐ 5 سنوات فأقل ☐ من 5 – 10 سنوات ☐
☐ أكثر من 10 سنوات
- 4- المسي الوظيفي ☐ مهندس موقع ☐ مهندس مشروع ☐
☐ مشرف تنفيذ ☐ مدير مشروع

ثانيا محاور الاستبيان

🌸 المحور الأول: تقنيات الذكاء الاصطناعي ، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

المبعد	أوافق بشدة	أوافق	محايد	معارض	معارض بشدة
النظم الخبيرة					
تسهم النظم الخبيرة في اتخاذ قرارات دقيقة					
تُستخدم النظم الخبيرة في تشخيص المشكلات الفنية					
تعمل النظم الخبيرة على تقليل تدخل العنصر البشري					
تساهم النظم الخبيرة في تحسين جودة التقارير					
الشبكات العصبية					
تساعد الشبكات العصبية على التنبؤ بمخاطر المشروع					
الشبكات العصبية تُحاكي آلية اتخاذ القرار البشري					
تساهم الشبكات العصبية في تحليل البيانات الضخمة للمشاريع					
تُستخدم الشبكات العصبية لاكتشاف الأنماط التشغيلية المتكررة					
الخوارزميات الجينية					

معارض بشدة	معارض	محايد	أو افق	أو افق بشدة	البعد
					يستخدم الوكلاء الأذكاء في مراقبة تقدم العمل وتنبيه المديرين
					تسهم الوكلاء الأذكاء في التفاعل مع المستخدمين بطريقة ذكية
					توفر الوكلاء الأذكاء تقارير فورية حول أداء المشروع
					يعتمد على الوكلاء الأذكاء في استشراف المشاكل المحتملة قبل وقوعها

🌸 المحور الثاني: مراقبة تقدم المشاريع ، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

المبعد	أوافق بشدة	أوافق	محايد	معارض	معارض بشدة
يتم تتبع مراحل تنفيذ المشروع بشكل دوري ومنظم					
توجد آليات لرصد الأداء الفعلي ومقارنته بالمخطط له					
يتم استخدام تقنيات رقمية حديثة لتتبع تقدم المشروع					
تُتاح بيانات الأداء الزمني والتكلفة لجميع المعنيين بالمشروع					
يتم توثيق نسب الإنجاز للمراحل المختلفة بشكل منظم					
تُستخدم مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) لمراقبة الإنجاز					
توجد مراجعات دورية لتقييم التقدم وضمان الالتزام بالجدول الزمني					
تتم معالجة الانحرافات عن الخطة فور اكتشافها					
يُستخدم الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات التقدم وتحديد المخاطر					

المعيار	معارض بشدة	معارض	محايد	أوافق بشدة	أوافق	البعد
						تسهم آليات المراقبة في تعزيز اتخاذ القرار في الوقت المناسب

مع خالص التقدير والاحترام

Mid-Ocean University

College of Management

Department of Project Management



**The Impact of Using Artificial Intelligence Techniques on
Project Progress Monitoring: An Applied Study in the
Engineering Sector in Riyadh City**

Preparation:

Mohammed Saeed Alghamdi

251002767

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

Dr. Fayez Grad

2025 - 1447