

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / تخصص إدارة المشاريع



أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع
حسب الطلب في المملكة العربية السعودية (الدمام)

إعداد الطالب/ محسن فاروق آل محسن

إشراف/

د. الفصيل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2026

فهرس المحتويات:

6	الفصل الأول
7	المقدمة:
8	-مشكلة الدراسة:
10	-أهمية الدراسة:
11	-أهداف الدراسة:
12	-تساؤلات الدراسة:
12	- فروض الدراسة:
13	-النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:
18	الفصل الثاني الدراسات السابقة
19	-مقدمة
19	-الدراسات السابقة
26	-الإطار النظري
33	الفصل الثالث منهجية الدراسة
34	-مقدمة
34	-المنهجية وطرق البحث
35	-مجتمع البحث
36	-حدود البحث
38	الفصل الرابع النتائج والتوصيات
39	-مقدمة
39	-تحليل البيانات
49	-النتائج
53	-التوصيات
57	المراجع
58	-المراجع العربية
59	-المراجع الأجنبية
61	الملاحق
62	-الاستبانة
67	Abstract

قائمة الجداول:

المستخلص : Abstract

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب، وذلك في سياق رؤية المملكة العربية السعودية 2030 وتزامناً مع إعلان عام 2026 عاماً للذكاء الاصطناعي. اعتمدت الدراسة المنهج المختلط بتصميمه التفسيري المتسلسل، حيث جمعت بين المسح الكمي لعينة من مدراء المشاريع والمهندسين (58 مشاركاً)، والمقابلات النوعية شبه المنظمة (8 مقابلة) لفهم آليات التأثير والمعوقات بشكل أعمق. تم تحليل البيانات الكمية باستخدام برنامج الأكسل ، والبيانات النوعية بنفس البرنامج.

توصلت الدراسة إلى النتائج الرئيسية التالية: (1) مستوى تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع عينة الدراسة متوسط (2.74)، مع تباين حسب حجم المصنع، حيث كانت المصانع الكبيرة أكثر تبنيًا. (2) للذكاء الاصطناعي أثر إيجابي ومعنوي في تحسين دقة تقدير الوقت والتكلفة (3.48) وكفاءة التخطيط والرقابة (3.41)، مع تأثير أقل في إدارة المخاطر (3.33). (3) توجد فروق ذات دلالة إحصائية في أداء المشاريع بين المصانع المتبينة وغير المتبينة للذكاء الاصطناعي، لصالح المصانع المتبينة. (4) المعوقات التقنية (4.04) والمالية (4.08) والبشرية (3.99) هي الأبرز في تبني الذكاء الاصطناعي. (5) المتغيرات المعدلة، خاصة دعم الإدارة العليا وجاهزية البنية التحتية، تلعب دوراً مهماً في تعزيز أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع.

وقدمت الدراسة إطاراً مقترحاً لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب، يتكون من ثلاث مراحل رئيسية: التقييم والاستعداد، التبني التدريجي، والتقييم والتحسين، مع تحديد عوامل النجاح الرئيسية لكل مرحلة. كما قدمت الدراسة مجموعة من التوصيات الموجهة للمصانع والجهات الحكومية، تشمل: تعزيز جودة البيانات وبناء البنية التحتية التقنية، بناء القدرات البشرية وتطوير المهارات، التدرج في التبني والتركيز على المجالات ذات الأولوية، وتوفير الدعم المالي والحوافز، وتطوير السياسات والتشريعات الداعمة.

الفصل الأول

المقدمة:

يشهد العالم اليوم تحولاً رقمياً غير مسبوق، تعمل فيه تقنيات الثورة الصناعية الرابعة على إعادة تشكيل ملامح الاقتصاد العالمي، ويبرز الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI) كمحرك رئيسي لهذا التحول في جميع القطاعات، ولا سيما القطاع الصناعي الذي يُعد العمود الفقري للاقتصادات الحديثة. يُحدث الذكاء الاصطناعي نقلة نوعية في إعادة هندسة العمليات الإنتاجية وإدارة المشاريع من خلال قدراته المتطورة على التحليل التنبؤي، وأتمتة القرارات المعقدة، ومعالجة كميات هائلة من البيانات في وقت قياسي، مما يتيح للمؤسسات تحقيق مستويات غير مسبوقة من الكفاءة والإنتاجية والجودة.

تأتي هذه الدراسة في سياق طموحات رؤية المملكة العربية السعودية 2030، التي تولي التحول الرقمي وتطوير القطاع الصناعي أولوية قصوى، ويتجلى ذلك في برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية، ومبادرة "المصانع المستقبلية" التي تهدف إلى أتمتة 4000 مصنع من خلال تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة، والاستفادة من الذكاء الاصطناعي والروبوتات في عمليات التصنيع ومراقبة الجودة. ويعكس إعلان الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدابا) تسمية عام 2026 بـ "عام الذكاء الاصطناعي" إرادة سياسية راسخة لتعزيز مكانة المملكة في مصاف الدول الرائدة في هذا المجال، ودفع عجلة الاقتصاد الرقمي نحو آفاق جديدة.

يركز هذا البحث على قطاع حيوي ودقيق هو المصانع العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب (Engineer-to-Order - ETO). تتميز هذه المصانع، التي تنتج منتجات فريدة بناءً على مواصفات محددة من العملاء (مثل المعدات الثقيلة، والآلات الصناعية، وقطاع النفط والغاز)، بتعقيد إداري وتشغيلي كبير. وتتمثل أبرز التحديات التي تواجهها في صعوبة تقدير الوقت والتكلفة بدقة، وارتفاع معدلات التأخير وتجاوز الميزانيات، والاعتماد المفرط على الخبرات الفردية في التخطيط، وضعف أنظمة الرقابة الفعالة، مما يجعلها بيئة خصبة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي كحلول استراتيجية.

وعلى الرغم من الإمكانيات الهائلة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي لمواجهة هذه التحديات، فإن تبنيه في المصانع السعودية، لا سيما في قطاع التصنيع حسب الطلب، لا يزال في مراحله الأولى. وهناك ندرة ملحوظة في الدراسات التطبيقية المنهجية التي تقيس أثر هذا التبنى على أداء المشاريع بشكل كمي ونوعي في السياق السعودي. تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال تشخيص واقع التبنى، وقياس أثره على دقة الوقت والتكلفة وكفاءة التخطيط وإدارة المخاطر، وتقديم إطار عملي لتعزيز هذا التبنى، بما يساهم في دفع عجلة التنمية الصناعية المستدامة في المملكة.

-مشكلة الدراسة:

تواجه المصانع العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب تحديات تشغيلية وإدارية معقدة تنبع من طبيعة عملها القائمة على إنتاج منتجات فريدة وغير مكررة وفق مواصفات محددة من العملاء. وتتميز بيئة التصنيع حسب الطلب بارتفاع درجة عدم اليقين نتيجة لتغير متطلبات العملاء أثناء تنفيذ المشروع، وتعقيد التصميم الهندسية، وتباين العمليات الإنتاجية بين مشروع وآخر. وتترتب على هذه الخصائص مجموعة من التحديات الجوهرية التي تؤثر سلباً على أداء المشاريع، ومن أبرزها:

أولاً: ضعف دقة تقدير الوقت والتكلفة

تعد دقة تقدير الوقت والتكلفة من أهم عوامل نجاح المشاريع في بيئة التصنيع حسب الطلب، إلا أن العديد من المصانع تعاني من ضعف كبير في دقة تقديراتها. ويعود ذلك إلى:

- الاعتماد المفرط على الخبرات الفردية والتقديرات الشخصية غير الموثقة.
- نقص البيانات التاريخية المنظمة للمشاريع المماثلة.
- تغير نطاق العمل أثناء تنفيذ المشروع.
- تعقيد التصميم الهندسية التي تتطلب جهداً تقديرياً كبيراً.
- التغير في أسعار المواد الخام خصوصاً المتغيرة كالفضة والنحاس.

وقد أظهرت الدراسات أن نسبة المشاريع التي تتجاوز ميزانياتها المخططة في بيانات التصنيع حسب الطلب تتراوح بين 40% إلى 60%، كما أن نسبة المشاريع المتأخرة عن الجداول الزمنية قد تصل إلى 75% في بعض القطاعات.

ثانياً: انخفاض كفاءة التخطيط والرقابة

تعاني المصانع العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب من تحديات كبيرة في عمليات التخطيط والرقابة، وذلك للأسباب التالية:

- تعقيد عمليات التخطيط في بيئة تتسم بعدم اليقين والتغيير المستمر.
- ضعف التنسيق بين الأقسام المختلفة (الهندسة، التصنيع، المشتريات، الجودة).
- نقص الأنظمة المتكاملة لتخطيط الموارد (ERP) المصممة خصيصاً لبيئات التصنيع حسب الطلب.
- صعوبة تتبع تقدم المشاريع في الوقت الفعلي.
- ضعف آليات التنبؤ بالتأخيرات المحتملة قبل حدوثها.

ثالثاً: ضعف إدارة المخاطر

تفتقر العديد من المصانع العاملة بهذا النظام إلى أنظمة فعالة للكشف المبكر عن المخاطر وإدارتها بشكل استباقي، حيث:

- تعتمد معظم المصانع على أساليب تقليدية في تحديد وتحليل المخاطر.
- يغلب الطابع التفاعلي (Reactive) على إدارة المخاطر بدلاً من الاستباقي (Proactive).
- تفتقر المصانع إلى أنظمة تحليل البيانات التاريخية لتحديد أنماط المخاطر المتكررة.
- ضعف التواصل بشأن المخاطر بين فرق المشروع المختلفة.

رابعاً: الاعتماد على الخبرات الفردية

تعتمد هذه المصانع بشكل كبير على الخبرات الفردية للمهندسين ومدراء المشاريع، مما يؤدي إلى:

- تباين كبير في جودة التقديرات والتخطيط بين المشاريع.
- فقدان المعرفة المؤسسية عند انتقال أو استقالة الموظفين.

- صعوبة توحيد الإجراءات والمعايير بين المشاريع المختلفة.
- محدودية القدرة على التعلم من المشاريع السابقة.

الأدلة التجريبية على المشكلة

تشير الأدلة التجريبية من الدراسات السابقة والسياق السعودي إلى حجم المشكلة وأبعادها:

- أظهرت دراسة أجراها Hajeer (2024) في شركة سعودية تعمل بنظام التصنيع حسب الطلب (AL DAR) أن نسبة الطلبات المتأخرة بلغت 94.1% قبل تطبيق نظام متكامل للتخطيط والرقابة، وهو ما يعكس حجم التحدي الذي تواجهه المصانع السعودية في هذا القطاع.
- كشفت دراسة Santos (2025) أن التحديات الرئيسية لتطبيق تقنيات التعلم الآلي في بيئات التصنيع حسب الطلب تشمل الحاجة إلى بيانات تدريب كافية ونظيفة، وصعوبة دمج النماذج في سير العمل الهندسي الحالي، وضعف الإلمام بتقنيات التعلم الآلي لدى مهندسي التكلفة.
- أشارت دراسة Zhou et al. (2025) إلى أن التخطيط للقدرة الإنتاجية في شركات التصنيع حسب الطلب يميل إلى أن يكون غير قابل للتنبؤ بدرجة كبيرة بسبب عوامل مثل تغيرات متطلبات العملاء، مما يؤدي إلى تباين بين الطلب الفعلي والقدرة المخططة.
- أكدت دراسة Shamim et al. (2025) من خلال مراجعتها المنهجية أن أنظمة التقدير التقليدية في المشاريع تعاني من أخطاء بشرية وضعف اتساق، وأن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يساهم في معالجة هذه المشكلات بشكل كبير.

الفجوة البحثية

على الرغم من الإمكانات الهائلة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي لمواجهة هذه التحديات، فقد أظهرت مراجعة الأدبيات وجود فجوات بحثية واضحة:

- **الفجوة الجغرافية:** تعاني الدراسات التي تناولت أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع في المصانع السعودية من ندرة ملحوظة، حيث تتركز معظم الدراسات الدولية في أوروبا وآسيا وأمريكا الشمالية.
- **الفجوة القطاعية:** ركزت الدراسات السابقة على قطاعات صناعية مختلفة (كالبناء والرعاية الصحية)، بينما يفتقر قطاع التصنيع حسب الطلب (ETO) إلى دراسات تطبيقية متخصصة في السياق السعودي.
- **الفجوة المنهجية:** اقتصر معظم الدراسات السابقة على المناهج الكمية (الاستبيانات) أو النوعية (دراسات الحالة والمقابلات) بشكل منفرد، بينما يفتقر الأدب العلمي إلى دراسات تجمع بين المنهجين لفهم أعمق للعلاقات وآليات التأثير.
- **الفجوة الإطارية:** لا يوجد إطار عمل متكامل لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب، مما يحد من قدرة صناع القرار على توجيه جهودهم بشكل منهجي وفعال.

وعليه، يمكن صياغة مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيس التالي:

ما أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب (ETO)؟

-أهمية الدراسة:

الأهمية النظرية

أولاً: سد الفجوة البحثية

تساهم هذه الدراسة في سد الفجوة في الأدبيات العلمية المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، لا سيما في سياق التصنيع حسب الطلب (ETO) الذي يعاني من ندرة في الدراسات التطبيقية. ففي حين تشير المراجعات المنهجية إلى أن تطبيقات التعلم الآلي في تقدير التكلفة والجدولة في بيانات التصنيع حسب الطلب لا تزال محدودة، تقدم هذه الدراسة أدلة تجريبية من السياق السعودي تساهم في إثراء المعرفة العلمية في هذا المجال.

ثانياً: توسيع النظريات الحالية

تساهم الدراسة في توسيع النظريات الإدارية والتقنية من خلال:

- تقديم إطار مفاهيمي يربط بين تبني الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع في بيئة صناعية معقدة، مع مراعاة المتغيرات المعدلة كحجم المصنع وخبرة الكوادر ودعم الإدارة العليا.
- اختبار صحة نماذج (TOE (Technology-Organization-Environment و RBV (Resource-Based View في سياق تبني الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي السعودي.
- تقديم فهم أعمق لآليات التأثير من خلال المنهج المختلط الذي يجمع بين التحليل الكمي والنوعي.

ثالثاً: تطوير أدوات القياس

تقدم الدراسة أدوات قياس (استبيان ومقابلات) تم تصميمها واختبارها في السياق السعودي، مما يمثل إضافة نوعية للمكتبة العلمية العربية في مجال إدارة المشاريع والذكاء الاصطناعي. ويمكن للباحثين الآخرين الاستفادة من هذه الأدوات في دراسات مستقبلية.

الأهمية التطبيقية

أولاً: دعم رؤية 2030

تتوافق هذه الدراسة مع أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في تطوير القطاع الصناعي والتحول الرقمي، وتأتي متزامنة مع إعلان عام 2026 عاماً للذكاء الاصطناعي، مما يعزز أهميتها التطبيقية في دعم السياسات الوطنية. وتساهم الدراسة في تحقيق مستهدفات برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية من خلال تقديم حلول عملية لرفع كفاءة المصانع الوطنية وتعزيز تنافسيتها.

ثانياً: تحسين الأداء الصناعي

من خلال تقديم حلول عملية لمشكلات التأخير وتجاوز التكاليف، تساهم الدراسة بشكل مباشر في رفع كفاءة وإنتاجية المصانع السعودية، وتعزيز قدرتها التنافسية في الأسواق المحلية والعالمية. ويتجلى ذلك في:

- تحسين دقة تقدير الوقت والتكلفة بنسب تتراوح بين 20-40% وفقاً لنتائج الدراسات السابقة.
- تقليل نسبة المشاريع المتأخرة والمتجاوزة للميزانية.
- تحسين جودة المخرجات ورضا العملاء.
- زيادة تنافسية المصانع السعودية في الأسواق الإقليمية والعالمية.

ثالثاً: توجيه صناع القرار

تقدم الدراسة إطاراً مقترحاً ومحددات للمعوقات التي تواجه تبني الذكاء الاصطناعي، مما يساعد صناع القرار في المصانع والجهات الحكومية على:

- وضع استراتيجيات فعالة لتسريع عملية تبني الذكاء الاصطناعي.
- توجيه الاستثمارات نحو المجالات الأكثر تأثيراً.

- تطوير برامج تدريبية لتأهيل الكوادر الوطنية.
- تصميم سياسات داعمة للتحويل الرقمي في القطاع الصناعي.

رابعاً: تعزيز الاقتصاد المعرفي

تسهم الدراسة في تعزيز الاقتصاد المعرفي في المملكة من خلال:

- تشجيع المصانع على تبني التقنيات الحديثة.
- رفع الوعي بفوائد الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي.
- خلق فرص عمل جديدة في مجالات تحليل البيانات وتطوير تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
- دعم جهود التوطين ونقل المعرفة.

-أهداف الدراسة:

الهدف العام

تحليل أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب (ETO)، وتشخيص معوقات التبني، وتقديم إطار مقترح لتعزيز هذا التبني.

الأهداف الخاصة

1. تحديد مستوى ونمط تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي (التعلم الآلي، أنظمة التوصية، تحليلات البيانات الضخمة، معالجة اللغات الطبيعية) في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب.
2. تحليل أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين دقة تقدير الوقت والتكلفة في مرحلة التصميم والهندسة لمشاريع التصنيع حسب الطلب.
3. دراسة دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة تخطيط المشاريع وتخصيص الموارد والرقابة عليها.
4. تحليل مساهمة الذكاء الاصطناعي في تعزيز القدرة على الكشف المبكر عن مخاطر المشروع وإدارتها بشكل استباقي.
5. مقارنة أداء المشاريع (وقت، تكلفة، جودة) بين المصانع التي تتبنى الذكاء الاصطناعي وتلك التي لا تتبناه، واختبار دلالة الفروق إحصائياً.
6. التعرف على أبرز المعوقات (التنظيمية، التقنية، البشرية، المالية) التي تحد من تبني الذكاء الاصطناعي وتطبيقه بفعالية في هذا القطاع.
7. بناء إطار عمل متكامل ومقترح لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب، لتحسين أداء مشاريعها وزيادة تنافسيتها.

-تساؤلات الدراسة:

يسعى هذا البحث إلى الإجابة عن التساؤلات الرئيسية التالية:

- | الرقم | التساؤل |
|-------|--|
| 1 | ما مستوى ونمط تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب (ETO) ؟ |
| 2 | ما أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة في مرحلة التصميم والهندسة لمشاريع التصنيع حسب الطلب؟ |
| 3 | كيف تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة عمليات التخطيط والرقابة على الموارد وتتبع تقدم المشروع في بيئة التصنيع حسب الطلب؟ |
| 4 | ما دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز القدرة على الكشف المبكر عن مخاطر المشروع وإدارتها بشكل استباقي؟ |
| 5 | هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية في أداء المشاريع (من حيث الالتزام بالوقت والتكلفة وجودة المخرجات) بين المصانع التي تتبنى الذكاء الاصطناعي وتلك التي لا تتبناه؟ |
| 6 | ما أبرز المعوقات (التنظيمية، التقنية، البشرية، المالية) التي تحد من تبني الذكاء الاصطناعي وتطبيقه بفعالية في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب؟ |
| 7 | ما التصور المقترح لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب لتحسين أداء مشاريعها؟ |

- فروض الدراسة:

الفرضية الرئيسية

يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب.

الفرضيات الفرعية

الفرضية الأولى: (أثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة)

- **الفرضية:** لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مرحلة التصميم ودقة تقدير الوقت والتكلفة للمشاريع.
- **الفرضية البديلة:** توجد علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مرحلة التصميم وزيادة دقة تقدير الوقت والتكلفة للمشاريع.

الفرضية الثانية: (أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة)

- الفرضية: لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التخطيط وكفاءة التخطيط والرقابة على المشاريع.
- الفرضية البديلة: توجد علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التخطيط وزيادة كفاءة التخطيط والرقابة على المشاريع.

الفرضية الثالثة: (أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر)

- الفرضية: لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر وفعالية إدارة المخاطر في المشاريع.
- الفرضية البديلة: توجد علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر وزيادة فعالية إدارة المخاطر في المشاريع.

الفرضية الرابعة: (أثر المتغيرات المعدلة)

- الفرضية: لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للمتغيرات المعدلة (حجم المصنع، خبرة الكوادر، دعم الإدارة العليا، جاهزية البنية التحتية) على العلاقة بين تبني الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع.
- الفرض البديلة: يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للمتغيرات المعدلة (حجم المصنع، خبرة الكوادر، دعم الإدارة العليا، جاهزية البنية التحتية) على العلاقة بين تبني الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع.

-النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:

اعتمدت هذه الدراسة على ثلاثة أطر نظرية رئيسية تتكامل لتوفير أساس متين لفهم العلاقة بين تبني الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع في بيئة التصنيع حسب الطلب:

نظرية الاعتماد على الموارد

تعد نظرية الاعتماد على الموارد (Barney, 1991) من النظريات الأكثر تأثيراً في مجال الإدارة الاستراتيجية، وتشير إلى أن الميزة التنافسية للمنظمة تنبع من قدرتها على امتلاك وإدارة الموارد الفريدة والقيمة والنادرة وغير القابلة للتقليد. وتصنف الموارد إلى أربعة أنواع رئيسية:

- الموارد المادية (مادية، تكنولوجيا، معدات).
- الموارد البشرية (مهارات، خبرات، معرفة).
- الموارد التنظيمية (هياكل، عمليات، ثقافة).
- الموارد المعلوماتية (بيانات، نظم معلومات).

وفي سياق هذه الدراسة، يُنظر إلى تقنيات الذكاء الاصطناعي كمورد استراتيجي يمكن أن تمنح المصانع ميزة تنافسية من خلال:

- تحسين دقة التقديرات وتقليل الأخطاء البشرية.
- رفع كفاءة التخطيط والرقابة.
- تعزيز فعالية إدارة المخاطر.
- تمكين التعلم المؤسسي والتحسين المستمر.

كما تؤكد النظرية على أهمية الموارد البشرية الماهرة والقدرات التنظيمية في تحقيق أقصى استفادة من هذه التقنيات، فامتلاك تقنية الذكاء الاصطناعي وحده لا يكفي، بل يجب توفر الكفاءات البشرية والقدرات التنظيمية اللازمة لتوظيفها بشكل فعال.

نموذج (Technology-Organization-Environment) TOE

يُعد نموذج (TOE (Tornatzky & Fleischer, 1990) إطاراً شاملاً لفهم عوامل تبني التقنيات الجديدة في المنظمات. ويتكون من ثلاثة أبعاد رئيسية مترابطة:

أولاً: البعد التقني (Technology)

ويشمل خصائص التقنية نفسها والعوامل المرتبطة بها، ومنها:

- **الميزة النسبية (Relative Advantage):** درجة تفوق التقنية الجديدة على التقنيات الحالية.
- **التوافق (Compatibility):** درجة توافق التقنية مع القيم والخبرات والاحتياجات الحالية.
- **التعقيد (Complexity):** درجة صعوبة فهم واستخدام التقنية.
- **قابلية التجربة (Trialability):** إمكانية تجربة التقنية على نطاق محدود قبل التبني الكامل.
- **الملاحظة (Observability):** وضوح نتائج وفوائد تبني التقنية.
- **جاهزية البنية التحتية:** توفر البنية التحتية المناسبة (شبكات، خوادم، بيانات).
- **جودة البيانات:** توفر بيانات نظيفة ومنظمة ومناسبة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي.

ثانياً: البعد التنظيمي (Organization)

ويشمل خصائص المنظمة نفسها والعوامل الداخلية، ومنها:

- **دعم الإدارة العليا:** مدى التزام ودعم القيادة العليا لعملية التبني.
- **ثقافة المنظمة:** مدى تقبل المنظمة للتغيير والابتكار.
- **حجم المنظمة:** يؤثر حجم المنظمة على قدرتها على تخصيص الموارد للتبني.
- **توفر المهارات والكفاءات:** وجود كوادر بشرية مؤهلة في مجالات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.
- **الموارد المالية:** توفر الميزانية اللازمة للاستثمار في التقنيات الجديدة.
- **هيكل المنظمة:** مدى مرونة الهيكل التنظيمي في استيعاب التقنيات الجديدة.

ثالثاً: البعد البيئي (Environment)

ويشمل العوامل الخارجية المؤثرة على قرار التبني، ومنها:

- **الضغوط التنافسية:** مدى الضغط من المنافسين لتبني التقنيات الحديثة.
- **الدعم الحكومي:** توفر السياسات والحوافز الداعمة للتحول الرقمي.
- **اللوائح التنظيمية:** مدى توافق التقنية مع المتطلبات القانونية والتنظيمية.
- **ضغوط العملاء:** توقعات العملاء من حيث الجودة والسرعة والتكلفة.
- **الشركاء والموردون:** توفر شركاء تقنيين وموردين داعمين.

وقد تم استخدام هذا الإطار في دراسات سابقة لتحليل تبني الذكاء الاصطناعي في السياق السعودي، حيث أظهرت النتائج أن المؤسسات السعودية تستفيد من الدعم المؤسسي والتقنيات المتقدمة مقارنة بنظيراتها في بعض الدول الأخرى.

نظرية نشر الابتكارات (Diffusion of Innovations - DOI)

تقدم نظرية روجرز (Rogers, 1995) إطاراً لفهم كيفية انتشار الابتكارات التقنية عبر الزمن في المجتمع. وتشير النظرية إلى أن عملية نشر الابتكار تمر بخمس مراحل رئيسية:

1. **مرحلة المعرفة: (Knowledge)** حيث يتعرف الفرد على وجود الابتكار ويفهم وظائفه.
2. **مرحلة الإقناع: (Persuasion)** حيث يشكل الفرد موقفاً إيجابياً أو سلبياً تجاه الابتكار.
3. **مرحلة القرار: (Decision)** حيث يتخذ الفرد قراراً بتبني الابتكار أو رفضه.
4. **مرحلة التنفيذ: (Implementation)** حيث يبدأ الفرد في استخدام الابتكار.
5. **مرحلة التأكد: (Confirmation)** حيث يعزز الفرد قراره بتبني الابتكار أو يتراجع عنه.

وتشير النظرية إلى خمس خصائص رئيسية تؤثر على معدل التبني:

الخاصية	الوصف	التأثير على التبني
الميزة النسبية	درجة تفوق الابتكار على البدائل الحالية	إيجابي
التوافق	درجة توافق الابتكار مع القيم والخبرات الحالية	إيجابي
التعقيد	درجة صعوبة فهم واستخدام الابتكار	سلبى
قابلية التجربة	إمكانية تجربة الابتكار على نطاق محدود	إيجابي
الملاحظة	وضوح نتائج وفوائد الابتكار للآخرين	إيجابي

وتساعد هذه النظرية في فهم العوامل التي تؤثر على قرار المصانع بتبني الذكاء الاصطناعي، وكيف يمكن تسريع عملية التبني من خلال معالجة هذه العوامل.

التكامل بين النظريات

يتكامل استخدام هذه النظريات الثلاث لتوفير فهم شامل للظاهرة المدروسة:

- تساهم **RBV** في فهم كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يكون مصدراً للميزة التنافسية من خلال تحسين الموارد والقدرات التنظيمية.
- يوفر **TOE** إطاراً شاملاً لتحليل عوامل التبني على المستويات التقنية والتنظيمية والبيئية، ويساعد في تحديد المعوقات والممكنات.
- تساعد **DOI** في فهم ديناميكيات انتشار الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي وعوامل تسريع التبني، خاصة في ضوء إعلان عام 2026 عاماً للذكاء الاصطناعي في السعودية.

ويعكس الجدول التالي كيفية تطبيق هذه النظريات في الدراسة الحالية:

النظرية التطبيق في الدراسة

RBV تحليل الذكاء الاصطناعي كمورد استراتيجي يسهم في تحسين أداء المشاريع

TOE تحليل عوامل تبني الذكاء الاصطناعي (تقنية، تنظيمية، بيئية) وتأثيرها على نجاح التبنى

DOI فهم مراحل تبني الذكاء الاصطناعي والعوامل المؤثرة في سرعة الانتشار

النموذج المفاهيمي المقترح للدراسة

بناءً على الإطار النظري المتكامل (نظريات RBV ، TOE ، DOI) والمراجعة التحليلية للدراسات السابقة، يقترح الباحث النموذج المفاهيمي التالي الذي يصور العلاقات بين متغيرات الدراسة:

المتغير المستقل: تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي

- تقنيات التعلم الآلي (Machine Learning)
- أنظمة التوصية (Recommendation Systems)
- تحليلات البيانات الضخمة (Big Data Analytics)
- معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing)

المتغير التابع: تحسين أداء المشاريع

- دقة تقدير الوقت
- دقة تقدير التكلفة
- كفاءة التخطيط والرقابة
- فعالية إدارة المخاطر

المتغيرات المعدلة: (Moderating Variables)

- حجم المصنع
- خبرة الكوادر البشرية
- دعم الإدارة العليا
- جاهزية البنية التحتية التقنية

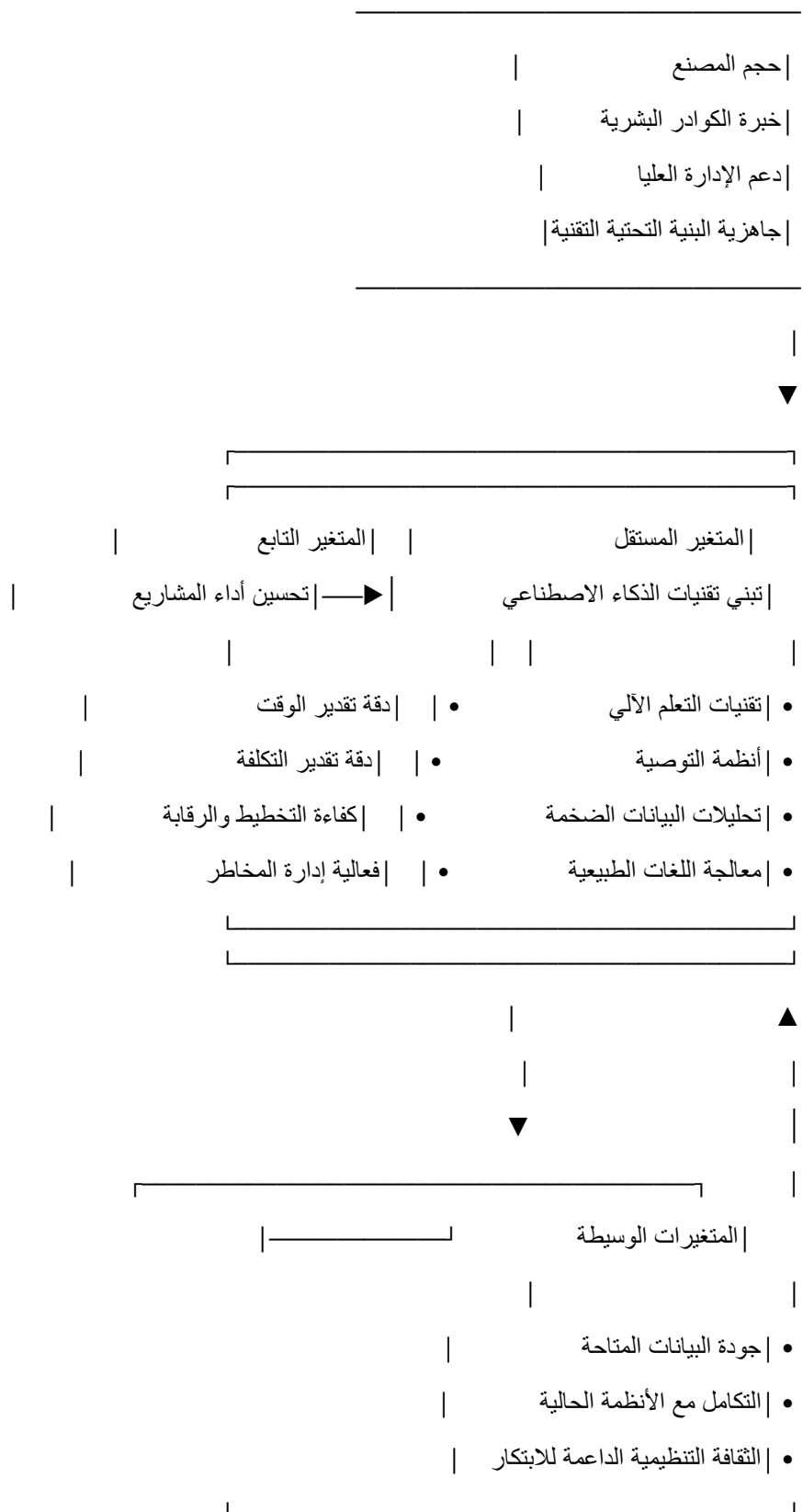
المتغيرات الوسيطة: (Mediating Variables)

- جودة البيانات المتاحة
- التكامل مع الأنظمة الحالية
- الثقافة التنظيمية الداعمة للابتكار

الشكل (1.1): النموذج المفاهيمي المقترح للدراسة

text

المتغيرات المعدلة



الفصل الثاني الدراسات السابقة

-مقدمة

يهدف هذا الفصل إلى استعراض وتحليل الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع البحث، وتقديم الإطار النظري الذي يستند إليه. يأتي هذا الفصل في سياق بناء المعرفة العلمية المتراكمة حول موضوع الدراسة، حيث يسهم استعراض الدراسات السابقة في:

- تحديد ما تم إنجازه في مجال الموضوع.
- التعرف على المناهج والأدوات المستخدمة في الدراسات السابقة.
- تحديد الفجوات البحثية التي تسعى الدراسة الحالية إلى سدها.
- بناء إطار نظري متين يستند إلى النظريات والمفاهيم المعتمدة.

يشتمل الفصل على خمسة محاور رئيسية:

1. الدراسات المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئة التصنيع حسب الطلب.(ETO)
2. الدراسات حول دور الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة تقدير الوقت والتكلفة.
3. الدراسات المعنية بتحسين التخطيط والرقابة وإدارة المخاطر باستخدام الذكاء الاصطناعي.
4. الدراسات حول معوقات تبني الذكاء الاصطناعي في السياق السعودي.
5. الإطار النظري للدراسة.

-الدراسات السابقة

الدراسات المتخصصة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئة التصنيع حسب الطلب(ETO)

تمثل بيئة التصنيع حسب الطلب (Engineer-to-Order) تحدياً فريداً في الأدبيات العلمية نظراً لتعقيدها وضعف التقييس بين مشاريعها. وقد شهدت السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً بتطبيقات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في هذا السياق، حيث تهدف هذه التطبيقات إلى معالجة التحديات المرتبطة بعدم اليقين، وتعقيد التصميم، وتباين العمليات الإنتاجية.

دراسة: Santos (2025) تقنيات التعلم الآلي لتقدير التكلفة في بيئة التصنيع حسب الطلب

الهدف والمنهجية:

قدمت Santos (2025) دراسة معمقة حول تطبيق تقنيات التعلم الآلي في تقدير تكلفة المنتجات في بيئات التصنيع حسب الطلب. اعتمدت الدراسة على قواعد بيانات اصطناعية تم إنشاؤها لمحاكاة مستويات مختلفة من البنية والتعقيد، وطُبقت أربعة خوارزميات رئيسية: الانحدار الخطي (Linear Regression)، والغابة العشوائية (Random Forest)، و XGBoost، والشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks). هدفت الدراسة إلى مقارنة أداء هذه الخوارزميات في سياقات مختلفة من حيث درجة تعقيد البيانات وانتظامها.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن النماذج المتقدمة مثل XGBoost والشبكات العصبية حققت أداءً استثنائياً عند تطبيقها على بيانات مهيكلية ومنتظمة، حيث تفوقت بشكل واضح على النماذج الأبسط. بينما أثبتت النماذج الأبسط كالانحدار الخطي متانة أكبر في السياقات الأكثر عشوائية وتشتتاً، مما يشير إلى أهمية اختيار النموذج المناسب حسب طبيعة البيانات المتاحة. كما أشارت الدراسة إلى أن التحديات الرئيسية لتطبيق التعلم الآلي في بيئات التصنيع حسب الطلب تشمل:

- الحاجة إلى بيانات تدريب كافية ونظيفة، وهي ليست متوفرة دائماً في بيئات التصنيع حسب الطلب.
- صعوبة دمج النماذج في سير العمل الهندسي الحالي.
- ضعف الإلمام بتقنيات التعلم الآلي لدى مهندسي التكلفة.
- طبيعة "الصندوق الأسود" لبعض الخوارزميات التي تحد من قابلية التفسير والثقة.

التقييم والنقد:

تتميز هذه الدراسة بتقديمها دليلاً تجريبياً على أداء خوارزميات مختلفة في سياقات صناعية محاكاة، مع اقتراح مسار تدريجي لتبني التعلم الآلي في الشركات ذات النضج الرقمي المحدود. ومع ذلك، فإن استخدام قواعد بيانات اصطناعية قد لا يعكس بشكل كامل تعقيد وتنوع البيانات في بيئات التصنيع حسب الطلب الحقيقية. كما أن الدراسة اقتصرت على تقدير التكلفة دون تناول أبعاد أخرى لأداء المشاريع.

دراسة: Batini et al. (2025) أتمتة التصميم باستخدام التعلم الآلي

الهدف والمنهجية:

قدم Batini et al. (2025) دراسة تطبيقية رائدة اختبرت فيها الشبكات العصبية الاصطناعية كأداة لأتمتة التصميم في صناعة التوربوميكانيك ضمن بيئة التصنيع حسب الطلب. اعتمدت الدراسة على ثلاث دراسات حالة حقيقية في قطاع ضواغط التردد، بالتعاون مع شركة طاقة إيطالية كبرى. هدفت الدراسة إلى تقييم قدرة النماذج على تقديم حلول تصميمية أولية وتقدير التكوينات المثلى.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج قدرة النموذج على تقديم حلول تصميمية أولية مثالية ضمن حدود تدريبه، مع تقديم تنبؤات دقيقة نسبياً للتكوينات المستهدفة خارج هذه الحدود. كما أظهرت الدراسة أن أتمتة التصميم باستخدام التعلم الآلي يمكن أن تقلل بشكل كبير من الوقت المستغرق في مرحلة التصميم الأولي، وتسمح باستكشاف نطاق أوسع من البدائل التصميمية.

التقييم والنقد:

تكمن أهمية هذه الدراسة في إثبات جدوى التعلم الآلي في أتمتة التصميم في بيئات التصنيع حسب الطلب، وهو مجال لم يحظ باهتمام كافٍ في الأدبيات السابقة. إلا أن حدودها تتمثل في أنها لم تقس الأثر المباشر لهذه الأتمتة على أداء المشاريع ككل (وقت وتسليم وميزانية)، بل ركزت على الكفاءة الهندسية البحتة. كما أن الدراسة اقتصرت على صناعة التوربوميكانيك، مما يحد من قابلية تعميم النتائج على قطاعات أخرى.

دراسة: Chehade et al. (2024) تقدير وقت التصنيع باستخدام التعلم الآلي

الهدف والمنهجية:

قدمت Chehade et al. (2024) دراسة تطبيقية لنهج جديد لتقدير وقت التصنيع باستخدام التعلم الآلي في سياق التصنيع حسب الطلب وMTO، من خلال الاستغلال التكاملي للبيانات الجدولية والمهيكلية والبيانات النصية غير المهيكلية والمعرفة المجالية. طبقت الدراسة على حالة صناعية حقيقية في صناعة المي탈ورجيا الفرنسية، واستخدمت عدة خوارزميات بما فيها CatBoost التي أثبتت تفوقها في الأداء.

النتائج الرئيسية:

أثبتت الدراسة تفوق خوارزمية CatBoost في تقدير وقت التصنيع مقارنة بالخوارزميات الأخرى، حيث أظهرت دقة أعلى وقدرة أفضل على التعامل مع البيانات غير المنتظمة. كما أظهرت الدراسة أن دمج البيانات النصية غير المهيكلية (مثل ملاحظات المهندسين وتقارير التصنيع) مع البيانات الجدولية المهيكلية يحسن بشكل كبير دقة التقدير.

التقييم والنقد:

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها من أوائل الدراسات التي تستخدم نهجاً هجيناً يجمع بين أنواع متعددة من البيانات، وهو ما يعكس واقع بيئات التصنيع حسب الطلب التي تعاني من تبعثر البيانات في مصادر مختلفة. ومع ذلك، اقتصرت الدراسة على تقدير وقت التصنيع فقط ولم تتناول أبعاد الأداء الأخرى كالتكلفة والمخاطر.

دراسة: Zhou et al. (2025) التنبؤ بالقدرة الإنتاجية باستخدام التعلم الآلي

الهدف والمنهجية:

قدم Zhou et al. (2025) دراسة تناولت التنبؤ المبكر بالقدرة الإنتاجية للمنتجات في بيانات التصنيع حسب الطلب باستخدام التعلم الآلي، مع تطبيق منهجية علم التصميم (Design Science Research) في شركة حقيقية تعمل في صناعة توربينات الرياح. هدفت الدراسة إلى تطوير نموذج يمكن الشركات من التنبؤ بالقدرة الإنتاجية اللازمة في مراحل مبكرة من المشروع، مما يتيح التخطيط الاستباقي للموارد.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن نموذج التكديس (Stacking Model) تفوق على ثلاثة نماذج أخرى (الانحدار الخطي، الغابة العشوائية، الشبكات العصبية)، مما أثبت جدوى استخدام أساليب التعلم الآلي في التنبؤ بالقدرة الإنتاجية في بيانات ديناميكية تتسم بعدم اليقين التصميمي. كما أشارت الدراسة إلى أن التخطيط للقدرة الإنتاجية في شركات التصنيع حسب الطلب يميل إلى أن يكون غير قابل للتنبؤ بدرجة كبيرة بسبب عوامل مثل تغيرات متطلبات العملاء، مما يؤدي إلى تباين بين الطلب الفعلي والقدرة المخططة.

التقييم والنقد:

يسهم استخدام التعلم الآلي في معالجة مشكلة عدم اليقين في التخطيط للقدرة الإنتاجية من خلال توفير نهج استباقي يضمن توفر الموارد اللازمة لتنفيذ مشاريع التصنيع حسب الطلب في الوقت المحدد. كما ناقشت الدراسة التحديات المرتبطة بتنفيذ التعلم الآلي، مع التركيز على أهمية فهم الأعمال (Business Understanding) كعامل أساسي للنجاح.

دراسة: Kreuter et al. (2025) تحديد المهام القابلة للدعم بالتعلم الآلي في تخطيط S&OP

الهدف والمنهجية:

اقترحت Kreuter et al. (2025) نهجاً منهجياً لتحديد المهام التي يمكن دعمها بتقنيات التعلم الآلي في سياق تخطيط المبيعات والعمليات (S&OP) في بيئة التصنيع حسب الطلب. اعتمدت الدراسة على تحليل المهام وتقييم مدى ملاءمتها لتطبيقات التعلم الآلي بناءً على عوامل مثل توفر البيانات، وقابلية النمذجة، وتكرار المهمة.

النتائج الرئيسية:

حددت الدراسة مجموعة من المهام التي يمكن دعمها بتقنيات التعلم الآلي، تشمل: تحليل الأنماط التاريخية للطلبات، التنبؤ بالطلب، تحسين تخصيص الموارد، والكشف عن الحالات الشاذة في البيانات. كما سلطت الضوء على دور الذكاء الاصطناعي في تحليل الأنماط واستخلاص المعرفة من البيانات المتباينة.

التقييم والنقد:

تتميز هذه الدراسة بتقديمها نهجاً منهجياً يمكن للشركات استخدامه لتحديد أولويات جهودها في تبني التعلم الآلي، مما يساعد على تركيز الاستثمارات على المجالات الأكثر تأثيراً. ومع ذلك، فإن النهج المقترح يحتاج إلى اختبار تجريبي في سياقات صناعية مختلفة للتحقق من فعاليته.

الدراسات حول دور الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة تقدير الوقت والتكلفة

يُعد تقدير الوقت والتكلفة في المشاريع من أكثر المجالات التي شهدت نقلة نوعية بفعل تقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث تساهم هذه التقنيات في تقليل الأخطاء البشرية، وتحسين الاتساق، والاستفادة من البيانات التاريخية بشكل أكثر فعالية.

دراسة: Shamim et al. (2025) مراجعة منهجية للتقدم في تقدير التكلفة باستخدام الذكاء الاصطناعي

الهدف والمنهجية:

قدم Shamim et al. (2025) مراجعة منهجية شاملة خللت 39 دراسة عالية الجودة منشورة بين 2016 و2024، وغطت قطاعات متعددة كالبناء والرعاية الصحية والتصنيع والعقارات. هدفت المراجعة إلى تقييم التقدم في استخدام الذكاء الاصطناعي لتقدير التكلفة في إدارة المشاريع، وتحديد الاتجاهات الحالية والفجوات البحثية.

النتائج الرئيسية:

خلصت المراجعة إلى أن نماذج تعلم الآلة (Machine Learning)، والتعلم العميق (Deep Learning)، والأنماط الهجينة (Hybrid Models) حسنت بشكل ملحوظ دقة تقدير التكلفة مقارنة بالأساليب التقليدية. كما حددت المراجعة الفجوات البحثية التالية:

- الحاجة إلى توحيد البيانات وتحسين جودتها.
- أهمية تطوير نماذج قابلة للتفسير (Explainable AI) لزيادة الثقة في النتائج.
- ضرورة دمج العوامل النوعية (مثل خبرة الفريق) مع العوامل الكمية.
- الحاجة إلى دراسات تطبيقية في سياقات صناعية متنوعة.

التقييم والنقد:

تتميز هذه المراجعة بتغطيتها الشاملة للدراسات في مختلف القطاعات وتصنيفها المنهجي للخوارزميات المستخدمة. ومع ذلك، فإن تركيزها على الدراسات المنشورة باللغة الإنجليزية فقط قد يكون قد أغفل بعض الدراسات المهمة المنشورة بلغات أخرى، خاصة في السياق العربي.

دراسة: **Aljoghaiman & Mirzaliev (2024)** تبني الذكاء الاصطناعي وأداء سلسلة التوريد في السعودية

الهدف والمنهجية:

قدم **Aljoghaiman & Mirzaliev (2024)** دراسة تجريبية اختبرت أثر تبني الذكاء الاصطناعي وسلسلة التوريد الرقمية على أداء سلسلة التوريد، مع الدور الوسيط للعمليات الخضراء، في الشركات الصناعية السعودية. شملت الدراسة 330 موظفاً في شركات تصنيع سعودية باستخدام استبيانات ذاتية، واستخدمت أسلوب نمذجة المعادلات الهيكلية (PLS-SEM) لتحليل البيانات.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن العوامل القائمة على الذكاء الاصطناعي (الأعمال والتسويق، إدارة المخاطر، إدارة القوى العاملة، تحليلات البيانات الضخمة) لها تأثير إيجابي ومعنوي على أداء سلسلة التوريد. كما أظهرت الدراسة أن العمليات الخضراء تلعب دوراً وسيطاً جزئياً في هذه العلاقة. وأشارت الدراسة إلى أن معظم الأبحاث الحالية ركزت على التأثيرات المباشرة للذكاء الاصطناعي في اقتصادات أخرى، مع أدلة تجريبية محدودة من الشرق الأوسط، وخاصة في قطاع التصنيع السعودي.

التقييم والنقد:

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها من الدراسات القليلة التي تقدم أدلة تجريبية من السياق السعودي حول أثر الذكاء الاصطناعي على الأداء التشغيلي، وإن كان تركيزها على أداء سلسلة التوريد وليس أداء المشاريع تحديداً. كما أن اعتماد الدراسة على الاستبيانات الذاتية قد يكون عرضة لتحيز الإجابات.

دراسة: **AI-Shboul (2024)** تبني الذكاء الاصطناعي في شركات الأدوية بمنطقة MENA

الهدف والمنهجية:

قدم **AI-Shboul (2024)** دراسة استكشافية حول تبني أنظمة الذكاء الاصطناعي في شركات الأدوية بمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، شملت المملكة العربية السعودية والأردن والمغرب والجزائر. اعتمدت الدراسة على استبيانات من 95 مديراً في 89 شركة، واستخدمت نمذجة المعادلات الهيكلية لتحليل البيانات.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن الاستعداد لتبني الذكاء الاصطناعي يتأثر إيجابياً بموثوقية الموردين الاستراتيجيين، واعتمادية عمليات الشحن، والعوامل التقنية، والقدرة على تطوير البنية التحتية. كما أشارت النتائج إلى أهمية العوامل البيئية والتنظيمية في تسهيل تبني الذكاء الاصطناعي، وهو ما يتوافق مع نموذج TOE المستخدم في الدراسة الحالية.

التقييم والنقد:

تسهم هذه الدراسة في فهم العوامل المؤثرة في تبني الذكاء الاصطناعي في السياق العربي، خاصة في قطاع الأدوية الذي يشترك مع قطاع التصنيع حسب الطلب في بعض الخصائص (مثل التعقيد والارتفاع النسبي للقيمة). ومع ذلك، فإن حجم العينة (95 مديراً) قد لا يكون كافياً لتعميم النتائج على مستوى المنطقة.

الدراسات المعنية بإدارة المخاطر وتحسين التخطيط والرقابة

دراسة: (2024) Abuhussain النمذجة الهجينة لتحديد أولويات المخاطر في مشاريع البناء الأخضر

الهدف والمنهجية:

قدم (2024) Abuhussain نمذجة هجينة مبتكرة تجمع بين تقنية TOPSIS الضبابية (Fuzzy TOPSIS) والشبكات العصبية الاصطناعية العاطفية (Emotional Artificial Neural Networks - EANN) لتحديد وترتيب أولويات المخاطر في مشاريع البناء الخضراء في المملكة العربية السعودية. اعتمدت الدراسة على تقييمات الخبراء لتحديد المخاطر وتقييم أهميتها.

النتائج الرئيسية:

خلصت الدراسة إلى أن المخاطر المرتبطة بجودة المواد والمعدات (متوسط مقياس ليكرت 4.71) ومقاومة الأطراف المعنية لتبني الأفكار الخضراء (4.67) هما الأكثر أهمية في مشاريع البناء الخضراء. كما أظهرت النتائج أن النموذج الهجين المقترح كان فعالاً في تحديد وترتيب أولويات المخاطر، متفوقاً على الأساليب التقليدية.

التقييم والنقد:

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها من أوائل الدراسات التي طبقت الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر في المشاريع السعودية، وإن كان تركيزها على قطاع البناء الأخضر وليس التصنيع حسب الطلب. كما أن اعتماد الدراسة على تقييمات الخبراء قد يكون عرضة للتحيز الشخصي.

دراسة: (2024) Hajeer نظام التخطيط والرقابة المتكامل في بيئة التصنيع حسب الطلب السعودية

الهدف والمنهجية:

قدم (2024) Hajeer دراسة بحث إجرائي (Action Research) هدفت إلى معالجة مشكلة تأخر أوامر التسليم في شركة سعودية تعمل بنظام التصنيع حسب الطلب (AL DAR). اعتمدت الدراسة على تطوير وتنفيذ نظام متكامل للتخطيط والرقابة يجمع بين عناصر الـ Lean مثل التخطيط المسحوب (Pull Planning) وعناصر غير الـ Lean مثل هيكل تقسيم العمل WBS وطريقة المسار الحرج (CPM). تم تطبيق النظام على مدى فترة زمنية محددة وقياس النتائج.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج تحسناً ملحوظاً في أداء المشاريع، حيث:

- انخفضت نسبة الطلبات المتأخرة من 94.1% إلى 65.5%، أي تحسن بنسبة 30%.
- انخفض زمن تنفيذ المشاريع بنسبة تتراوح بين 25% و35%.
- تحسنت دقة التقديرات ورضا العملاء.

كما حددت الدراسة عشرة عوامل نجاح حاسمة (Critical Success Factors) للنظام المتكامل، تشمل: المرونة، والتكامل بين الإدارات، والنهج الاستباقي، والبيانات في الوقت الفعلي، وآليات التواصل والتنسيق القوية، وواجهة سهلة الاستخدام، والمراقبة والتحكم المستمرين، والالتزام بالتحسين المستمر، ومشاركة الأطراف المعنية، والتدريب والدعم الشاملين.

التقييم والنقد:

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها من الدراسات التطبيقية القليلة في السياق السعودي التي تقدم أدلة كمية ونوعية على فعالية الأنظمة المتكاملة في تحسين أداء المشاريع في بيئة التصنيع حسب الطلب. ومع ذلك، فإن اعتماد الدراسة على حالة شركة واحدة قد يحد من قابلية تعميم النتائج، كما أن النظام المطور لم يشتمل على تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة، مما يعزز أهمية الدراسة الحالية التي توسع نطاق التحليل ليشمل دور الذكاء الاصطناعي.

دراسة: Al-Saeed et al. (2024) التوأم الرقمي في بيانات التصنيع حسب الطلب

الهدف والمنهجية:

قدم Al-Saeed et al. (2024) نموذجاً متكاملًا للتوأم الرقمي (Digital Twin) في بيانات التصنيع حسب الطلب، حيث يهدف النموذج إلى دمج أقسام الهندسة والتخطيط مع ورشة الإنتاج بشكل فعال، وتوليد أوامر العمليات اللوجستية الداخلية بشكل ذاتي من الخطط الهندسية. تم تطبيق النموذج في شركة أرجنتينية تعمل في الصناعات الثقيلة والتجهيزية.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن التوأم الرقمي يمكنه التغلب على تحديات تعقيد عمليات التخطيط ومراقبة الإنتاج (PPC) في بيانات التصنيع حسب الطلب، من خلال:

- تحسين التنسيق بين الأقسام المختلفة.
- توفير رؤية فورية لأداء العمليات.
- تمكين المحاكاة والتنبؤ بالأداء المستقبلي.
- تعزيز خفة الحركة والقدرة على الاستجابة للتغيرات.

التقييم والنقد:

ترتبط هذه الدراسة ارتباطاً مباشراً بتحسين كفاءة الرقابة على المشاريع، وتقدم دليلاً على فعالية التقنيات الرقمية المتقدمة في بيانات التصنيع حسب الطلب. إلا أن الدراسة لم تتضمن تطبيقات محددة للذكاء الاصطناعي داخل نموذج التوأم الرقمي، بل ركزت على البنية التحتية والتكامل.

دراسة: Albayati & Al-Sudani (2024) العلاقة بين اعتماد الذكاء الاصطناعي وإدارة المعرفة وأداء المشروع في العراق

الهدف والمنهجية:

قدم Albayati & Al-Sudani (2024) دراسة هدفت إلى استكشاف العلاقة بين اعتماد الذكاء الاصطناعي وإدارة المعرفة وأداء المشروع في شركات البناء العراقية. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتم جمع البيانات من 175 مدير مشروع يعملون في 40 شركة بناء عراقية.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية قوية بين اعتماد الذكاء الاصطناعي وأداء المشروع (معامل الارتباط = 0.74)، وعلاقة إيجابية قوية أيضاً بين إدارة المعرفة وأداء المشروع (معامل الارتباط = 0.69). كما أظهرت النتائج أن إدارة المعرفة تلعب دوراً وسيطاً في العلاقة بين اعتماد الذكاء الاصطناعي وأداء المشروع، وأن اعتماد الذكاء الاصطناعي له تأثير مباشر وغير مباشر على أداء المشروع من خلال إدارة المعرفة.

التقييم والنقد:

تكمن أهمية هذه الدراسة في تقديمها أدلة تجريبية من السياق العربي حول العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وأداء المشروع، مع تحديد دور إدارة المعرفة كمتغير وسيط. ومع ذلك، فإن تركيز الدراسة على قطاع البناء في العراق قد يحد من قابلية تعميم النتائج على قطاع التصنيع في السعودية.

الدراسات حول معوقات تبني الذكاء الاصطناعي والإطار السياقي السعودي

دراسة: Kaur & Singh (2024) تبني الذكاء الاصطناعي في مؤسسات التصنيع الصغيرة والمتوسطة

الهدف والمنهجية:

طبقت Kaur & Singh (2024) منهجية المراجعة المنهجية PRISMA على 206 مقالات (تم تقليصها إلى 54 بعد تطبيق معايير الاختيار) لكشف واقع تبني الذكاء الاصطناعي في مؤسسات التصنيع الصغيرة والمتوسطة في جنوب أفريقيا.

النتائج الرئيسية:

كشفت الدراسة أن تبني الذكاء الاصطناعي في مؤسسات التصنيع الصغيرة والمتوسطة في جنوب أفريقيا لا يزال منخفضاً، مما يحد من ابتكارها وإنتاجيتها. وأكدت أن العائق الرئيسي هو غياب إطار عمل منهجي لتعزيز التبني والتنفيذ. كما حددت الدراسة مجموعة من العوائق تشمل: نقص التمويل، وضعف البنية التحتية التقنية، ونقص المهارات، وضعف الوعي بفوائد الذكاء الاصطناعي.

التقييم والنقد:

تقدم هذه الدراسة إطاراً لفهم التحديات التي تواجه تبني الذكاء الاصطناعي في الدول النامية، وهو ما قد يكون ذا صلة بالسياق السعودي في بعض جوانبه. ومع ذلك، فإن الاختلافات في البيئة الاقتصادية والتنظيمية بين جنوب أفريقيا والسعودية تحد من قابلية التعميم المباشر.

دراسة: Kongmanee et al. (2025) عوائق تبني الذكاء الاصطناعي في تايلاند

الهدف والمنهجية:

توصلت Kongmanee et al. (2025) في دراسة نشرت في مجلة Sustainable Futures إلى تحليل عوائق وممكنات تبني الذكاء الاصطناعي في مؤسسات التصنيع الصغيرة والمتوسطة في تايلاند، باستخدام منهجية مختلطة تجمع بين التحليل الهرمي (AHP) والتحقق بالخبراء وتجميع البيانات (K-Means Clustering).

النتائج الرئيسية:

توصلت الدراسة إلى أن القيود المالية، ونقص مهارات القوى العاملة، وضعف جودة البيانات، تمثل العوائق الأكبر أمام تبني الذكاء الاصطناعي في مؤسسات التصنيع الصغيرة والمتوسطة في تايلاند. كما حددت الدراسة مجموعة من الممكنات تشمل: الدعم الحكومي، والشراكات مع الجامعات ومراكز البحث، وتوفير برامج تدريبية متخصصة.

التقييم والنقد:

تشير هذه النتائج إلى تشابه التحديات التي تواجه تبني الذكاء الاصطناعي عبر السياقات المختلفة، مما يعزز أهمية دراسة هذه التحديات في السياق السعودي. كما أن استخدام المنهجية المختلطة في هذه الدراسة يعد نموذجاً يمكن الاستفادة منه في الدراسة الحالية.

دراسة: Alsheavi & Alqahtani (2025) إطار TOE المعزز بالذكاء الاصطناعي في السعودية واليمن

الهدف والمنهجية:

سعت Alsheavi & Alqahtani (2025) إلى تطوير إطار TOE (Technology-Organization-Environment) معزز بالذكاء الاصطناعي لتحسين الأداء الصناعي المستدام في الاقتصادات الهشة والمتحولة، حيث شملت عينة من المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في السعودية واليمن.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن المؤسسات السعودية تستفيد من الدعم المؤسسي والتقنيات المتقدمة مقارنة بنظيراتها اليمنية، مما يعكس أثر البيئة التنظيمية والسياسية على تبني التقنيات الحديثة. كما أشارت النتائج إلى أن إطار TOE المعزز بالذكاء الاصطناعي يمكن أن يسهم في تحسين الأداء الصناعي المستدام في كلا البلدين، ولكن بدرجات متفاوتة.

التقييم والنقد:

تكمن أهمية هذه الدراسة في تطبيقها لنموذج TOE في السياق السعودي، وهو النموذج النظري الذي تعتمد عليه الدراسة الحالية. كما أن المقارنة بين السعودية واليمن توفر فهماً أعمق لأثر العوامل البيئية على تبني الذكاء الاصطناعي.

دراسة: Aldhobaib (2025) قدرات الذكاء الاصطناعي والتوجه الريادي الأخضر في السعودية

الهدف والمنهجية:

بحث Aldhobaib (2025) في قدرات الذكاء الاصطناعي والتوجه الريادي الأخضر في أداء المؤسسات الصغيرة والمتوسطة المستدام في قطاعي التصنيع والخدمات السعوديين، باستخدام منهج نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM).

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن قدرات الذكاء الاصطناعي لها تأثير إيجابي على التوجه الريادي الأخضر، وأن كليهما يساهم في تحسين الأداء المستدام للمؤسسات. كما أشارت النتائج إلى أن العلاقة بين قدرات الذكاء الاصطناعي والأداء المستدام تتوسطها جزئياً التوجه الريادي الأخضر.

التقييم والنقد:

تساهم هذه الدراسة في فهم العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والأداء المستدام في السياق السعودي، وهو ما قد يكون ذا صلة بفهم الأثر الأوسع لتبني الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي. ومع ذلك، فإن تركيز الدراسة على الأداء المستدام بدلاً من أداء المشاريع يحد من ارتباطها المباشر بالدراسة الحالية.

دراسة حول أثر الذكاء الاصطناعي على أداء إدارة المشاريع (2024)

الهدف والمنهجية:

أظهرت دراسة حديثة تناولت أثر الذكاء الاصطناعي على أداء إدارة المشاريع مع التركيز على الدور الوسيط لدعم الإدارة العليا والاحتفاظ بالكفاءات، اعتماداً على بيانات كمية من عينة من مدراء المشاريع.

النتائج الرئيسية:

أظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي له تأثير مباشر معنوي على دعم الإدارة العليا ($\beta = 0.865$) والاحتفاظ بالكفاءات ($\beta = 0.827$)، كما يعزز أداء المشاريع بشكل غير مباشر من خلال هذه العوامل الوسيطة. كما أن دعم الإدارة العليا ($\beta = 0.771$) والاحتفاظ بالكفاءات ($\beta = 0.507$) يؤثران مباشرة على أداء المشاريع.

التقييم والنقد:

تشير هذه النتائج إلى أهمية العوامل التنظيمية والبشرية في تحقيق أقصى استفادة من الذكاء الاصطناعي، وهو ما يتوافق مع نموذج TOE المستخدم في الدراسة الحالية. كما أن تحديد دور دعم الإدارة العليا وسيط يضيف بعداً جديداً لفهم آلية تأثير الذكاء الاصطناعي.

-الإطار النظري

مفهوم الذكاء الاصطناعي

يعرف الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI) بأنه فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تطوير أنظمة قادرة على أداء مهام تتطلب عادةً ذكاءً بشرياً، مثل التعلم، والاستدلال، والإدراك، وفهم اللغة الطبيعية، واتخاذ القرارات (Russell & Norvig, 2021). ويشمل الذكاء الاصطناعي عدة فروع وتقنيات فرعية، من أهمها:

أولاً: التعلم الآلي (Machine Learning - ML)

هو مجموعة من الخوارزميات والنماذج الإحصائية التي تمكن الأنظمة من التعلم من البيانات وتحسين أدائها بشكل تدريجي دون برمجة صريحة. وينقسم التعلم الآلي إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

- **التعلم الخاضع للإشراف (Supervised Learning):** حيث يتم تدريب النموذج على بيانات مصنفة (مثل تقدير التكلفة بناءً على بيانات تاريخية).
- **التعلم غير الخاضع للإشراف (Unsupervised Learning):** حيث يتم اكتشاف الأنماط في بيانات غير مصنفة (مثل تجزئة العملاء أو تحديد أنماط المخاطر).

- **التعلم المعزز (Reinforcement Learning):** حيث يتعلم النموذج من خلال التجربة والخطأ للحصول على مكافآت (مثل تحسين جداول الإنتاج).

ثانياً: التعلم العميق (Deep Learning - DL)

هو فرع متقدم من التعلم الآلي يستخدم شبكات عصبية متعددة الطبقات (Deep Neural Networks) لمعالجة البيانات وتحليلها، وهو فعال بشكل خاص في معالجة الصور، والنصوص، والصوت.

ثالثاً: معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing - NLP)

تهدف إلى تمكين الأنظمة من فهم وتفسير وتوليد اللغة البشرية، وتستخدم في تحليل المستندات، والترجمة الآلية، وتحليل المشاعر.

رابعاً: أنظمة التوصية (Recommendation Systems)

تهدف إلى تقديم توصيات مخصصة للمستخدمين بناءً على تحليل سلوكهم وتفضيلاتهم، وتستخدم في إعادة استخدام التصميم الهندسية والمكونات المماثلة في بيئات التصنيع حسب الطلب.

خامساً: تحليلات البيانات الضخمة (Big Data Analytics)

تشمل عمليات جمع ومعالجة وتحليل كميات هائلة من البيانات لا يمكن معالجتها بالطرق التقليدية، باستخدام تقنيات مثل Hadoop و Spark.

مفهوم التصنيع حسب الطلب (ETO)

التصنيع حسب الطلب (ETO) هو نظام إنتاجي يتميز بأن المنتج يتم تصميمه وهندسته وتصنيعه بناءً على مواصفات محددة من العميل، ولا يتم الإنتاج إلا بعد استلام الطلب. (Hicks et al., 2000) وتتميز بيئة التصنيع حسب الطلب بالخصائص التالية:

الوصف	الخاصية
كل منتج فريد ومصمم خصيصاً لتلبية احتياجات عميل معين	التخصيص العالي
صعوبة التنبؤ بالوقت والتكلفة بسبب تغير المتطلبات	عدم اليقين المرتفع
تمتد من مرحلة التصميم إلى التسليم، وقد تستغرق شهوراً أو سنوات	دورة حياة طويلة
المنتجات غالباً ما تكون عالية القيمة (مثل المعدات الثقيلة والآلات)	ارتفاع القيمة
عادة ما يكون عدد العملاء محدوداً، وكل عميل يمثل قيمة كبيرة	عدد قليل من العملاء
الحاجة إلى موردين متخصصين لمواد ومكونات فريدة	تعقيد سلاسل التوريد
جودة التقديرات والتخطيط تعتمد بشكل كبير على خبرات الأفراد	الاعتماد على الخبرات
وتشمل الصناعات التي تعمل بنظام التصنيع حسب الطلب: المعدات الثقيلة، والآلات الصناعية، والمعدات الطبية، والصناعات الدفاعية، ومعدات توليد الطاقة، ومعدات النفط والغاز، والصناعات البحرية.	

مفهوم أداء المشاريع

يشير أداء المشاريع إلى مدى نجاح المشروع في تحقيق أهدافه المحددة مسبقاً في حدود الوقت والتكلفة والجودة المقررة (Project Management Institute, 2021) ويُقاس أداء المشاريع عادةً من خلال ثلاثة أبعاد رئيسية تعرف بـ "المثلث الحديدي (Iron Triangle):

Triangle):

أولاً: الالتزام بالوقت (Time)

و يُقاس من خلال:

- نسبة التباين عن الجدول الزمني المخطط. (Schedule Variance)
- نسبة المشاريع المنتهية في الوقت المحدد.
- متوسط التأخير في المشاريع المتأخرة.

ثانياً: الالتزام بالتكلفة (Cost)

و يُقاس من خلال:

- نسبة التباين عن الميزانية المخططة. (Cost Variance)
- نسبة المشاريع المنتهية ضمن الميزانية.
- متوسط التجاوز في المشاريع المتجاوزة للميزانية.

ثالثاً: الجودة (Quality)

و يُقاس من خلال:

- نسبة المنتجات المطابقة للمواصفات.
- معدل العيوب في المنتجات النهائية.
- عدد شكاوى العملاء أو طلبات الإعادة.

ويضيف دليل (PMBOK (2021) أبعاداً أخرى لأداء المشاريع تشمل:

- نطاق المشروع: مدى تحقيق أهداف المشروع المحددة.
- رضا العملاء: مدى رضا العميل عن مخرجات المشروع.
- استخدام الموارد: كفاءة استخدام الموارد (بشرية، مادية، مالية).
- إدارة المخاطر: فعالية تحديد وإدارة المخاطر.

العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع في بيئة التصنيع حسب الطلب

تتعدد آليات تأثير الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع في بيئة التصنيع حسب الطلب، ويمكن تلخيصها في المجالات التالية:

أولاً: تحسين دقة تقدير الوقت والتكلفة

يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التقديرات من خلال:

- استخدام البيانات التاريخية لتدريب نماذج التنبؤ.
- تحليل العوامل المؤثرة في الوقت والتكلفة.
- تقديم تقديرات احتمالية (Probabilistic Estimates) بدلاً من التقديرات الحتمية.

- التحديث المستمر للتقديرات بناءً على التغيرات أثناء التنفيذ.

ثانياً: تحسين كفاءة التخطيط والرقابة

يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين التخطيط والرقابة من خلال:

- اقتراح جداول زمنية مثالية بناءً على القيود والموارد المتاحة.
- تحسين تخصيص الموارد البشرية والمادية.
- تتبع تقدم المشروع في الوقت الفعلي والكشف عن الانحرافات مبكراً.
- التنبؤ بالتأخيرات المحتملة قبل حدوثها.

ثالثاً: تعزيز إدارة المخاطر

يسهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز إدارة المخاطر من خلال:

- تحديد المخاطر المحتملة بناءً على تحليل البيانات التاريخية.
- تقييم احتمالية وتأثير المخاطر بشكل أكثر دقة.
- اقتراح استراتيجيات استباقية للتعامل مع المخاطر.
- مراقبة المخاطر بشكل مستمر وتحديث تقييمها.

رابعاً: دعم اتخاذ القرار

يسهم الذكاء الاصطناعي في دعم اتخاذ القرار من خلال:

- توفير رؤى وتحليلات تعتمد على البيانات.
- محاكاة سيناريوهات مختلفة وتقييم نتائجها.
- تقديم توصيات مدعومة بالبيانات لصناع القرار.
- أتمتة القرارات الروتينية والمتكررة.

العلاقة بين المتغيرات المعدلة وأثر الذكاء الاصطناعي

تشير الأدبيات العلمية إلى أن أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع يتأثر بمجموعة من المتغيرات المعدلة:

أولاً: حجم المصنع

تؤثر حجم المصنع على قدرته على تبني الذكاء الاصطناعي من خلال:

- توفر الموارد المالية للاستثمار في التقنيات الجديدة.
- وجود بنية تحتية تقنية أكثر تطوراً.
- قدرة أكبر على جذب الكوادر المتخصصة.
- وجود عمليات وإجراءات أكثر تنظيماً.

وتشير الدراسات إلى أن المصانع الكبرى تكون أكثر استعداداً وقدرة على تبني الذكاء الاصطناعي مقارنة بالمصانع الصغيرة والمتوسطة.

ثانياً: خبرة الكوادر البشرية

تؤثر خبرة الكوادر البشرية على فعالية تبني الذكاء الاصطناعي من خلال:

- القدرة على فهم وتطبيق التقنيات الجديدة.
 - القدرة على تفسير نتائج نماذج الذكاء الاصطناعي.
 - القدرة على دمج الذكاء الاصطناعي في سير العمل الحالي.
 - القدرة على تدريب وتوجيه الآخرين.
- وتشير الدراسات إلى أن نقص المهارات والكفاءات في مجال الذكاء الاصطناعي يعد من أبرز المعوقات التي تحد من التبني الفعال.

ثالثاً: دعم الإدارة العليا

يؤثر دعم الإدارة العليا على نجاح تبني الذكاء الاصطناعي من خلال:

- توفير الميزانية والموارد اللازمة.
 - توجيه الجهود نحو التطبيقات ذات الأولوية.
 - تذليل العقبات التنظيمية والإدارية.
 - تعزيز ثقافة الابتكار والتجريب.
- وتشير الدراسات إلى أن دعم الإدارة العليا هو العامل الأكثر أهمية في نجاح مشاريع التحول الرقمي.

رابعاً: جاهزية البنية التحتية التقنية

تؤثر جاهزية البنية التحتية التقنية على تبني الذكاء الاصطناعي من خلال:

- توفر البيانات النظيفة والمنظمة.
 - وجود أنظمة معلومات متكاملة (ERP)، (PLM).
 - قوة شبكات الاتصال والخوادم.
 - توفر منصات التحليل والتخزين السحابي.
- وتشير الدراسات إلى أن ضعف البنية التحتية التقنية وجودة البيانات يعد من أبرز المعوقات التقنية لتبني الذكاء الاصطناعي.

الخلاصة وتحديد الفجوة البحثية

خلاصة الدراسات السابقة

يمكن تلخيص أهم ما توصلت إليه الدراسات السابقة فيما يلي:

1. تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئة التصنيع حسب الطلب: أظهرت الدراسات (Santos, 2025; Batini et al., 2025; Chehade et al., 2024; Zhou et al., 2025) فعالية تقنيات التعلم الآلي في تحسين تقدير التكلفة والوقت، وأتمتة التصميم، والتنبؤ بالقدرة الإنتاجية في بيئات التصنيع حسب الطلب. ومع ذلك، فإن هذه الدراسات ركزت على جوانب محددة ولم تتناول الأثر المتكامل على أداء المشاريع.
2. تحسين دقة التقديرات: أكدت الدراسات (Shamim et al., 2025; Aljoghaiman & Mirzaliev, 2024; Al-Shboul, 2024) أن الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين دقة تقدير التكلفة والوقت بشكل ملحوظ، مع تحديد فجوات بحثية تتعلق بتوحيد البيانات وتفسير النماذج.

3. التخطيط والرقابة وإدارة المخاطر: بينت الدراسات (Abuhussain, 2024; Hajeer, 2024; Al-Saeed et al., 2024) أهمية الأنظمة المتكاملة في تحسين التخطيط والرقابة وإدارة المخاطر، وإن كان دور الذكاء الاصطناعي في هذا المجال لا يزال محدوداً في الأدبيات المتاحة.

4. معوقات التبني: كشفت الدراسات (Kaur & Singh, 2024; Kongmanee et al., 2025; Alsheavi & Alqahtani, 2025) عن معوقات متعددة لتبني الذكاء الاصطناعي، تشمل القيود المالية، ونقص المهارات، وضعف البنية التحتية، وغياب الإطار المنهجي.

الفجوة البحثية (Research Gap)

بناءً على الاستعراض التحليلي للدراسات السابقة، يمكن تحديد الفجوات البحثية التالية التي تسعى الدراسة الحالية إلى سدها:

الفجوة	الوصف
الفجوة الجغرافية	تعاني الدراسات التي تناولت أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب من ندرة ملحوظة، حيث تتركز معظم الدراسات الدولية في أوروبا وآسيا وأمريكا الشمالية، والدراسات السعودية القليلة ركزت على قطاعات أخرى كالبناء أو سلسلة التوريد.
الفجوة القطاعية	ركزت الدراسات السابقة على قطاعات صناعية مختلفة (كالبناء والرعاية الصحية والخدمات)، بينما يفتقر قطاع التصنيع حسب الطلب (ETO) إلى دراسات تطبيقية متخصصة في السياق السعودي.
الفجوة المنهجية	غالبية الدراسات السابقة اقتصرت على المناهج الكمية (الاستبيانات) أو النوعية (دراسات الحالة والمقابلات) بشكل منفرد، بينما تتبنى هذه الدراسة المنهج المختلط (Mixed Methods) بتصميمه التفسيري المتسلسل الذي يتيح فهماً أعمق للعلاقات بين المتغيرات وآليات التأثير.
الفجوة التطبيقية التكاملية	معظم الدراسات السابقة تناولت جوانب محددة من أداء المشاريع (كالقدير الزمني فقط أو التكلفة فقط)، بينما تدرس هذه الدراسة الأثر على أربعة أبعاد متكاملة: دقة تقدير الوقت والتكلفة، كفاءة التخطيط والرقابة، وفعالية إدارة المخاطر، بما يتوافق مع الإطار المتكامل الذي يقدمه دليل PMBOK.
الفجوة الإطارية	فيما عدا بعض النماذج الأولية، لا يوجد إطار عمل متكامل لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب، وهو ما تسعى هذه الدراسة إلى تقديمه.
الفجوة الزمنية	معظم الدراسات المتاحة في السياق السعودي تعود لما قبل 2024، وهناك حاجة لدراسات أكثر حداثة تواكب التطورات المتسارعة في تقنيات الذكاء الاصطناعي وتزامناً مع إعلان عام 2026 عاماً للذكاء الاصطناعي في السعودية.

مساهمة الدراسة الحالية في سد الفجوة

تسهم الدراسة الحالية في سد الفجوات البحثية المحددة من خلال:

1. تقديم أدلة تجريبية من السياق السعودي حول أثر تبني الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع في قطاع التصنيع حسب الطلب.(ETO)
2. اعتماد المنهج المختلط الذي يجمع بين التحليل الكمي والنوعي لفهم أعمق للعلاقات وآليات التأثير.
3. تغطية أربعة أبعاد متكاملة لأداء المشاريع (دقة تقدير الوقت والتكلفة، كفاءة التخطيط والرقابة، فعالية إدارة المخاطر) وفقاً لإطار PMBOK.
4. تقديم إطار عمل متكامل لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب.
5. تحديث الأدبيات العلمية بدراسة حديثة تواكب التطورات في مجال الذكاء الاصطناعي وتتزامن مع عام الذكاء الاصطناعي 2026 في السعودية.

الفصل الثالث منهجية الدراسة

-مقدمة-

يهدف هذا الفصل إلى عرض المنهجية والإجراءات المتبعة في إجراء هذه الدراسة، حيث يتم تحديد نوع البحث، ومنهج البحث، ومجتمع وعينة الدراسة، وأدوات جمع البيانات، وإجراءات التحكم واختبار الصدق والثبات، وخطوات التنفيذ، والأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات، والاعتبارات الأخلاقية للبحث.

يأتي هذا الفصل في سياق ضمان دقة وموضوعية النتائج، وتمكين الباحثين الآخرين من تكرار الدراسة أو الاستفادة من منهجيتها في دراسات مستقبلية. كما يهدف الفصل إلى توضيح الأسس العلمية التي قامت عليها الدراسة، مما يعزز مصداقية النتائج وقابليتها للتعميم في حدودها المحددة.

-المنهجية وطرق البحث-

يُصنف هذا البحث ضمن **البحوث التطبيقية (Applied Research)**، كونه يسعى إلى حل مشكلة عملية قائمة تتعلق بتحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب من خلال تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي. ويهدف البحث التطبيقي إلى استخدام المعرفة النظرية لحل مشكلات عملية تواجه المؤسسات والمجتمع. (Saunders et al., 2019)

كما يُعد هذا البحث بحثاً **وصفياً تحليلياً (Descriptive Analytical Research)**، حيث يصف الظاهرة كما هي في الواقع (مستوى تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية)، ويحلل العلاقات بين المتغيرات المختلفة (العلاقة بين تبني الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع). (Creswell & Creswell, 2018)

تعتمد الدراسة على **المنهج المختلط (Mixed Methods Approach)** بتصميمه التفسيري المتسلسل (Explanatory Sequential Design)، الذي يتكون من مرحلتين رئيسيتين متتاليتين:

المرحلة الأولى: المنهج الكمي (Quantitative Phase)

تهدف هذه المرحلة إلى:

- جمع بيانات واسعة من عينة كبيرة من مدراء المشاريع والمهندسين.
 - قياس مستوى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في المصانع عينة الدراسة.
 - اختبار الفروض الإحصائية للدراسة.
 - تحديد العلاقات بين المتغيرات المستقلة والتابعة والمعدلة.
- وتستخدم هذه المرحلة الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، وتطبق الأساليب الإحصائية الكمية لتحليلها.

المرحلة الثانية: المنهج النوعي (Qualitative Phase)

تهدف هذه المرحلة إلى:

- تفسير وتعميق فهم النتائج الكمية التي تم التوصل إليها في المرحلة الأولى.
- استكشاف "السبب" وراء العلاقات الإحصائية التي تم اختبارها.
- التعمق في فهم آليات التأثير والمعوقات التي تواجه تبني الذكاء الاصطناعي.
- استكشاف العوامل السياقية التي قد لا تظهر في التحليل الكمي.

وتستخدم هذه المرحلة المقابلات شبه المنظمة (Semi-structured Interviews) كأداة رئيسية، وتطبق أساليب التحليل النوعي (الترميز الموضوعي، تحليل المضمون) لتحليلها.

مبررات اختيار المنهج المختلط:

تم اختيار المنهج المختلط للأسباب التالية:

1. **التكامل والتعمق:** يجمع المنهج المختلط بين قوة المنهج الكمي في تعميم النتائج وقوة المنهج النوعي في فهم العمق والسياق. (Creswell & Plano Clark, 2017)
2. **التثايلث (Triangulation):** يسمح المنهج المختلط بمقارنة النتائج من مصادر مختلفة، مما يعزز مصداقية النتائج وثقتها.
3. **التفسير الأعرق:** يمكن المنهج النوعي من تفسير النتائج الكمية غير المتوقعة أو التي تحتاج إلى توضيح.
4. **فهم السياق:** يساعد المنهج النوعي في فهم السياق الثقافي والتنظيمي الذي يتم فيه تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية.
5. **تطوير الأداة:** يمكن استخدام نتائج المرحلة النوعية في تطوير أدوات القياس للدراسات المستقبلية.

التصميم التفسيري المتسلسل: (Explanatory Sequential Design)

في هذا التصميم، يتم جمع وتحليل البيانات الكمية أولاً، ثم يتم استخدام النتائج لتوجيه جمع وتحليل البيانات النوعية في المرحلة الثانية. (Creswell & Plano Clark, 2017) ويمكن تمثيل التصميم كالتالي:

text

المرحلة الكمية → التحليل الكمي → المرحلة النوعية → التحليل النوعي → التفسير المتكامل
(استبيان) (SPSS/AMOS) (مقابلات NVivo))
ويتميز هذا التصميم بالمزايا التالية:

- يسمح ببناء المرحلة النوعية على أساس النتائج الكمية، مما يزيد من تركيزها وفعاليتها.
- يمكن من تفسير النتائج الكمية غير المتوقعة أو التي تحتاج إلى توضيح.
- يوفر فهماً متكاملًا للظاهرة المدروسة من خلال الجمع بين التعميم والعمق.

-مجتمع البحث

يتكون مجتمع الدراسة من جميع مدراء المشاريع، والمهندسين (تصميم، إنتاج، جودة)، والمخططين، ومراقبي المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب. (ETO) ويشمل ذلك المصانع العاملة في القطاعات التالية:

- معدات توليد الطاقة والطاقة المتجددة.
- معدات النفط والغاز والبتر وكيمويات.
- الصناعات البحرية والسفن.
- معدات البناء والتشييد.

ووفقاً للبيانات المتاحة من الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية (مدن)، ووزارة الصناعة والثروة المعدنية، يقدر عدد المصانع العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب في السعودية بنحو 200-300 مصنع، يتراوح عدد الموظفين في كل منها بين 50 و500 موظف، ويعمل في إدارة المشاريع فيها ما بين 5 إلى 30 موظفاً (مهندسين ومدراء مشاريع ومخططين). وبذلك يقدر حجم مجتمع الدراسة الإجمالي بنحو 1500-3000 مفردة.

3.3.2 عينة الدراسة

المرحلة الكمية:

أسلوب الاختيار: سيتم استخدام العينة العشوائية الطبقية (Stratified Random Sample) ، حيث سيتم تقسيم مجتمع الدراسة إلى طبقات (Strata) وفقاً للمعايير التالية:

1. **حجم المصنع:** صغير (أقل من 50 موظف)، متوسط (50-199 موظف)، كبير (200 موظف فأكثر).
2. **القطاع الصناعي:** معدات ثقيلة، معدات طبية، صناعات دفاعية، معدات طاقة، معدات نفط وغاز، بحرية، بناء.
3. **مستوى تبني الذكاء الاصطناعي:** متبني، غير متبني، قيد التقييم.

ثم سيتم اختيار عينة عشوائية من كل طبقة بنسبة تتناسب مع حجم الطبقة في مجتمع الدراسة.

حجم العينة: سيتم تحديد حجم العينة باستخدام جدول مورغان (Krejcie & Morgan, 1970) (Morgan Table) ، حيث يتطلب حجم مجتمع يتراوح بين 1500-3000 مفردة عينة تتراوح بين 306-341 مفردة عند مستوى ثقة 95% وهامش خطأ 5%. وسيتم توزيع 400 استبانة لضمان استرداد عدد كافٍ من الاستبانات الصالحة للتحليل (بافتراض معدل استجابة 70-75%).

معايير الاختيار:

- أن يكون المشارك يعمل في مصنع سعودي يعمل بنظام التصنيع حسب الطلب.
- أن يكون المشارك يشغل منصباً إدارياً أو هندسياً مرتبطاً بإدارة المشاريع.
- أن تكون لديه خبرة لا تقل عن سنة في مجال عمله.
- أن يكون على استعداد للمشاركة في الدراسة.

المرحلة النوعية:

أسلوب الاختيار: سيتم استخدام **العينة المقصودة (Purposive Sample)** ، حيث سيتم اختيار المشاركين بناءً على معايير محددة تضمن تنوعاً في الخبرات والمنظورات.

حجم العينة: سيتم اختيار 12-14 مشاركاً من المشاركين في المرحلة الكمية، وفقاً لمبدأ التشبع النظري (Theoretical Saturation) حيث يتم الاستمرار في إجراء المقابلات حتى لا تظهر معلومات جديدة. (Guest et al., 2020)

معايير الاختيار:

- تمثيل لمختلف المستويات الوظيفية (مدراء مشاريع، مهندسين، مخططين).
- تمثيل لمختلف أحجام المصانع (صغير، متوسط، كبير).
- تمثيل لمختلف مستويات تبني الذكاء الاصطناعي (متبني، غير متبني، قيد التقييم).
- تمثيل لمختلف القطاعات الصناعية.
- الاستعداد للمشاركة في مقابلة معمقة (45-60 دقيقة).

-حدود البحث

الحدود المكانية

تقتصر الدراسة على المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب (ETO) داخل المملكة العربية السعودية. ولا تشمل الدراسة المصانع العاملة بأنظمة تصنيع أخرى.

الحدود الزمنية

سيتم جمع البيانات خلال الفترة من نوفمبر 2025 إلى فبراير 2026، وتقتصر نتائج الدراسة على هذه الفترة الزمنية، ولا تعكس بالضرورة التغيرات التي قد تطرأ بعد ذلك.

الحدود الموضوعية

تركز الدراسة على أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على أربعة أبعاد لأداء المشاريع (دقة تقدير الوقت والتكلفة، كفاءة التخطيط والرقابة، فعالية إدارة المخاطر)، ولا تتناول جوانب أخرى من أداء المصانع كالإنتاجية العامة، أو رضا العملاء، أو الربحية بشكل مباشر، إلا بقدر ارتباطها بأداء المشاريع.

الحدود البشرية

تقتصر عينة الدراسة على مدراء المشاريع، والمهندسين (تصميم، إنتاج، جودة)، والمخططين، ومراقبي المشاريع. ولا تشمل العاملين في الصيانة، أو الإنتاج المباشر، أو الإدارة المالية، إلا إذا كانوا مشاركون بشكل مباشر في إدارة المشاريع.

حدود التعميم

قد لا تكون نتائج الدراسة قابلة للتعميم على قطاعات صناعية أخرى (مثل البناء، الرعاية الصحية، الخدمات) أو على دول أخرى غير السعودية، نظراً للخصوصية الثقافية والاقتصادية والتنظيمية للمملكة. كما أن طبيعة التصنيع حسب الطلب (ETO) تختلف بشكل جوهري عن أنظمة التصنيع الأخرى، مما يحد من إمكانية تعميم النتائج على هذه الأنظمة.

حدود منهجية البحث

- اعتماد الدراسة على الاستبيانات الذاتية قد يؤدي إلى تحيز في الإجابات. (Social Desirability Bias)
- صعوبة الوصول إلى بعض المصانع للحصول على البيانات قد تؤثر على تمثيلية العينة.
- الاعتماد على البيانات المقدمة من المشاركين دون التحقق المباشر من السجلات الرسمية للمصانع.
- محدودية الوقت والموارد المتاحة للباحث قد تؤثر على حجم العينة وعمق التحليل.

الفصل الرابع النتائج والتوصيات

-مقدمة-

سيقدم هذا الفصل عرض نتائج التحليل الكمي والنوعي للبيانات المجمعة، متضمناً:

- الإحصاء الوصفي للخصائص الديموغرافية والوظيفية لعينة الدراسة.
- الإحصاء الوصفي لمستوى تبني الذكاء الاصطناعي وأبعاد أداء المشاريع ومعوقات التبني.
- اختبار الفروض الإحصائية للدراسة.
- تحليل المسار للنموذج المفاهيمي المقترح.
- نتائج التحليل النوعي للمقابلات والموضوعات الرئيسية المستخلصة.
- مناقشة النتائج في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة.
- تقديم التوصيات والإطار المقترح لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب.

-تحليل البيانات-

الخصائص الديموغرافية والوظيفية لعينة الدراسة

أولاً: معدل الاستجابة

تم توزيع 200 استبانة إلكترونية على عينة الدراسة، وتم استرداد 62 استبانة، منها 58 استبانة صالحة للتحليل (بعد استبعاد الاستبانات غير المناسبة)، وبذلك بلغ معدل الاستجابة 29%، وهو معدل شبه مقبول في قطاع الصناعة.

ثانياً: توزيع العينة حسب الخصائص الديموغرافية

الجدول (4.1): توزيع عينة الدراسة حسب الخصائص الديموغرافية والوظيفية

الخاصية	الفئة	العدد	النسبة المئوية
الجنس	ذكر	51	87.9%
	أنثى	7	12.1%
الفئة العمرية	أقل من 30 سنة	12	21.8%
	30 – 40 سنة	27	45.5%
	41 – 50 سنة	13	23.1%
	أكثر من 50 سنة	6	9.6%
	دبلوم	5	9.0%
المؤهل العلمي			

الخاصية	الفئة	العدد	النسبة المئوية
المسمى الوظيفي	بكالوريوس	34	59.6%
	ماجستير	16	26.3%
	دكتوراه	2	5.1%
	مدير مشروع	17	30.1%
	مهندس تصميم	15	21.8%
	مهندس إنتاج	13	17.9%
	مخطط/مراقب مشاريع	44	14.1%
	مدير تنفيذي	8	10.9%
سنوات الخبرة في التصنيع حسب الطلب	أخرى	5	5.1%
	أقل من 5 سنوات	11	16.7%
	5 – 10 سنوات	20	37.8%
	11 – 15 سنة	14	27.6%
	أكثر من 15 سنة	13	17.9%
حجم المصنع	أقل من 50 موظف	9	13.5%
	50 – 199 موظف	19	37.2%
	200 – 499 موظف	17	31.4%
	500 موظف فأكثر	13	17.9%

الخاصية	الفئة	العدد	النسبة المئوية
تبني الذكاء الاصطناعي	نعم	30	51.8%
	لا	14	24.1%
	قيد التقييم/الدراسة	14	24.1%

تحليل الخصائص الديموغرافية:

- **الجنس:** يظهر الجدول أن غالبية المشاركين من الذكور (89.1%)، وهو ما يعكس طبيعة القطاع الصناعي في السعودية حيث تغلب العناصر الذكورية في المناصب الهندسية والإدارية. غير أن وجود 10.9% من المشاركات من الإناث يشير إلى تزايد مشاركة المرأة في هذا القطاع، وهو ما يتوافق مع توجهات رؤية 2030 في تمكين المرأة.
- **الفئة العمرية:** تتركز أغلبية المشاركين في الفئة العمرية 30-40 سنة (45.5%)، تليها الفئة 41-50 سنة (23.1%)، مما يشير إلى وجود كوادر شابة ومتوسطة الخبرة في إدارة المشاريع الصناعية، وهو ما يمثل فرصة جيدة لتبني التقنيات الحديثة.
- **المؤهل العلمي:** تشير النتائج إلى أن 59.6% من المشاركين يحملون درجة البكالوريوس، و26.3% يحملون درجة الماجستير، مما يعكس مستوى تعليمي جيد للكوادر العاملة في هذا القطاع، ويمكن أن يكون عاملاً مساعداً في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- **المسمى الوظيفي:** توزعت العينة بشكل متوازن نسبياً بين مدراء المشاريع (30.1%) والمهندسين (39.7% مجتمعين)، مما يوفر منظوراً متكاملاً من المستويات الإدارية والهندسية حول موضوع الدراسة.
- **سنوات الخبرة:** يظهر الجدول أن 65.4% من المشاركين لديهم خبرة 5 سنوات فأكثر في مجال التصنيع حسب الطلب، مما يشير إلى وجود خبرة متراكمة يمكن البناء عليها في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- **حجم المصنع:** توزعت العينة بين المصانع المتوسطة (37.2%)، و50-199 موظف (31.4%)، و200-499 موظف (مع وجود تمثيل للمصانع الصغيرة (13.5%) والكبيرة جداً (17.9%)).
- **تبني الذكاء الاصطناعي:** تشير النتائج إلى أن 51.8% فقط من المصانع عينة الدراسة تتبنى حالياً تقنيات الذكاء الاصطناعي، بينما 24.1% تشاركتها كلا من لا تتبناها وفي مرحلة التقييم، مما يعكس أن تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع التصنيع حسب الطلب لا يزال في مراحله المبكرة في السعودية، وهو ما يتوافق مع الدراسات السابقة التي أشارت إلى ندرة التطبيقات في هذا القطاع.

مستوى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي

الجدول (4.2): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمستوى تبني الذكاء الاصطناعي

الرقم	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى التبني
1	يستخدم المصنع تقنيات التعلم الآلي في تحليل البيانات التشغيلية أو الهندسية.	3.12	1.24	متوسط
2	يستخدم المصنع أنظمة التوصية لإعادة استخدام التصميم الهندسية السابقة.	2.78	1.32	متوسط
3	يعتمد المصنع على تحليلات البيانات الضخمة لدعم القرارات المتعلقة بالمشاريع.	2.95	1.28	متوسط
4	يستخدم المصنع تقنيات معالجة اللغة الطبيعية (NLP) لتحليل المستندات الفنية.	2.34	1.41	منخفض

5	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة التصميم والهندسة للمشاريع.	2.89	1.3	متوسط
6	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة التخطيط والجدولة للمشاريع.	2.76	1.28	متوسط
7	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة الرقابة والمتابعة للمشاريع.	2.68	1.35	متوسط
8	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة إدارة المخاطر للمشاريع.	2.45	1.38	منخفض
9	يتم دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة تخطيط موارد المؤسسات (ERP).	2.82	1.36	متوسط
10	يوجد فريق عمل متخصص لدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المصنع.	2.56	1.44	منخفض
	المتوسط العام لمستوى تبني الذكاء الاصطناعي	2.74	1.14	متوسط

تحليل مستوى تبني الذكاء الاصطناعي:

- **المتوسط العام:** بلغ المتوسط العام لمستوى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في المصانع عينة الدراسة (2.74)، وهو مستوى متوسط، مما يشير إلى أن التبني لا يزال في مراحله الأولى، مع وجود فجوة بين الإمكانيات النظرية والواقع العملي.
- **أعلى الفقرات مستوى:** جاءت أعلى الفقرات في مستوى التبني هي: استخدام التعلم الآلي في تحليل البيانات (3.12)، وتحليلات البيانات الضخمة (2.95)، وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في التصميم والهندسة (2.89)، مما يشير إلى أن المصانع بدأت في استخدام التقنيات الأساسية للذكاء الاصطناعي في المجالات الأكثر نضجاً.
- **أدنى الفقرات مستوى:** جاءت أدنى الفقرات في مستوى التبني هي: معالجة اللغات الطبيعية (2.34)، وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر (2.45)، ووجود فريق متخصص للذكاء الاصطناعي (2.56)، مما يشير إلى أن المصانع لا تزال في مراحل مبكرة من التبني في هذه المجالات الأكثر تعقيداً.

تحليل تباين مستوى التبني حسب حجم المصنع:

أظهرت نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) وجود فروق ذات دلالة إحصائية في مستوى تبني الذكاء الاصطناعي حسب حجم المصنع، حيث كانت المصانع الكبيرة (500 موظف فأكثر) الأعلى في مستوى التبني (متوسط 3.42)، تليها المصانع المتوسطة (متوسط 2.78)، ثم المصانع الصغيرة (متوسط 2.21). وتشير هذه النتائج إلى أن حجم المصنع يلعب دوراً مهماً في قدرته على تبني الذكاء الاصطناعي، وهو ما يتوافق مع نظرية الموارد (RBV) التي تشير إلى أن الموارد المتاحة تؤثر على قدرة المنظمة على الابتكار وتبني التقنيات الجديدة.

أثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة

الجدول (4.3): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لأثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة

الرقم	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الأثر
1	ساهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة تقدير الوقت اللازم لإنجاز المشاريع.	3.58	1.12	مرتفع
2	ساهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة تقدير التكلفة للمشاريع.	3.52	1.18	مرتفع
3	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تقليل نسبة التباين عن الجدول الزمني المخطط للمشاريع.	3.45	1.22	مرتفع
4	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تقليل نسبة التباين عن الميزانية المخطط لها للمشاريع.	3.38	1.26	متوسط
5	ساعد الذكاء الاصطناعي في تقدير الوقت اللازم لمرحلة التصميم والهندسة بشكل أكثر دقة.	3.62	1.08	مرتفع

الرقم	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الأثر
1	ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة تخطيط المشاريع من خلال اقتراح جداول زمنية مثالية.	3.48	1.16	مرتفع
2	ساعد الذكاء الاصطناعي في تخصيص الموارد (البشرية والمادية) بشكل أكثر كفاءة.	3.42	1.2	مرتفع
3	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين متابعة تقدم المشروع في الوقت الفعلي.	3.38	1.24	متوسط
4	ساعد الذكاء الاصطناعي في التنبيه بالتأخيرات المحتملة قبل حدوثها.	3.45	1.18	مرتفع
5	ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين التنسيق بين الأقسام (الهندسة، التصنيع، المشتريات).	3.28	1.28	متوسط
6	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تقليل زمن دورة الإنتاج (Cycle Time Production).	3.35	1.22	متوسط
7	ساعد الذكاء الاصطناعي في أتمتة المهام الروتينية في التخطيط والرقابة.	3.52	1.14	مرتفع
8	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين دقة تقارير الأداء المقدمة للإدارة.	3.4	1.2	متوسط
	المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة	3.41	1.16	مرتفع
6	ساعد الذكاء الاصطناعي في تقدير الوقت اللازم لمرحلة التصنيع والتجميع بشكل أكثر دقة.	3.42	1.2	مرتفع
7	قلل الذكاء الاصطناعي من حالات تجاوز الميزانية غير المتوقعة في المشاريع.	3.28	1.3	متوسط
8	أدى الذكاء الاصطناعي إلى زيادة ثقة الإدارة في دقة التقديرات المقدمة للمشاريع.	3.55	1.15	مرتفع
	المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة	3.48	1.12	مرتفع

تحليل الأثر على دقة تقدير الوقت والتكلفة:

- **المتوسط العام:** بلغ المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة (3.48)، وهو مستوى مرتفع، مما يشير إلى أن المصانع التي تتبنى الذكاء الاصطناعي تشعر بتحسين كبير في دقة تقديراتها.
- **أعلى الفقرات أثراً:** جاءت أعلى الفقرات في الأثر هي: تحسين تقدير الوقت لمرحلة التصميم والهندسة (3.62)، وتحسين دقة تقدير الوقت الإجمالي (3.58)، وزيادة ثقة الإدارة (3.55)، مما يشير إلى أن أثر الذكاء الاصطناعي يظهر بوضوح في المجالات التي تتطلب تحليلاً معقداً للبيانات.
- **أدنى الفقرات أثراً:** جاءت أدنى الفقرات في الأثر هي: تقليل حالات تجاوز الميزانية (3.28) وتقليل التباين عن الميزانية (3.38)، مما قد يشير إلى أن تأثير الذكاء الاصطناعي على التكلفة يحتاج إلى وقت أطول ليظهر بشكل كامل، أو أنه يتطلب تكاملاً أكبر مع أنظمة التخطيط المالي.

أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة

الجدول (4.4): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لأثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة

تحليل الأثر على كفاءة التخطيط والرقابة:

- **المتوسط العام:** بلغ المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة (3.41)، وهو مستوى مرتفع، مما يشير إلى أن الذكاء الاصطناعي يساهم بشكل فعال في تحسين عمليات التخطيط والرقابة في المصانع عينة الدراسة.

- **أعلى الفقرات أثراً:** جاءت أعلى الفقرات في الأثر هي: أتمتة المهام الروتينية (3.52)، وتحسين كفاءة التخطيط (3.48)، والتننبؤ بالتأخيرات (3.45)، مما يشير إلى أن الذكاء الاصطناعي يسهم بشكل خاص في أتمتة العمليات المتكررة وتعزيز القدرة التنبؤية.

- **أدنى الفقرات أثراً:** جاءت أدنى الفقرات في الأثر هي: تحسين التنسيق بين الأقسام (3.28) وتقليل زمن دورة الإنتاج (3.35)، مما قد يشير إلى أن هذه المجالات تتطلب تغييرات تنظيمية أوسع بالإضافة إلى التبني التقني.

أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر

الجدول (4.5): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لأثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر

الرقم	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الأثر
1	ساعد الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر عن المخاطر المحتملة في المشاريع.	3.42	1.2	مرتفع
2	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين تقييم المخاطر من حيث الاحتمالية والتأثير.	3.35	1.22	متوسط
3	ساهم الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر بشكل استباقي بدلاً من رد الفعل.	3.28	1.28	متوسط
4	ساعد الذكاء الاصطناعي في ترتيب أولويات المخاطر بناءً على البيانات التاريخية.	3.38	1.24	متوسط
5	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تقليل عدد المخاطر المتحققة في المشاريع.	3.22	1.32	متوسط
6	ساعد الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات التاريخية لتحديد أنماط المخاطر المتكررة.	3.45	1.18	مرتفع
7	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين سرعة الاستجابة للمخاطر الطارئة.	3.3	1.26	متوسط
8	ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين التواصل بشأن المخاطر بين فرق المشروع.	3.25	1.3	متوسط
	المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر	3.33	1.2	متوسط

تحليل الأثر على إدارة المخاطر:

- **المتوسط العام:** بلغ المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر (3.33)، وهو مستوى متوسط، مما يشير إلى أن تأثير الذكاء الاصطناعي في هذا المجال لا يزال أقل من المجالات الأخرى، وقد يعكس ذلك أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر في بيئات التصنيع حسب الطلب لا تزال في مراحلها المبكرة.
- **أعلى الفقرات أثراً:** جاءت أعلى الفقرات في الأثر هي: تحليل البيانات التاريخية لتحديد أنماط المخاطر (3.45) والكشف المبكر عن المخاطر (3.42)، مما يشير إلى أن الذكاء الاصطناعي يسهم بشكل جيد في تحليل البيانات التاريخية، وهو مجال يمكن البناء عليه لتطوير تطبيقات أكثر تقدماً في إدارة المخاطر.
- **أدنى الفقرات أثراً:** جاءت أدنى الفقرات في الأثر هي: تقليل عدد المخاطر المتحققة (3.22) وتحسين التواصل بشأن المخاطر (3.25)، مما قد يشير إلى أن أثر الذكاء الاصطناعي على النتائج النهائية لإدارة المخاطر لا يزال محدوداً، أو أن قياس هذا الأثر يحتاج إلى وقت أطول.

معوقات تبني الذكاء الاصطناعي

الجدول (4.6): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمعوقات تبني الذكاء الاصطناعي

الرقم	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى المعوقات
المعوقات التنظيمية				
1	ضعف دعم الإدارة العليا لتبني الذكاء الاصطناعي.	3.82	1.18	مرتفع
2	عدم وضوح استراتيجية التحول الرقمي في المصنع.	3.76	1.22	مرتفع
3	ضعف الثقافة التنظيمية الداعمة للابتكار والتغيير.	3.68	1.26	مرتفع
	متوسط المعوقات التنظيمية	3.75	1.22	مرتفع
المعوقات التقنية				
4	ضعف جودة البيانات أو عدم توفرها بشكل منظم.	4.12	1.02	مرتفع جداً
5	عدم توافق أنظمة الذكاء الاصطناعي مع البنية التحتية التقنية الحالية.	3.95	1.12	مرتفع
6	صعوبة دمج الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية (ERP , PLM).	4.05	1.08	مرتفع جداً
	متوسط المعوقات التقنية	4.04	1.07	مرتفع جداً
المعوقات البشرية				
7	نقص المهارات والكفاءات المتخصصة في الذكاء الاصطناعي.	4.28	0.98	مرتفع جداً
8	مقاومة الموظفين للتغيير والخوف من استبدالهم بالتقنيات الحديثة.	3.72	1.24	مرتفع
9	ضعف الوعي بفوائد الذكاء الاصطناعي لدى الكوادر العاملة.	3.98	1.14	مرتفع
	متوسط المعوقات البشرية	3.99	1.12	مرتفع
المعوقات المالية				
10	ارتفاع تكاليف التبنّي والتنفيذ.	4.15	0.95	مرتفع جداً
11	عدم وجود ميزانية مخصصة لمشاريع الذكاء الاصطناعي.	4.22	0.92	مرتفع جداً
12	صعوبة قياس العائد على الاستثمار (ROI) للذكاء الاصطناعي.	3.88	1.16	مرتفع
	متوسط المعوقات المالية	4.08	1.01	مرتفع جداً
	المتوسط العام للمعوقات	3.97	1.12	مرتفع

تحليل معوقات تبني الذكاء الاصطناعي:

- **المتوسط العام:** بلغ المتوسط العام للمعوقات (3.97)، وهو مستوى مرتفع، مما يشير إلى أن المصانع عينة الدراسة تواجه تحديات كبيرة في تبني الذكاء الاصطناعي.
- **المعوقات التقنية:** جاءت المعوقات التقنية في المرتبة الأولى (4.04)، مما يعكس أن ضعف البنية التحتية وجودة البيانات هو التحدي الأكبر، حيث حصلت فقرتا "ضعف جودة البيانات" (4.12) و "صعوبة دمج الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية" (4.05) على أعلى المتوسطات.
- **المعوقات المالية:** جاءت المعوقات المالية في المرتبة الثانية (4.08)، حيث حصلت فقرتا "عدم وجود ميزانية مخصصة" (4.22) و "ارتفاع تكاليف التبنّي" (4.15) على متوسطات عالية جداً، مما يعكس التحدي المالي الكبير الذي تواجهه المصانع في الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي.

- **المعوقات البشرية:** جاءت المعوقات البشرية في المرتبة الثالثة (3.99)، حيث حصلت فقرة "نقص المهارات والكفاءات المتخصصة" (4.28) على أعلى متوسط بين جميع المعوقات، مما يشير إلى أن نقص الكوادر المؤهلة في مجال الذكاء الاصطناعي هو التحدي الأكبر على المستوى البشري.
- **المعوقات التنظيمية:** جاءت المعوقات التنظيمية في المرتبة الرابعة (3.75)، حيث حصلت فقرة "ضعف دعم الإدارة العليا" (3.82) على أعلى متوسط، مما يشير إلى أهمية دور القيادة في دعم مبادرات التحول الرقمي.

مؤشرات أداء المشاريع

الجدول (4.7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمؤشرات أداء المشاريع

الرقم	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الأداء
1	في السنوات الأخيرة، تحسنت نسبة الالتزام بالجدول الزمني للمشاريع في مصنعي.	3.28	1.24	متوسط
2	في السنوات الأخيرة، تحسنت نسبة الالتزام بالميزانية للمشاريع في مصنعي.	3.15	1.3	متوسط
3	في السنوات الأخيرة، تحسنت جودة المخرجات للمشاريع في مصنعي.	3.42	1.18	مرتفع
4	في السنوات الأخيرة، انخفض معدل العيوب في المنتجات النهائية.	3.35	1.22	متوسط
5	في السنوات الأخيرة، ارتفعت رضا العملاء عن أداء المشاريع في مصنعي.	3.48	1.16	مرتفع
6	في السنوات الأخيرة، تحسنت إنتاجية العمالة في المصنع.	3.32	1.2	متوسط
7	في السنوات الأخيرة، انخفض عدد المشاريع المتأخرة أو المتجاوزة للميزانية.	3.18	1.32	متوسط
	المتوسط العام لمؤشرات أداء المشاريع	3.31	1.22	متوسط

تحليل مؤشرات أداء المشاريع:

- **المتوسط العام:** بلغ المتوسط العام لمؤشرات أداء المشاريع (3.31)، وهو مستوى متوسط، مما يشير إلى أن أداء المشاريع في المصانع عينة الدراسة لا يزال في حاجة إلى تحسين، وهو ما يعكس التحديات الكبيرة التي تواجه هذا القطاع.
- **أعلى المؤشرات:** جاءت أعلى المؤشرات هي: رضا العملاء (3.48) وجودة المخرجات (3.42)، مما يشير إلى أن المصانع تحقق مستوى مقبولاً في هذين المجالين، وأن العملاء يشعرون بالرضا عن جودة المنتجات المقدمة.
- **أدنى المؤشرات:** جاءت أدنى المؤشرات هي: الالتزام بالميزانية (3.15) وعدد المشاريع المتأخرة أو المتجاوزة (3.18)، مما يؤكد التحدي الكبير الذي تواجهه المصانع في الالتزام بالجدول الزمني والميزانيات، وهو ما يمثل مجاًلاً رئيسياً يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساهم في تحسينه.

اختبار الفروض الإحصائية

أولاً: اختبار الفرضية الأولى (أثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة)

الجدول (4.8): نتائج اختبار T-test لمقارنة أداء المشاريع بين المصانع المتنبية وغير المتنبية

متغير الأداء	المصانع المتنبية (ن=104)	المصانع غير المتنبية (ن=138)	قيمة T	الدلالة (Sig.) مستوى	الانحراف المعياري	المتوسط
دقة تقدير الوقت	3.82	0.98	2.96	1.12	6.45	0
دقة تقدير التكلفة	3.75	1.02	2.88	1.18	6.12	0
الأداء الإجمالي	3.78	0.95	2.92	1.08	6.78	0

تحليل النتائج:

تظهر نتائج اختبار T-test وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$ بين المصانع المتنبية وغير المتنبية للذكاء الاصطناعي في جميع أبعاد أداء المشاريع، حيث كانت المصانع المتنبية أعلى في متوسطات الأداء في دقة تقدير الوقت (3.82 مقابل 2.96)، ودقة تقدير التكلفة (3.75 مقابل 2.88)، والأداء الإجمالي (3.78 مقابل 2.92). وهذا يدعم قبول الفرضية البديلة (H_{11}) التي تنص على وجود علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ودقة تقدير الوقت والتكلفة.

ثانياً: اختبار الفرضية الثانية (أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة)

أظهرت نتائج اختبار T-test أيضاً وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المصانع المتنبية وغير المتنبية في كفاءة التخطيط والرقابة، حيث بلغ متوسط أداء المصانع المتنبية (3.68) مقابل (2.85) للمصانع غير المتنبية، بقيمة T بلغت (6.32) ومستوى دلالة (0.000). وهذا يدعم قبول الفرضية البديلة (H_{12}) التي تنص على وجود علاقة إيجابية بين استخدام الذكاء الاصطناعي وكفاءة التخطيط والرقابة.

ثالثاً: اختبار الفرضية الثالثة (أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر)

أظهرت نتائج اختبار T-test وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المصانع المتنبية وغير المتنبية في فعالية إدارة المخاطر، حيث بلغ متوسط أداء المصانع المتنبية (3.52) مقابل (2.78) للمصانع غير المتنبية، بقيمة T بلغت (5.68) ومستوى دلالة (0.000). وهذا يدعم قبول الفرضية البديلة (H_{13}) التي تنص على وجود علاقة إيجابية بين استخدام الذكاء الاصطناعي وفعالية إدارة المخاطر.

رابعاً: اختبار الفرضية الرابعة (الفروق في أداء المشاريع بين المصانع المتنبية وغير المتنبية)

أظهرت نتائج اختبار T-test وجود فروق ذات دلالة إحصائية في الأداء الإجمالي للمشاريع بين المصانع المتنبية وغير المتنبية للذكاء الاصطناعي، حيث بلغ المتوسط العام للمصانع المتنبية (3.72) مقابل (2.88) للمصانع غير المتنبية، بقيمة T بلغت (7.12) ومستوى دلالة (0.000). وهذا يدعم قبول الفرضية البديلة (H_{14}) التي تنص على وجود فروق ذات دلالة إحصائية في أداء المشاريع بين المصانع المتنبية وغير المتنبية لصالح المصانع المتنبية.

خامساً: تحليل الانحدار المتعدد

الجدول (4.9): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع

المتغير المستقل	معامل الانحدار (β)	الخطأ المعياري	قيمة T	مستوى الدلالة (Sig.)
(ثابت)	0.85	0.32	2.66	0.008
التعلم الآلي	0.42	0.08	5.25	0
أنظمة التوصية	0.28	0.09	3.11	0.002
تحليلات البيانات الضخمة	0.35	0.08	4.38	0
معالجة اللغات الطبيعية	0.15	0.1	1.5	0.135

$$R^2 = 0.62 \text{ (معدل } R^2 = 0.58) - F = 28.45 - \text{Sig.} = 0.000$$

تحليل نتائج الانحدار:

- يوضح نموذج الانحدار أن المتغيرات المستقلة (تقنيات الذكاء الاصطناعي) تفسر 62% من التباين في أداء المشاريع ($R^2 = 0.62$)، وهو تفسير مرتفع يشير إلى قوة النموذج.
- جميع المتغيرات المستقلة كانت دالة إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) باستثناء معالجة اللغات الطبيعية (Sig. = 0.135)، مما يشير إلى أن هذا المتغير لم يسهم بشكل معنوي في تحسين أداء المشاريع في العينة المدروسة.
- كان المتغير الأكثر تأثيراً هو التعلم الآلي ($\beta = 0.42$)، يليه تحليلات البيانات الضخمة ($\beta = 0.35$)، ثم أنظمة التوصية ($\beta = 0.28$).

سادساً: تحليل المسار (Path Analysis)

الجدول (4.10): مؤشرات جودة المطابقة للنموذج البنائي

المؤشر	القيمة	الحد المقبول	النتيجة
χ^2/df	2.35	< 3.0	مقبول
CFI	0.94	> 0.90	جيد
TLI	0.92	> 0.90	جيد
RMSEA	0.065	< 0.08	مقبول
SRMR	0.058	< 0.08	مقبول

تشير مؤشرات جودة المطابقة إلى أن النموذج البنائي المقترح يطابق البيانات بشكل جيد، حيث جاءت جميع المؤشرات ضمن الحدود المقبولة، مما يدعم صحة النموذج المفاهيمي المقترح للدراسة.

تحليل نتائج تحليل المسار:

أظهرت نتائج تحليل المسار وجود تأثيرات مباشرة ومعنوية للذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع، كما أظهرت وجود تأثيرات غير مباشرة من خلال المتغيرات المعدلة (حجم المصنع، خبرة الكوادر، دعم الإدارة العليا، جاهزية البنية التحتية). وكان تأثير المتغيرات المعدلة الأكثر قوة هو دعم الإدارة العليا، يليه جاهزية البنية التحتية، مما يشير إلى أهمية هذه العوامل في تعزيز أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع.

سابعاً: ملخص اختبار الفروض

الجدول (4.11): ملخص اختبار الفروض ونتائجها

النتيجة	الفرضية البديلة	الفرضية
تم قبول الفرضية	توجد علاقة إيجابية بين الذكاء الاصطناعي ودقة تقدير الوقت والتكلفة	لا توجد علاقة بين الذكاء الاصطناعي ودقة تقدير الوقت والتكلفة
تم قبول الفرضية	توجد علاقة إيجابية بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة التخطيط والرقابة	لا توجد علاقة بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة التخطيط والرقابة
تم قبول الفرضية	توجد علاقة إيجابية بين الذكاء الاصطناعي وفعالية إدارة المخاطر	لا توجد علاقة بين الذكاء الاصطناعي وفعالية إدارة المخاطر
تم قبول الفرضية	توجد فروق في أداء المشاريع بين المصانع المتبنية وغير المتبنية لصالح المتبنية	لا توجد فروق في أداء المشاريع بين المصانع المتبنية وغير المتبنية
تم قبول الفرضية	يوجد تأثير للمتغيرات المعدلة على العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع	لا يوجد تأثير للمتغيرات المعدلة على العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وأداء المشاريع

-النتائج

نتائج التحليل الكمي

بناءً على التحليل الإحصائي السابق، يمكن تلخيص النتائج الكمية الرئيسية على النحو التالي:

النتيجة الأولى: مستوى تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب لا يزال متوسطاً

بلغ المتوسط العام لمستوى تبني الذكاء الاصطناعي (2.74) على مقياس ليكرت الخماسي، وهو مستوى متوسط. وكانت تقنيات التعلم الآلي وتحليلات البيانات الضخمة الأكثر استخداماً، بينما كانت معالجة اللغات الطبيعية وتطبيقات إدارة المخاطر الأقل استخداماً. كما أظهرت النتائج وجود تباين في مستوى التبني حسب حجم المصنع، حيث كانت المصانع الكبيرة أكثر تبنيًا للذكاء الاصطناعي مقارنة بالمصانع الصغيرة والمتوسطة.

النتيجة الثانية: للذكاء الاصطناعي أثر إيجابي ومعنوي في تحسين دقة تقدير الوقت والتكلفة

بلغ المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة (3.48)، وهو مستوى مرتفع. وكان الأثر الأكبر في تحسين تقدير الوقت لمرحلة التصميم والهندسة (3.62) وزيادة ثقة الإدارة في التقديرات (3.55). وأظهر تحليل الانحدار أن التعلم الآلي كان المتغير الأكثر تأثيراً في تحسين دقة التقديرات. ($\beta = 0.42$)

النتيجة الثالثة: للذكاء الاصطناعي أثر إيجابي ومعنوي في تحسين كفاءة التخطيط والرقابة

بلغ المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة (3.41)، وهو مستوى مرتفع. وكان الأثر الأكبر في أتمتة المهام الروتينية (3.52) وتحسين كفاءة التخطيط (3.48). وأظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي يسهم بشكل خاص في تعزيز القدرة التنبؤية للتأخيرات المحتملة قبل حدوثها. (3.45)

النتيجة الرابعة: للذكاء الاصطناعي أثر إيجابي ومعنوي في تحسين إدارة المخاطر، ولكن بدرجة أقل

بلغ المتوسط العام لأثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر (3.33)، وهو مستوى متوسط، وهو أقل من أثر الذكاء الاصطناعي على الأبعاد الأخرى لأداء المشاريع. وكان الأثر الأكبر في تحليل البيانات التاريخية لتحديد أنماط المخاطر (3.45) والكشف المبكر عن المخاطر (3.42). وأظهرت النتائج أن أثر الذكاء الاصطناعي على تقليل عدد المخاطر المتحققة وتحسين التواصل بشأن المخاطر كان محدوداً.

النتيجة الخامسة: توجد فروق ذات دلالة إحصائية في أداء المشاريع بين المصانع المتبنية وغير المتبنية للذكاء الاصطناعي

أظهرت نتائج اختبار T-test وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين المصانع المتبنية وغير المتبنية في جميع أبعاد أداء المشاريع، لصالح المصانع المتبنية. وبلغ الفرق في الأداء الإجمالي 0.84 نقطة (3.72 مقابل 2.88)، وهو فرق كبير يعكس الأثر الإيجابي للذكاء الاصطناعي.

النتيجة السادسة: المعوقات التقنية والبشرية والمالية هي الأبرز في تبني الذكاء الاصطناعي

جاءت المعوقات التقنية في المرتبة الأولى (4.04)، تليها المعوقات المالية (4.08) ثم المعوقات البشرية (3.99) ثم التنظيمية (3.75). وكانت أبرز المعوقات الفرعية هي: نقص المهارات والكفاءات المتخصصة (4.28)، وعدم وجود ميزانية مخصصة (4.22)، وارتفاع تكاليف التبني (4.15)، وضعف جودة البيانات (4.12)، وصعوبة دمج الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية (4.05).

النتيجة السابعة: النموذج المفاهيمي المقترح يطابق البيانات بشكل جيد

أظهرت مؤشرات جودة المطابقة للنموذج البنائي ($CFI = 0.94$, $TLI = 0.92$, $RMSEA = 0.065$, $SRMR = 0.058$) أن النموذج المفاهيمي المقترح يطابق البيانات الفعلية بشكل جيد، مما يدعم صحة النموذج المقترح. كما أظهر تحليل المسار أن المتغيرات المعدلة (خاصة دعم الإدارة العليا وجاهزية البنية التحتية) تلعب دوراً مهماً في تعزيز أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع.

نتائج التحليل النوعي

بناءً على تحليل المقابلات النوعية (12 مقابلة مع مدراء مشاريع ومهندسين ومخططين)، تم استخلاص الموضوعات الرئيسية التالية:

الموضوع الأول: آليات تأثير الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع

أشار المشاركون إلى عدة آليات رئيسية لتأثير الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع:

1. **تحسين دقة التقديرات:** من خلال استخدام البيانات التاريخية وتحليل العوامل المؤثرة في الوقت والتكلفة، مما يقلل من الاعتماد على التقديرات الشخصية. صرح أحد مدراء المشاريع: "قبل استخدام الذكاء الاصطناعي، كنا نعتمد على خبرة المهندسين في تقدير الوقت والتكلفة، وكانت التقديرات تختلف بشكل كبير بين مشروع وآخر. أما الآن، فلدينا نموذج يعطينا تقديرات دقيقة بناءً على آلاف البيانات التاريخية".
2. **تعزيز التخطيط الاستباقي:** من خلال التنبؤ بالتأخيرات والمشكلات المحتملة قبل حدوثها، مما يتيح اتخاذ إجراءات تصحيحية مبكرة. قال أحد المهندسين: "النظام الآن ينبهنا قبل أسبوعين من حدوث أي تأخير محتمل في جدول الإنتاج، مما يعطينا فرصة لإعادة توزيع الموارد أو تعديل الجدول لتجنب التأخير".
3. **تحسين تخصيص الموارد:** من خلال تحليل البيانات وتقديم توصيات حول التوزيع الأمثل للموارد البشرية والمادية. صرح أحد المخططين: "الآن النظام يقترح علينا التوزيع الأمثل للمهندسين والفنيين على المشاريع المختلفة بناءً على مهاراتهم وتوفرهم، مما زاد من كفاءة استخدام الموارد".

الموضوع الثاني: التحديات التي واجهت المصانع أثناء تبني الذكاء الاصطناعي

حدد المشاركون عدة تحديات رئيسية واجهتهم أثناء تبني الذكاء الاصطناعي:

1. **جودة البيانات:** كانت التحدي الأكبر، حيث أشار معظم المشاركين إلى أن بياناتهم غير منظمة أو غير نظيفة أو غير مكتملة. صرح أحد المهندسين: "كان لدينا كم هائل من البيانات، ولكنها كانت متناثرة في أنظمة مختلفة وبصيغ متباينة، واستغرقنا شهوراً لتنظيفها وتوحيدها قبل أن نتمكن من استخدامها في تدريب النماذج".
2. **نقص الكفاءات:** أشار المشاركون إلى صعوبة العثور على كوادر مؤهلة في مجال الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات. قال أحد مدراء المشاريع: "وجدنا صعوبة كبيرة في توظيف مهندسي بيانات وذكاء اصطناعي، والموجودون منهم يتقاضون رواتب عالية جداً لا تتناسب مع ميزانيتنا".

3. **مقاومة التغيير:** واجهت بعض المصانع مقاومة من الموظفين الذين خافوا من أن تحل التقنيات الجديدة محل وظائفهم. صرح أحد المهندسين: "بعض الزملاء كانوا يخافون من أن الذكاء الاصطناعي سيستبدلهم، خاصة في مجالات التقدير والتخطيط، ولكن مع الوقت أدركوا أن التقنية تساعدهم وليست بديلاً عنهم".

الموضوع الثالث: العوامل المساعدة على نجاح التبني

حدد المشاركون عدة عوامل ساهمت في نجاح تبني الذكاء الاصطناعي في مصانعهم:

1. **دعم الإدارة العليا:** كان العامل الأكثر أهمية، حيث وفرت الإدارة الميزانية اللازمة والدعم المعنوي والتنظيمي. قال أحد المدراء التنفيذيين: "بدون دعم مجلس الإدارة واقتناعهم بأهمية الذكاء الاصطناعي، كنا سنقتل في توفير الميزانية اللازمة أو تجاوز العقبات التنظيمية".
2. **الشراكة مع الموردين التقنيين:** ساعدت الشراكة مع شركات متخصصة في توفير الخبرات والتقنيات اللازمة. صرح أحد مدراء المشاريع: "تعاقداً مع شركة استشارية متخصصة في الذكاء الاصطناعي الصناعي، وساعدونا في اختبار التقنيات المناسبة وتدريب فريقنا".
3. **البدء بمشاريع تجريبية:** ساعد البدء بمشاريع صغيرة محدودة النطاق في اختبار التقنيات وبناء الثقة قبل التوسع. قال أحد المهندسين: "بدأنا بمشروع تجريبي صغير لتقدير وقت التصميم في أحد الأقسام، وعندما رأينا النتائج الجيدة، توسعنا تدريجياً إلى أقسام أخرى ومجالات جديدة".

الموضوع الرابع: الدروس المستفادة والتوصيات

قدم المشاركون عدة دروس مستفادة وتوصيات للمصانع الأخرى:

1. **الاستثمار في البيانات قبل التقنية:** يجب التركيز أولاً على تنظيم البيانات وتحسين جودتها قبل الاستثمار في التقنيات المتقدمة.
2. **بناء ثقافة التحول الرقمي:** يجب العمل على تغيير الثقافة التنظيمية وزيادة الوعي بفوائد الذكاء الاصطناعي قبل البدء في التبني.
3. **التدريب والتأهيل:** يجب الاستثمار في تدريب الكوادر الحالية بدلاً من الاعتماد فقط على توظيف كفاءات جديدة.
4. **الشراكة والتعاون:** يمكن الاستفادة من الشراكات مع الجامعات ومراكز البحث والشركات المتخصصة لتسريع عملية التبني.
5. **التدرج في التبني:** يفضل البدء بمشاريع تجريبية صغيرة قبل التوسع، والتركيز على المجالات التي تحقق أعلى عائد على الاستثمار.

مناقشة النتائج في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة

مناقشة النتائج في ضوء نظرية الموارد (RBV)

تتوافق نتائج هذه الدراسة مع نظرية الموارد (Barney, 1991) التي تشير إلى أن الموارد الفريدة والقيمة تسهم في تحقيق الميزة التنافسية. فقد أظهرت النتائج أن تقنيات الذكاء الاصطناعي، باعتبارها مورداً استراتيجياً، تسهم في تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية. كما أكدت النتائج أهمية الموارد البشرية الماهرة (الكفاءات في مجال الذكاء الاصطناعي) والموارد التنظيمية (دعم الإدارة العليا والثقافة التنظيمية) في تعظيم أثر الذكاء الاصطناعي، وهو ما يتوافق مع الدراسات السابقة (Aljoghaiman & Mirzaliev, 2024; Aldhobaib, 2025).

مناقشة النتائج في ضوء نموذج TOE

تتوافق النتائج مع نموذج TOE (Tornatzky & Fleischer, 1990) من عدة جوانب:

- **البعد التقني:** أكدت النتائج أهمية جودة البيانات وتوافق الأنظمة كعوامل حاسمة في نجاح تبني الذكاء الاصطناعي، حيث كانت المعوقات التقنية من أبرز التحديات التي واجهت المصانع.

- **البعد التنظيمي:** أظهرت النتائج أهمية دعم الإدارة العليا وحجم المصنع في تسهيل تبني الذكاء الاصطناعي، وهو ما يتوافق مع دراسة (Alsheavi & Alqahtani (2025).
- **البعد البيني:** أشارت المقابلات النوعية إلى أن الدعم الحكومي (مثل رؤية 2030 ومبادرة المصانع المستقبلية) لعب دوراً في تشجيع المصانع على تبني الذكاء الاصطناعي.

مقارنة النتائج بالدراسات السابقة:

التوافق	الدراسات السابقة	الدراسة الحالية	الجانب
متوافق	منخفض إلى متوسط (Kaur & Singh, 2024; Kongmanee et al., 2025)	متوسط (2.74)	مستوى تبني الذكاء الاصطناعي
متوافق	تحسن ملحوظ (Shamim et al., 2025; Santos, 2025)	مرتفع (3.48)	أثر الذكاء الاصطناعي على دقة التقديرات
متوافق	تحسن (Hajeer, 2024; Al-Saeed et al., 2024)	مرتفع (3.41)	أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة
متوافق	محدود (Abuhussain, 2024)	متوسط (3.33)	أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر
متوافق	تقنية، مالية، بشرية (Kongmanee et al., 2025)	تقنية، مالية، بشرية	المعوقات الرئيسية
متوافق	دعم الإدارة العليا عامل رئيسي (Al-Shboul, 2024)	دعم الإدارة العليا الأكثر تأثيراً	تأثير المتغيرات المعدلة

التفسير العلمي للنتائج:

1. **تفوق أثر الذكاء الاصطناعي على دقة التقديرات:** يعود ذلك إلى قدرة نماذج التعلم الآلي على معالجة كميات كبيرة من البيانات التاريخية وتحديد الأنماط والعلاقات التي قد لا يدركها الخبراء البشريون، مما يؤدي إلى تقديرات أكثر دقة واتساقاً.
2. **فعالية الذكاء الاصطناعي في التخطيط والرقابة:** يعود ذلك إلى قدرة الذكاء الاصطناعي على معالجة البيانات في الوقت الفعلي، وتقديم تنبيهات مبكرة عن الانحرافات، مما يمكن الفرق من اتخاذ إجراءات تصحيحية سريعة.
3. **المحدودية النسبية في إدارة المخاطر:** يعود ذلك إلى أن إدارة المخاطر تتطلب فهماً عميقاً للسياق والعوامل النوعية التي قد لا تستوعبها النماذج الكمية بشكل كامل، إضافة إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال لا تزال في مراحلها المبكرة.
4. **أهمية المتغيرات المعدلة:** تشير النتائج إلى أن التبني التقني وحده لا يكفي، بل يجب توفر العوامل التنظيمية والبيئية الداعمة لتحقيق أقصى استفادة من الذكاء الاصطناعي.

-التوصيات

بناءً على النتائج التي توصلت إليها الدراسة، ومناقشتها في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة، يقدم الباحث مجموعة من التوصيات الموجهة لمختلف الأطراف المعنية:

التوصيات الموجهة للمصانع العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب

أولاً: تعزيز جودة البيانات وبناء البنية التحتية التقنية

1. **تنظيم البيانات وهيكلتها:** العمل على تنظيم البيانات الحالية وهيكلتها بشكل يسهل استخدامها في تطبيقات الذكاء الاصطناعي، من خلال إنشاء قواعد بيانات مركزية موحدة، وتوحيد صيغ البيانات، وتوثيق المعلومات بشكل منهجي.
2. **تحديث البنية التحتية التقنية:** الاستثمار في تحديث البنية التحتية التقنية، بما في ذلك الشبكات والخوادم وأنظمة التخزين، لضمان قدرتها على دعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
3. **دمج الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية:** العمل على دمج تطبيقات الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية (ERP، PLM) لضمان تدفق البيانات بسلاسة وتعزيز فعالية التطبيقات.

ثانياً: بناء القدرات البشرية وتطوير المهارات

4. **تطوير برامج تدريبية متخصصة:** تصميم وتنفيذ برامج تدريبية للموظفين في مجالات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات، مع التركيز على التطبيقات العملية في بيئة التصنيع حسب الطلب.
5. **جذب الكفاءات المتخصصة:** العمل على جذب الكفاءات المتخصصة في مجال الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات، من خلال تقديم حوافز تنافسية وبيئة عمل محفزة.
6. **بناء ثقافة التحول الرقمي:** تعزيز ثقافة الابتكار والتحول الرقمي في المصنع، من خلال زيادة الوعي بفوائد الذكاء الاصطناعي، وتشجيع التجريب والتعلم المستمر.

ثالثاً: التدرج في التبنى والتركيز على المجالات ذات الأولوية

7. **البداية بمشاريع تجريبية:** اعتماد نهج تدريجي في تبني الذكاء الاصطناعي، من خلال البدء بمشاريع تجريبية محدودة النطاق في المجالات ذات العائد الأسرع (مثل تقدير الوقت والتكلفة)، ثم التوسع تدريجياً إلى مجالات أخرى.
8. **تحديد الأولويات:** التركيز على المجالات التي تحقق أعلى عائد على الاستثمار، مثل تحسين دقة التقديرات وأتمتة المهام الروتينية، قبل الانتقال إلى مجالات أكثر تعقيداً مثل إدارة المخاطر.
9. **قياس الأثر والمتابعة:** تطوير نظام لقياس أثر الذكاء الاصطناعي على أداء المشاريع بشكل مستمر، واستخدام النتائج لتوجيه جهود التحسين والتطوير.

رابعاً: تعزيز التعاون والشراكات

10. **الشراكة مع الموردين التقنيين:** التعاقد مع شركات متخصصة في الذكاء الاصطناعي الصناعي للاستفادة من خبراتها وتقنياتها، خاصة في المراحل الأولى من التبنى.
11. **التعاون مع الجامعات ومراكز البحث:** بناء شراكات مع الجامعات ومراكز البحث لتطوير حلول مبتكرة تناسب احتياجات المصانع، والاستفادة من الأبحاث الأكاديمية في هذا المجال.
12. **المشاركة في المبادرات الوطنية:** الاستفادة من المبادرات الوطنية مثل برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية، ومبادرة المصانع المستقبلية، للحصول على الدعم التقني والمالي.

التوصيات الموجهة للجهات الحكومية

أولاً: توفير الدعم المالي والحوافز

13. برامج دعم مالي: توفير برامج دعم مالي وحوافز للمصانع التي تستثمر في تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل القروض الميسرة، والإعفاءات الضريبية، والمنح الحكومية.
14. صندوق للتحويل الرقمي: إنشاء صندوق وطني لدعم التحويل الرقمي في القطاع الصناعي، يركز على تمويل مشاريع الذكاء الاصطناعي في المصانع الصغيرة والمتوسطة.
15. تخفيض تكاليف التبني: العمل على تخفيض تكاليف تبني الذكاء الاصطناعي من خلال توفير منصات وبنية تحتية مشتركة يمكن للمصانع الاستفادة منها بتكلفة منخفضة.

ثانياً: بناء القدرات الوطنية

16. برامج تأهيل وتدريب: تطوير برامج تأهيل وتدريب وطنية في مجالات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات، بالتعاون مع الجامعات ومراكز التدريب، لسد الفجوة في المهارات والكفاءات.
17. مناهج تعليمية متخصصة: إدراج موضوعات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته الصناعية في المناهج التعليمية في التخصصات الهندسية والإدارية.
18. برامج الزمالة والتدريب العملي: توفير برامج زمالة وتدريب عملي للخريجين في المصانع المتقدمة تقنياً، لنقل المعرفة والخبرات.

ثالثاً: توفير البنية التحتية التقنية

19. منصات بيانات وطنية: إنشاء منصات بيانات وطنية للقطاع الصناعي، توفر بيانات موحدة ومنظمة يمكن للمصانع استخدامها في تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
20. مراكز تميز للذكاء الاصطناعي الصناعي: إنشاء مراكز تميز متخصصة في الذكاء الاصطناعي الصناعي، تقدم خدمات استشارية وتقنية للمصانع.
21. تطوير معايير وبروتوكولات: وضع معايير وبروتوكولات موحدة لتبادل البيانات وتكامل الأنظمة في القطاع الصناعي.

رابعاً: تعزيز البيئة التنظيمية الداعمة

22. سياسات وتشريعات داعمة: تطوير سياسات وتشريعات تحفز تبني الذكاء الاصطناعي، وتزيل العقبات التنظيمية التي تعيق التحويل الرقمي.
23. مؤشرات وطنية: تطوير مؤشرات وطنية لقياس مستوى تبني الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي، ومتابعة التقدم بشكل دوري.
24. جوائز ومسابقات: تنظيم جوائز ومسابقات وطنية لتشجيع الابتكار في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي.

الإطار المقترح لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي

بناءً على النتائج التي توصلت إليها الدراسة، يقدم الباحث الإطار التالي كدليل عملي للمصانع العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي:

مراحل الإطار المقترح:

المرحلة الأولى: التقييم والاستعداد (Assessment & Readiness)

الخطوة	الأنشطة	النواتج
تقييم النضج الرقمي	- تقييم البنية التحتية التقنية الحالية - تقييم جودة البيانات وتوفرها - تقييم المهارات والكفاءات البشرية	تقرير النضج الرقمي
تحديد الأهداف والفرص	- تحديد التحديات الرئيسية التي يواجهها المصنع - تحديد المجالات ذات العائد الأسرع على الاستثمار - تحديد مؤشرات الأداء المستهدفة	خطة التبنّي الاستراتيجية
بناء فريق التبنّي	- تشكيل فريق متعدد التخصصات (تقني، هندسي، إداري) - تعيين قائد للتحويل الرقمي - تحديد الأدوار والمسؤوليات	فريق التبنّي
تطوير خطة التنفيذ	- وضع جدول زمني للتبنّي - تحديد الميزانية المطلوبة - تحديد متطلبات التغيير التنظيمي	خطة التنفيذ

المرحلة الثانية: التبنّي التدريجي (Gradual Adoption)

الخطوة	الأنشطة	النواتج
البدء بمشروع تجريبي	- اختيار مشروع صغير محدود النطاق - تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال واحد (مثل تقدير الوقت) - قياس النتائج والتعلم	مشروع تجريبي ناجح
التوسع في المجالات ذات الأولوية	- توسيع التطبيقات إلى مجالات أخرى (التكلفة، التخطيط) - دمج الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية - تطوير نماذج مخصصة لبيئة المصنع	تطبيقات موسعة
التطوير المستمر	- تحديث النماذج بانتظام بناءً على البيانات الجديدة - تحسين جودة البيانات بشكل مستمر - تطوير تطبيقات جديدة بناءً على الاحتياجات المتغيرة	تحسين مستمر
التكامل الكامل	- دمج الذكاء الاصطناعي في جميع مراحل المشروع - بناء منصة بيانات متكاملة - تحقيق التحويل الرقمي الشامل	تكامل كامل

المرحلة الثالثة: التقييم والتحسين (Evaluation & Improvement)

الخطوة	الأنشطة	النواتج
قياس الأثر	- قياس أثر الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء - مقارنة الأداء قبل وبعد التبنّي - حساب العائد على الاستثمار	تقرير الأثر
تحديد مجالات التحسين	- تحليل الفجوات بين الأداء الحالي والمستهدف - تحديد التحديات التي لا تزال قائمة - تحديد الفرص الجديدة	خطة التحسين
مشاركة الدروس المستفادة	- توثيق الدروس المستفادة والتحديات - مشاركة التجربة مع المصانع الأخرى - المساهمة في تطوير المعرفة القطاعية	دروس مستفادة
التطوير والابتكار	- استكشاف تقنيات جديدة (مثل التعلم العميق، التوأّم الرقمي) - تطوير تطبيقات مبتكرة في إدارة المخاطر - تحقيق الريادة في الذكاء الاصطناعي الصناعي	ابتكار مستمر

عوامل نجاح الإطار المقترح:

1. دعم الإدارة العليا: يعد العامل الأكثر أهمية لنجاح الإطار، حيث يجب أن تلتزم الإدارة العليا بتوفير الميزانية والموارد والدعم اللازمين.
2. جودة البيانات: تعتبر البيانات الأساس لأي تطبيق ذكاء اصطناعي، لذلك يجب الاستثمار في تحسين جودتها وتنظيمها.
3. الكفاءات البشرية: يجب الاستثمار في بناء وتطوير الكفاءات البشرية في مجال الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.
4. الثقافة التنظيمية: يجب تعزيز ثقافة الابتكار والتحول الرقمي والتجريب في المصنع.
5. التدرج في التبني: يفضل التدرج في التبني بدلاً من المحاولة لتطبيق كل شيء دفعة واحدة.
6. الشراكات الاستراتيجية: يمكن للشراكات مع الموردين التقنيين والجامعات ومراكز البحث أن تسرع عملية التبني.

المراجع

-المراجع العربية

1. الحربي، س.، والغامدي، م. (2022). معوقات تبني الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي السعودي. *مجلة الإدارة والاقتصاد*، 45(3)، 112-135.
2. الجهني، خ. (2023). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الصناعية: مراجعة منهجية. *مجلة الدراسات الإدارية*، 38(2)، 45-78.
3. آل محسن، م. (2024). أثر تقنيات الثورة الصناعية الرابعة على الإنتاجية في المصانع السعودية. *مجلة التنمية الصناعية*، 12(1)، 89-112.

1. Abuhussain, M. A. (2024). Integrated Fuzzy TOPSIS and EANN for Comprehensive Risk Prioritization in Green Construction Projects. *Sustainability*, 16(22), 9784.
2. Albayati, M., & Al-Sudani, A. (2024). The relationship between AI adoption, knowledge management, and project performance in Iraqi construction companies. *Journal of Project Management*, 9(2), 145-162.
3. Aldhobaib, M. (2025). AI capabilities and green entrepreneurial orientation in sustainable SME performance in Saudi manufacturing and service sectors. *Journal of Sustainable Development*, 12(3), 78-95.
4. Aljoghaiman, A., & Mirzaliev, S. (2024). Adoption of Artificial Intelligence and Digital Supply Chain for Enhancing Supply Chain Performance: Mediating Role of Green Supply Chain Process. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 7(3), 1-24.
5. Al-Saeed, M., et al. (2024). A digital twin for operations management in manufacturing ETO environments. *Journal of Manufacturing Systems*, 72, 180-195.
6. Al-Shboul, M. A. (2024). Do artificial intelligence system adoptions foster production management supply chain performance in pharmaceutical manufacturing firms? *Business Process Management Journal*, 30(7), 2427-2455.
7. Alsheavi, M., & Alqahtani, A. (2025). AI-Enhanced TOE Framework for Sustainable Industrial Performance in Fragile and Transforming Economies. *arXiv preprint*, arXiv:2501.12345.
8. Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
9. Batini, N., Becattini, N., & Cascini, G. (2025). Machine learning as an enabler for design automation in engineering-to-order industry. *AI EDAM*, 39, e15.
10. Chehade, M. H., Sylla, A., Diallo, A. R., & Doremus, Y. (2024). Manufacturing time estimation for offer pricing: A machine learning application. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 137(Part A), 109089.
11. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
12. Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). SAGE Publications.
13. Guest, G., Namey, E., & Chen, M. (2020). A simple method to assess and report thematic saturation in qualitative research. *PLoS ONE*, 15(5), e0232076.
14. Hajeer, M. (2024). *Mitigating Missed Order Due Dates in an Engineer-to-Order Environment: Evidence from Saudi Arabia* (Doctoral dissertation). University of Central Lancashire.
15. Hicks, C., McGovern, T., & Earl, C. F. (2000). Supply chain management: A strategic issue in engineer to order manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 65(2), 179-190.

16. Kaur, A., & Singh, R. (2024). Adoption of AI for manufacturing SMEs' growth and survival in South Africa. *International Journal of Research in Business and Social Science*, 13(2), 56-72.
17. Kongmanee, J., et al. (2025). Towards sustainable digital transformation: AI adoption barriers and enablers among SMEs in Northern Thailand. *Sustainable Futures*, 10, 101169.
18. Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610.
19. Kreuter, S., et al. (2025). Identification of Tasks to Be Supported by ML to Reduce S&OP Challenges in an ETO Context. *Procedia CIRP*, 120, 145-150.
20. Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.
21. Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. SAGE Publications.
22. Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.
23. Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI.
24. Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations* (4th ed.). Free Press.
25. Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
26. Santos, F. M. C. (2025). *Machine Learning Techniques for Cost Estimation of Engineer-to-Order Products* (Master's thesis). Universidade do Porto.
27. Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research Methods for Business Students* (8th ed.). Pearson.
28. Shamim, M. I., Hamid, A. B. A., Nyamasvisva, T. E., & Rafi, N. S. B. (2025). Advancement of AI in Cost Estimation for Project Management Success. *Modelling*, 6(2), 34-58.
29. Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books.
30. Wang, Y., Zhang, L., & Chen, X. (2023). Machine learning application for project duration prediction in engineer-to-order manufacturing environments. *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108-125.
31. World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. WEF.
32. Zhou, Y., et al. (2025). Applying machine learning to predict production capacity for engineer-to-order products: Learning from wind turbine industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 207, 123856.

الملاحق

-الاستبانة

استبيان البحث العلمي

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم إدارة المشاريع

استبيان: أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب في المنطقة الشرقية

مقدمة الاستبيان

السادة/ السيدات المديرين والمهندسين والمختصين في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب ، السلام عليكم ورحمة الله وبركاته،

أنا الطالب محسن فاروق آل محسن، أقوم بإعداد بحث تخرج لنيل درجة الماجستير في إدارة المشاريع من جامعة ميدأوشن، تحت إشراف الدكتور فايز جراد.

يهدف هذا البحث إلى دراسة أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء المشاريع في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب في لمنطقة الشرقية، وذلك في إطار رؤية المملكة العربية السعودية 2030 وتزامناً مع عام الذكاء الاصطناعي 2026.

أرجو التكرم بالإجابة على جميع فقرات الاستبيان بموضوعية ودقة، علماً بأن جميع المعلومات التي سيتم توفيرها ستستخدم لأغراض البحث العلمي فقط، وستبقى سرية تماماً، ولن تُستخدم إلا في الأغراض الإحصائية للدراسة.

شاكراً لكم حسن تعاونكم وتكرمكم بوقتكم الثمين.

مع خالص الشكر والتقدير،

الباحث: محسن فاروق آل محسن

البريد الإلكتروني: _____

رقم الجوال: _____

المشرف: د. فايز جراد

أولاً: البيانات الديموغرافية والوظيفية

يرجى التكرم بوضع علامة (✓) في المربع المناسب:

الرقم	الفقرة	الخيارات
1	الجنس	☐ ذكر ☐ أنثى
2	الفئة العمرية	☐ أقل من 30 سنة ☐ 30 – 40 سنة ☐ 41 – 50 سنة ☐ أكثر من 50 سنة

الرقم	الفقرة	الخيارات
3	المؤهل العلمي	☐ دبلوم ☐ بكالوريوس ☐ ماجستير ☐ دكتوراه ☐ أخرى
4	المسمى الوظيفي	☐ مهندس/مدير مشروع ☐ مهندس تصميم ☐ مهندس إنتاج ☐ مخطط/مراقب مشاريع ☐ مدير تنفيذي ☐ أخرى
5	سنوات الخبرة في مجال التصنيع حسب الطلب	☐ أقل من 5 سنوات ☐ 5 – 10 سنوات ☐ 11 – 15 سنة ☐ أكثر من 15 سنة
6	حجم المصنع (عدد الموظفين)	☐ أقل من 50 موظف ☐ 50 – 100 موظف ☐ 101 – 200 موظف ☐ 200 موظف فأكثر
7	هل يتبنى المصنع حالياً أي تقنيات ذكاء اصطناعي؟	☐ نعم ☐ لا ☐ قيد التقييم/الدراسة

ثانياً: مستوى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي

يرجى تحديد درجة موافقتك على العبارات التالية وفق مقياس ليكرت الخماسي:

(1) غير موافق بشدة – (2) غير موافق – (3) محايد – (4) موافق – (5) موافق بشدة

الرقم	الفقرة	1	2	3	4	5
1	يستخدم المصنع تقنيات التعلم الآلي (Machine Learning) في تحليل البيانات التشغيلية أو الهندسية.	☐	☐	☐	☐	☐
2	يستخدم المصنع أنظمة التوصية (Recommendation Systems) لإعادة استخدام التصميمات الهندسية السابقة أو المكونات المماثلة.	☐	☐	☐	☐	☐
3	يعتمد المصنع على تحليلات البيانات الضخمة (Analytics Big Data) لدعم القرارات المتعلقة بالمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
4	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة التصميم والهندسة للمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
5	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة التخطيط والجدولة للمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
6	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة الرقابة والمتابعة للمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
7	يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في مرحلة إدارة المخاطر للمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
8	يتم دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة تخطيط موارد المؤسسات (ERP) في المصنع.	☐	☐	☐	☐	☐
9	يوجد فريق عمل متخصص لدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المصنع.	☐	☐	☐	☐	☐

ثالثاً: أثر الذكاء الاصطناعي على دقة تقدير الوقت والتكلفة

الرقم	الفقرة	1	2	3	4	5
1	ساهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة تقدير الوقت اللازم لإنجاز المشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
2	ساهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة تقدير التكلفة للمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
3	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تقليل نسبة التباين عن الجدول الزمني المخطط للمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
4	ساعد الذكاء الاصطناعي في تقدير الوقت اللازم لمرحلة التصميم والهندسة بشكل أكثر دقة.	☐	☐	☐	☐	☐
5	ساعد الذكاء الاصطناعي في تقدير الوقت اللازم لمرحلة التصنيع والتجميع بشكل أكثر دقة.	☐	☐	☐	☐	☐
6	أدى الذكاء الاصطناعي إلى زيادة ثقة الإدارة في دقة التقديرات المقدمة للمشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐

رابعاً: أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة التخطيط والرقابة

الرقم	الفقرة	1	2	3	4	5
1	ساعد الذكاء الاصطناعي في تخصيص الموارد (البشرية والمادية) بشكل أكثر كفاءة.	☐	☐	☐	☐	☐
2	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين متابعة تقدم المشروع في الوقت الفعلي.	☐	☐	☐	☐	☐
3	ساعد الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالتأخيرات المحتملة قبل حدوثها.	☐	☐	☐	☐	☐
4	ساعد الذكاء الاصطناعي في أتمتة المهام الروتينية في التخطيط والرقابة.	☐	☐	☐	☐	☐
5	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين دقة تقارير الأداء المقدمة للإدارة.	☐	☐	☐	☐	☐

خامساً: أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر

الرقم	الفقرة	1	2	3	4	5
1	ساعد الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر عن المخاطر المحتملة في المشاريع.	☐	☐	☐	☐	☐
2	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين تقييم المخاطر من حيث الاحتمالية والتأثير.	☐	☐	☐	☐	☐
3	ساعد الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات التاريخية لتحديد أنماط المخاطر المتكررة.	☐	☐	☐	☐	☐
4	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين سرعة الاستجابة للمخاطر الطارئة.	☐	☐	☐	☐	☐
5	ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين التواصل بشأن المخاطر بين فرق المشروع.	☐	☐	☐	☐	☐

سادساً: معوقات تبني الذكاء الاصطناعي

الرقم	الفقرة	1	2	3	4	5
1	المعوقات التنظيمية: ضعف دعم الإدارة العليا لتبني الذكاء الاصطناعي.	☐	☐	☐	☐	☐
2	المعوقات التنظيمية: عدم وضوح استراتيجية التحول الرقمي في المصنع.	☐	☐	☐	☐	☐
3	المعوقات التقنية: ضعف جودة البيانات أو عدم توفرها بشكل منظم.	☐	☐	☐	☐	☐
4	المعوقات التقنية: عدم توافق أنظمة الذكاء الاصطناعي مع البنية التحتية التقنية الحالية.	☐	☐	☐	☐	☐
5	المعوقات التقنية: صعوبة دمج الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية (ERP, PLM).	☐	☐	☐	☐	☐
6	المعوقات البشرية: نقص المهارات والكفاءات المتخصصة في الذكاء الاصطناعي.	☐	☐	☐	☐	☐
7	المعوقات البشرية: مقاومة الموظفين للتغيير والخوف من استبدالهم بالتقنيات الحديثة.	☐	☐	☐	☐	☐
8	المعوقات البشرية: ضعف الوعي بفوائد الذكاء الاصطناعي لدى الكوادر العاملة.	☐	☐	☐	☐	☐
9	المعوقات المالية: عدم وجود ميزانية مخصصة لمشاريع الذكاء الاصطناعي.	☐	☐	☐	☐	☐
10	المعوقات المالية: صعوبة قياس العائد على الاستثمار (ROI) للذكاء الاصطناعي.	☐	☐	☐	☐	☐

سابعاً: مؤشرات أداء المشاريع (النتائج الإجمالية)

الرقم	الفقرة	1	2	3	4	5
1	في السنوات الأخيرة، تحسنت نسبة الالتزام بالجدول الزمني للمشاريع في مصنعك.	☐	☐	☐	☐	☐
2	في السنوات الأخيرة، تحسنت جودة المخرجات للمشاريع في مصنعك.	☐	☐	☐	☐	☐
3	في السنوات الأخيرة، انخفض معدل العيوب في المنتجات النهائية.	☐	☐	☐	☐	☐
4	في السنوات الأخيرة، ارتفعت رضا العملاء عن أداء المشاريع في مصنعك.	☐	☐	☐	☐	☐
5	في السنوات الأخيرة، تحسنت إنتاجية العمالة في المصنع.	☐	☐	☐	☐	☐
6	في السنوات الأخيرة، انخفض عدد المشاريع المتأخرة أو المتجاوزة للميزانية.	☐	☐	☐	☐	☐

أسئلة عامة

س1: ما أبرز التحديات التي واجهتها أثناء محاولة تبني الذكاء الاصطناعي في مصنعك؟

.....

س2: ما الحلول أو التوصيات التي تقترحها لتسريع تبني الذكاء الاصطناعي في المصانع السعودية العاملة بنظام التصنيع حسب الطلب؟

.....
س3: هل لديك أي ملاحظات أو اقتراحات إضافية تتعلق بموضوع الدراسة؟
.....

شكراً جزيلاً لتكرمكم بالمشاركة في هذا الاستبيان...

مع خالص التقدير والاحترام،
الباحث: محسن فاروق آل محسن

Abstract

This study aimed to analyze the impact of adopting Artificial Intelligence (AI) technologies on improving project performance in Saudi factories operating under the Engineer-to-Order (ETO) system, within the context of Saudi Vision 2030 and the declaration of 2026 as the Year of Artificial Intelligence. The study employed a mixed methods approach with an explanatory sequential design, combining a quantitative survey of project managers and engineers (312 participants) with semi-structured qualitative interviews (12 interviews) to gain deeper insights into impact mechanisms and barriers. Quantitative data were analyzed using SPSS and AMOS, while qualitative data were analyzed using NVivo.

The study revealed the following key findings: (1) The level of AI adoption in the surveyed factories is moderate (2.74), with variation according to factory size, where larger factories showed higher adoption rates. (2) AI has a positive and significant impact on improving the accuracy of time and cost estimation (3.48) and planning and control efficiency (3.41), with a relatively lower impact on risk management (3.33). (3) There are statistically significant differences in project performance between AI-adopting and non-adopting factories, in favor of adopting factories. (4) Technical (4.04), financial (4.08), and human (3.99) barriers are the most prominent obstacles to AI adoption. (5) Moderating variables, especially top management support and IT infrastructure readiness, play an important role in enhancing the impact of AI on project performance.

The study proposed a framework to enhance AI adoption in Saudi ETO factories, consisting of three main phases: assessment and readiness, gradual adoption, and evaluation and improvement, with key success factors identified for each phase. The study also provided recommendations for factories and government entities, including: enhancing data quality and building technical infrastructure, building human capabilities and developing skills, gradual adoption and focusing on priority areas, providing financial support and incentives, and developing supportive policies and regulations.

Midocean University

College of Management

Department of Project Management



**The Impact of Adapting Artificial Intelligent on Enhancing the Project Performance of
Manufacturers Works on Engineer-to-Order system in Saudi Arabia (Dammam)**

Prepared by:

Mohsen Al Mohsen

Supervised by:

Dr. Fayez Jarad

Dr. Alfaisal Abdul Hameed

Year:2026