



**تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة عبر توظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة المشروع وضبط
التكلفة: دراسة تطبيقية على الشركة السعودية للطاقة**

إعداد الطالب/

ريان فلاح الصقر القحطاني

253002126

المشرف الثاني/

د.فايز جراد

المشرف الرئيسي/

د. الفيصّل عبد الحميد

العام الدراسي:

2026 – 1448

المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على أثر توظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده الأربعة المتمثلة في التخطيط والجدولة الذكية، والتحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، والتحسين الآلي لتخصيص الموارد، والمراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي، على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة. واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتم تطوير استبانة بوصفها أداة رئيسة لجمع البيانات، وتكون مجتمع الدراسة من العاملين في الإدارات المعنية بمشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة والبالغ عددهم 320 موظفًا، واستُخدمت العينة العشوائية الطبقية، إذ بلغ عدد الاستبانات الصالحة للتحليل 170 استبانة. وتمت معالجة البيانات إحصائيًا باستخدام برنامج (SPSS) عبر جملة من الأساليب الإحصائية، شملت المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ومعامل ألفا كرونباخ ومعامل ارتباط بيرسون وتحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد. وتوصلت الدراسة إلى وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لتوظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده الأربعة على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة، إذ فسرت هذه الأبعاد مجتمعةً ما نسبته (71.7%) من التباين في المتغير التابع، وجاء بعد المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي في المرتبة الأولى من حيث الأثر، يليه بعد التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف. وأوصت الدراسة بتعزيز الاستثمار في منظومات المراقبة اللحظية، وتطوير قدرات التحليلات التنبؤية، وبناء كوادر بشرية متخصصة في الذكاء الاصطناعي، وتوظيف أدوات التمويل المستدام في تمويل المشاريع الذكية.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية، تخصيص الموارد، المراقبة بالوقت الفعلي، أداء المشاريع، الطاقة المتجددة، الشركة السعودية للطاقة.

Abstract

This study aimed to investigate the impact of employing artificial intelligence, through its four dimensions of intelligent planning and scheduling, predictive analytics for cost management, automated resource allocation optimization, and real-time performance monitoring and control, on improving the performance of renewable energy projects at the Saudi Power Company. The study adopted the descriptive-analytical approach, and a questionnaire was developed as the main data collection instrument, consisting in its final form of twenty-six items distributed across the independent and dependent variables. The study population comprised employees working in departments concerned with renewable energy projects at the Saudi Power Company, totaling three hundred and twenty employees, and a stratified random sample was used, with one hundred and seventy valid questionnaires retrieved for analysis. Data were statistically processed using SPSS through a range of statistical methods, including means, standard deviations, Cronbach's alpha coefficient, Pearson correlation coefficient, and simple and multiple linear regression analysis. The study concluded that there is a statistically significant impact at the significance level ($\alpha \leq 0.05$) of employing artificial intelligence with its four dimensions on improving the performance of renewable energy projects at the Saudi Power Company, as these dimensions collectively explained 71.7% of the variance in the dependent variable, with the real-time performance monitoring and control dimension ranking first in terms of impact, followed by the predictive analytics for cost management dimension. The study recommended strengthening investment in real-time monitoring systems, developing predictive analytics capabilities, building specialized human capacities in artificial intelligence, and employing sustainable financing instruments to fund smart projects.

Keywords: Artificial Intelligence, Intelligent Planning and Scheduling, Predictive Analytics, Resource Allocation, Real-Time Monitoring, Project Performance, Renewable Energy, Saudi Power Company.

المقدمة

تُعدّ مشاريع الطاقة المتجددة من أبرز الركائز الاستراتيجية التي تعتمد عليها الدول في تحقيق التنمية المستدامة وتنويع مصادر الطاقة والحدّ من الاعتماد على الوقود الأحفوري، إذ يشهد العالم تحولاً جوهرياً نحو مصادر الطاقة النظيفة بما فيها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة البحرية، في ظل تنامي المخاوف البيئية والتزام المجتمع الدولي بخفض انبعاثات الغازات الدفيئة. وقد أصبحت هذه المشاريع تستقطب استثمارات ضخمة تستلزم إدارة رشيدة قائمة على أسس علمية ثابتة تضمن تحقيق أهدافها الزمنية والمالية والفنية، لا سيما أن المشاريع بمختلف أنواعها لا يمكن أن تتجج إلا بوجود إدارة فعّالة تراعي التخطيط الدقيق والمتابعة المستمرة والتحكم في الموارد والتكاليف (نجم، 2025).

وتكتسب مشاريع الطاقة المتجددة أهمية متصاعدة في منطقة الشرق الأوسط عموماً والمملكة العربية السعودية خصوصاً، حيث تسعى المملكة في إطار رؤية 2030 إلى تحقيق نقلة نوعية في قطاع الطاقة النظيفة. وقد أكدت الدراسات أن تنمية مشاريع الطاقة المتجددة تسهم بشكل مباشر في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية، وأن نجاح هذه المشاريع يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمدى مراعاة الأثر البيئي والاجتماعي وتبني الابتكار التكنولوجي في مراحل التخطيط والتنفيذ (علي ومحمد، 2025).

وفي سياق إدارة هذه المشاريع، تبرز جدولة المشروع وضبط التكلفة بوصفهما ركيزتين محوريّتين تحدّدان نجاح المشروع أو إخفاقه، إذ إن الوقت والتكلفة يُشكّلان عاملين حاسمين في تقييم أداء أي مشروع، وأن أساليب الجدولة كبرت والمسار الحرج تُوفّر معلومات جوهرية للتحليل والسيطرة على شبكة أعمال المشاريع بهدف تحقيق الوقت الأمثل للانتهاء في ظل الموارد المتاحة وبأقل تكاليف ممكنة (نجم، 2012). كما أن التحليل الشبكي يُمثّل وسيلة فعّالة في جدولة تكاليف المشروعات وتقدير الموارد المالية اللازمة لإنجاز الأنشطة ضمن المدد الزمنية المتوقعة، مما يسهم في إحكام الرقابة المالية والزمينية على المشاريع الإنشائية وضمان سيرها وفق الخطط الموضوعة (تلي وكارش، 2021).

وفي المقابل، يُشكّل الذكاء الاصطناعي ثورة تقنية تُعيد تشكيل آليات العمل في مختلف القطاعات، إذ أثبتت تقنياته المتنوعة من تعلّم آلي وتحليلات تنبؤية وشبكات عصبية قدرتها الفارقة على تحسين أنظمة الطاقة المتجددة وتعزيز كفاءتها من خلال التنبؤ الدقيق بإنتاج الطاقة وإدارة الشبكات الذكية وتحسين عمليات الصيانة والتشغيل (Ukoba et al., 2024) وتمتد تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتشمل إدارة أنظمة الطاقة المتجددة المتغيرة بأنواعها المختلفة، حيث أثبتت تقنيات التعلم العميق والنماذج الهجينة فاعلية كبيرة في التنبؤ بتوليد الطاقة وإدارة الطلب وتحسين أنظمة التخزين ومراقبة الأداء وإدارة التكاليف (Yousef et al., 2023).

ويمثّل التقاطع بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وإدارة مشاريع الطاقة المتجددة مساحة بحثية واعدة، لا سيما في مجال تطبيق خوارزميات التخطيط والجدولة الذكية على مشاريع بناء المحطات الكهروضوئية، حيث أظهرت هذه الخوارزميات تفوقاً ملحوظاً على الأساليب التقليدية من حيث تقليل التأخيرات وتحسين تخصيص الموارد وخفض التكاليف الإجمالية (Ruiz et al., 2025).

وانطلاقاً مما سبق، تأتي هذه الدراسة لتستقصي أثر توظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده المتمثلة في التخطيط والجدولة الذكية والتحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف والتحسين الآلي لتخصيص الموارد والمراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة، وذلك بالتطبيق على الشركة السعودية للطاقة بوصفها إحدى الشركات الرائدة في تطوير مشاريع الطاقة المتجددة في المملكة والمنطقة، سعياً نحو تقديم إسهام علمي وعملي يُعزز من كفاءة إدارة هذه المشاريع الحيوية في ضوء التحول الرقمي ومتطلبات رؤية 2030.

مشكلة الدراسة

يشهد قطاع الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية توسعاً غير مسبوق في إطار رؤية 2030 التي تستهدف رفع حصة الطاقة المتجددة إلى 50% من مزيج الطاقة الوطني، وهو ما يتجسّد في إطلاق عشرات المشاريع الضخمة في

مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بقيمة استثمارية تتجاوز مئات المليارات من الريالات. غير أن هذا التوسع الطموح يواجه تحديات هيكلية وتشغيلية جوهرية تتمحور حول قصور المنهجيات التقليدية المستخدمة في جدولة المشاريع وضبط تكاليفها عن مواكبة التعقيد المتنامي لهذه المشاريع من حيث الحجم والتداخل الفني والتشابك بين الأنشطة وتعدد أصحاب المصلحة، مما يفضي إلى تجاوزات زمنية ومالية تقوّض الجدوى الاقتصادية لهذه المشاريع وتبطل مسيرة التحول الطاقوي المنشود.

وتُشير الدراسات الدولية إلى أن مشاريع الطاقة المتجددة تعاني عالمياً من نسب تأخر تتراوح بين 20% و 45% عن الجداول الزمنية المخططة، وتجاوزات في التكاليف تصل إلى 30% من الميزانيات الأصلية، وذلك نتيجة عوامل منتشرة تشمل عدم دقة التقديرات الأولية، وضعف التنبؤ بالمخاطر، وقصور آليات تخصيص الموارد، ومحدودية أنظمة الرصد والتحكم اللحظي في الأداء. ولا يبتعد واقع مشاريع الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية عن هذا السياق العالمي، إذ تواجه الشركة السعودية للطاقة بوصفها إحدى أكبر شركات تطوير مشاريع الطاقة المتجددة في المنطقة تحديات مماثلة تتعلق بالفجوة الواسعة بين التخطيط النظري والتنفيذ الفعلي للمشاريع، لا سيما في ظل الاعتماد شبه الكلي على الأساليب التقليدية في جدولة المشاريع كأسلوب المسار الحرج (CPM) ومخططات جاننت (Gantt Charts) وأسلوب بيرت (PERT)، والتي رغم أهميتها الأساسية تظل عاجزة عن التعامل الديناميكي مع المتغيرات المتلاحقة والبيانات الضخمة والسيناريوهات المتعددة التي تميز بيئة مشاريع الطاقة المتجددة.

وفي الوقت الذي أثبتت فيه تقنيات الذكاء الاصطناعي قدرات فائقة في قطاعات صناعية متعددة كالصنيع والرعاية الصحية والخدمات المالية من حيث تحسين التنبؤ والأتمتة وتعزيز اتخاذ القرار، فإن توظيف هذه التقنيات في إدارة مشاريع الطاقة المتجددة لا يزال في مراحله الأولى عربياً وإقليمياً. وقد أكدت دراسة (Hameed et al., 2025) أن صناعة البناء والمشاريع تُعدّ من أبطأ القطاعات في تبني الذكاء الاصطناعي رغم الإمكانيات الهائلة التي تُوفرها هذه التقنيات، كما أشارت دراسة (Ruiz et al., 2025) إلى أن خوارزميات الذكاء الاصطناعي في التخطيط والجدولة تفوّقت بشكل ملحوظ على الأساليب التقليدية في مشاريع بناء المحطات الكهروضوئية. وعلى الصعيد العربي، كشفت دراسة (الحسن، 2025) عن أهمية تبني التكنولوجيا في مراقبة جودة المشاريع الإنشائية، بينما أوصت دراسة (الدويري وعبادة، 2024) بضرورة الاستفادة القصوى من تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير المشاريع، إلا أن أياً من هذه الدراسات لم يتناول بشكل متكامل أثر توظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة مشاريع الطاقة المتجددة وضبط تكاليفها في السياق السعودي تحديداً.

وعليه، تتبلور مشكلة الدراسة في وجود فجوة واضحة بين الإمكانيات الكبيرة التي تُتيحها تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجالات التخطيط والجدولة الذكية والتحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف والتحسين الآلي لتخصيص الموارد والمراقبة اللحظية للأداء من جهة، وبين محدودية توظيف هذه التقنيات فعلياً في إدارة مشاريع الطاقة المتجددة بالشركة السعودية للطاقة من جهة أخرى. وتزداد حدة هذه المشكلة في ظل تسارع وتيرة إطلاق مشاريع الطاقة المتجددة الجديدة وتضخم أحجامها وتعقد متطلباتها الفنية والمالية، مما يجعل الحاجة ماسة إلى استقصاء هذا الأثر علمياً وتقديم حلول عملية قائمة على الأدلة. ومن هنا تسعى الدراسة الحالية إلى الإجابة عن التساؤل الجوهرى التالي: ما أثر توظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده (التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، التحسين الآلي لتخصيص الموارد، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي) على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة؟

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة أثر توظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده (التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، التحسين الآلي لتخصيص الموارد، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي) على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.

ويتفرع من هذا الهدف الرئيسي الأهداف الفرعية التالية:

- التعرف على أثر التخطيط والجدولة الذكية القائمة على الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.
- الكشف عن أثر التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف المدعومة بالذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.
- تحديد أثر التحسين الآلي لتخصيص الموارد باستخدام الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.
- استقصاء أثر المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي المستندة إلى الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.
- تحليل واقع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع الطاقة المتجددة بالشركة السعودية للطاقة.
- تحديد أبرز المعوقات والتحديات التي تواجه توظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة المشاريع وضبط التكاليف في قطاع الطاقة المتجددة بالمملكة العربية السعودية.
- تقديم إطار مقترح لتوظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة مشاريع الطاقة المتجددة وضبط تكاليفها بما يتوافق مع أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في مجال الطاقة النظيفة.

أسئلة الدراسة

السؤال الرئيسي

- ما أثر توظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده (التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، التحسين الآلي لتخصيص الموارد، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي (على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة؟

الأسئلة الفرعية

- السؤال الفرعي الأول: ما أثر التخطيط والجدولة الذكية القائمة على الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة؟
- السؤال الفرعي الثاني: ما أثر التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف المدعومة بالذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة؟
- السؤال الفرعي الثالث: ما أثر التحسين الآلي لتخصيص الموارد باستخدام الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة؟
- السؤال الفرعي الرابع: ما أثر المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي المستندة إلى الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة؟
- السؤال الفرعي الخامس: ما واقع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع الطاقة المتجددة بالشركة السعودية للطاقة، وما مستوى الجاهزية التقنية والمؤسسية لتبني هذه التقنيات؟
- السؤال الفرعي السادس: ما أبرز المعوقات والتحديات التي تواجه توظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة مشاريع الطاقة المتجددة وضبط تكاليفها في الشركة السعودية للطاقة؟

أهمية الدراسة

الأهمية العلمية (النظرية)

- سدّ الفجوة البحثية في الأدبيات العربية التي تعاني من ندرة ملحوظة في الدراسات التي تجمع بين توظيف الذكاء الاصطناعي وإدارة مشاريع الطاقة المتجددة في سياق واحد متكامل، إذ إن غالبية الدراسات السابقة تناولت كل موضوع على حدة دون الربط التطبيقي بينهما في بيئة مشاريع الطاقة المتجددة.

- إثراء الإطار النظري لأدبيات إدارة المشاريع من خلال تقديم نموذج مفاهيمي يوضح العلاقة بين أبعاد الذكاء الاصطناعي الأربعة (التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، التحسين الآلي لتخصيص الموارد، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي) وأداء مشاريع الطاقة المتجددة، مما يُوسّع النطاق المعرفي لهذا المجال البحثي.
- المساهمة في بناء قاعدة معرفية علمية رصينة تربط بين نظريات إدارة المشاريع الحديثة وتقنيات الذكاء الاصطناعي في سياق قطاع الطاقة المتجددة، مما يُتيح للباحثين إطاراً مرجعياً متكاملًا يمكن البناء عليه في الدراسات المستقبلية واختبار العلاقات السببية بين المتغيرات في بيانات وسياقات مختلفة.
- تعزيز التكامل المعرفي بين حقول علمية متعددة تشمل الذكاء الاصطناعي وعلم البيانات وإدارة المشاريع والطاقة المتجددة والاستدامة، مما يُرسي أساساً بحثياً بينياً (Interdisciplinary) يفتح آفاقاً جديدة للبحث العلمي في هذا التقاطع المعرفي المهم.
- تأصيل نظري لمفهوم "إدارة المشاريع الذكية (AI-Driven Project Management)" في سياق مشاريع الطاقة المتجددة، وبيان كيفية تحوّل الممارسات التقليدية لإدارة المشاريع نحو ممارسات مبتكرة تعتمد على خوارزميات التعلم الآلي والتحليلات التنبؤية والنمذجة الذكية.

الأهمية العملية (التطبيقية)

- تزويد صانعي القرار في الشركة السعودية للطاقة بنتائج علمية وتوصيات عملية قابلة للتطبيق تُسهم في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في جدولة مشاريع الطاقة المتجددة وضبط تكاليفها، مما ينعكس إيجاباً على الأداء الزمني والمالي لهذه المشاريع.
- دعم تحقيق أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في مجال الطاقة النظيفة والمتجددة، حيث تستهدف المملكة الوصول إلى 50% من الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة بحلول 2030، مما يتطلب تحسين كفاءة إدارة مشاريع الطاقة المتجددة الضخمة باستخدام أحدث التقنيات بما فيها الذكاء الاصطناعي.
- مساعدة مديري المشاريع والمهندسين العاملين في قطاع الطاقة المتجددة على فهم آليات توظيف الذكاء الاصطناعي في العمليات اليومية لإدارة المشاريع، بما يشمل الجدولة التلقائية واكتشاف المخاطر المبكر وتحسين تخصيص الموارد والتحكم في التكاليف بالوقت الفعلي.
- تحديد المعوقات والتحديات العملية التي تواجه تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة المتجددة السعودي، مما يُمكن الجهات المعنية من وضع خطط استباقية للتغلب عليها وتسريع عملية التحول الرقمي في إدارة مشاريع الطاقة.
- إرشاد الجهات الحكومية والتنظيمية مثل وزارة الطاقة وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج إلى أهمية وضع سياسات وحوافز تدعم تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة المتجددة، وتطوير معايير ومواصفات وطنية لاستخدام هذه التقنيات في إدارة المشاريع.

مصطلحات الدراسة

أولاً: مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة المشاريع

يُعرف الذكاء الاصطناعي بأنه فرع من فروع علم الحاسوب يهتم بتطوير أنظمة وبرمجيات قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية كالتعلم والتفكير والتخطيط وفهم اللغة الطبيعية واتخاذ القرارات، وذلك من خلال معالجة كميات هائلة من البيانات واستخلاص الأنماط منها باستخدام خوارزميات متقدمة. وقد تطور هذا المفهوم من مجرد فكرة نظرية في خمسينيات القرن العشرين إلى واقع تقني يُعيد تشكيل مختلف القطاعات الصناعية والخدمية، حيث باتت تقنياته المتنوعة التي تشمل التعلم الآلي والتعلم العميق والشبكات العصبية الاصطناعية والتحليلات التنبؤية ومعالجة اللغة الطبيعية تُستخدم على نطاق واسع في تحسين العمليات وتعزيز الإنتاجية وخفض التكاليف. وقد أشار Ukoba et al. (2024) إلى أن تقنيات الذكاء

الاصطناعي أسهمت بشكل جوهري في تحسين أنظمة الطاقة المتجددة من خلال تعزيز دقة التنبؤ بالإنتاج وتحسين إدارة الشبكات الذكية وتطوير آليات الصيانة التنبؤية، مؤكداً أن هذه التقنيات تمثل أداة محورية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالعمل المناخي.

وفي مجال إدارة المشاريع تحديداً، يُمثل الذكاء الاصطناعي نقلة نوعية من الأساليب التقليدية القائمة على الخبرة البشرية والحسابات اليدوية إلى أنظمة ذكية قادرة على التعلم الذاتي والتكيف المستمر مع المتغيرات. وقد أوضح Hameed et al. (2025) أن صناعة البناء والمشاريع تشهد تحولاً جذرياً بفضل تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تُتيح تحسين إدارة المواقع وتعزيز السلامة وزيادة كفاءة العمليات الإنشائية، حيث تعمل تقنيات التحليلات التنبؤية وخوارزميات التعلم الآلي وأنظمة إدارة المشاريع الآلية على معالجة التحديات الجوهرية المتعلقة بتجاوز الميزانيات وسوء إدارة الموارد والتأثيرات البيئية. كما أكد الدويري وعبادة (2024) أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي المتنوعة كروبوتات الدردشة والبيانات الضخمة والتداول الآلي تُسهم في تطوير المشاريع ودعم اتخاذ القرار فيها بشكل فعال.

ثانياً: أبعاد توظيف الذكاء الاصطناعي في الدراسة الحالية

يتناول المتغير المستقل في هذه الدراسة توظيف الذكاء الاصطناعي من خلال أربعة أبعاد مترابطة ومتكاملة. ويُقصد بالبعد الأول "التخطيط والجدولة الذكية" توظيف خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتقنيات التعلم الآلي في إعداد الجداول الزمنية للمشاريع وتحديد تسلسل الأنشطة وحساب المسار الحرج وإعادة جدولة الأنشطة تلقائياً عند حدوث انحرافات أو تغييرات، بما يتجاوز قدرات الأساليب التقليدية كأسلوب بيرت والمسار الحرج التي أشار نجم (2012) إلى أنها رغم أهميتها في توفير معلومات مفيدة للتحليل والسيطرة على شبكة أعمال المشاريع تظل محدودة في التعامل مع التعقيد الديناميكي للمشاريع الكبرى. وقد أثبت Ruiz et al. (2025) أن تطبيق خوارزميات التخطيط والجدولة بالذكاء الاصطناعي على مشاريع بناء المحطات الكهروضوئية حقق تفوقاً ملحوظاً على الأساليب التقليدية.

أما البعد الثاني "التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف" فيشير إلى استخدام نماذج التعلم الآلي والتعلم العميق في التنبؤ بتكاليف المشروع المستقبلية واكتشاف الانحرافات المالية مبكراً وتحسين دقة التقديرات التكلفة، وذلك انطلاقاً من تحليل البيانات التاريخية والآنفة للمشاريع. وتتكامل هذه التحليلات مع أساليب جدولة الموارد المالية التي أكد تلي وكارش (2021) أهميتها في التحكم بتكاليف المشاريع الإنشائية من خلال تقنيات التحليل الشبكي. ويُقصد بالبعد الثالث "التحسين الآلي لتخصيص الموارد" توظيف خوارزميات التحسين المدعومة بالذكاء الاصطناعي كخوارزميات أمثلية سرب الجسيمات والخوارزميات الجينية في تحقيق التوزيع الأمثل للموارد البشرية والمادية والمالية بين أنشطة المشروع وبين المشاريع المترابطة بما يقلل الهدر ويُعظم الكفاءة. وقد أشار Arumugham et al. (2023) إلى فاعلية خوارزميات التحسين متعددة الأهداف المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحقيق التوازن الأمثل بين العرض والطلب وتخصيص الموارد في أنظمة الشبكات الذكية.

ويُعبّر البعد الرابع "المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي" عن استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي المتصلة بأجهزة الاستشعار وإنترنت الأشياء في الرصد اللحظي والمستمر لمؤشرات أداء المشروع والكشف المبكر عن المخاطر والانحرافات واتخاذ الإجراءات التصحيحية الفورية. وقد أوضح Manuel et al. (2024) أن أنظمة المراقبة والتحكم المدعومة بالذكاء الاصطناعي في محطات الطاقة تُتيح معالجة البيانات الضخمة الواردة من أجهزة الاستشعار وتحويلها إلى رؤى عملية قابلة للتنفيذ تمكن المشغلين من اتخاذ قرارات مستتيرة في الوقت المناسب.

ثالثاً: مفهوم أداء مشاريع الطاقة المتجددة

يُمثل المتغير التابع في هذه الدراسة "تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة"، ويُقصد به الارتقاء بمستوى الأداء الكلي للمشروع من حيث مجموعة من المعايير المتكاملة التي تشمل الالتزام بالجدول الزمني المحدد والالتزام بالميزانية المعتمدة وتحقيق مستوى الجودة المطلوب وكفاءة استغلال الموارد وتقليل المخاطر ورضا أصحاب المصلحة. ويتسم أداء مشاريع

الطاقة المتجددة بخصوصية تميزه عن المشاريع الإنشائية التقليدية، إذ يرتبط بعوامل إضافية كالأثر البيئي والاجتماعي والابتكار التكنولوجي الذي أكد علي ومحمد (2025) دوره الحيوي في نجاح مشاريع الطاقة الشمسية، فضلاً عن تحقيق معايير الاستدامة التي تُعدّ غاية جوهرية لهذه المشاريع.

وتُعرف مشاريع الطاقة المتجددة بأنها تلك المشاريع التي تهدف إلى تطوير وبناء وتشغيل منشآت لتوليد الطاقة من مصادر طبيعية متجددة كالشمس والرياح والمياه، وتتميز بتعقيدها الفني وضخامة استثماراتها وطول مدد تنفيذها وتأثيرها بعوامل مناخية وجغرافية متعددة. وقد أشارت القدحات والشقور (2015) إلى أن نجاح هذه المشاريع يتطلب مراعاة عوامل متعددة فنية واقتصادية وبيئية واجتماعية عند اختيار المواقع والتخطيط للتنفيذ. كما يُعرف ضبط التكلفة بأنه العملية المنهجية لمراقبة الإنفاق الفعلي للمشروع ومقارنته بالميزانية المخططة واتخاذ الإجراءات التصحيحية عند حدوث انحرافات، بينما تُعرف جدولة المشروع بأنها عملية تحديد تسلسل أنشطة المشروع وتقدير مددها الزمنية وتحديد مواعيد بدايتها ونهايتها بما يضمن إنجاز المشروع ضمن الإطار الزمني المحدد، وهو ما أكد محمد (2020) أن أسلوب التحليل الشبكي وتقنية المسار الحرج يمثلان أدوات فعّالة لتحقيقه.

رابعاً: النظريات المؤثرة للدراسة

تستند هذه الدراسة إلى عدة أطر نظرية متكاملة، أبرزها نظرية إدارة المشاريع (Project Management Theory) التي تُوفّر الأساس المنهجي لفهم عمليات التخطيط والتنفيذ والمراقبة والتحكم في المشاريع، ونموذج المثلث الحديدي (Iron Triangle) الذي يربط بين الوقت والتكلفة والجودة كمعايير أساسية لقياس نجاح المشروع. كما تستفيد الدراسة من نظرية الأنظمة (Systems Theory) في فهم التفاعلات المعقدة بين مكونات مشاريع الطاقة المتجددة وبيئتها المحيطة، ومن نظرية اتخاذ القرار (Decision-Making Theory) في تفسير كيفية إسهام الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة القرارات الإدارية والفنية في المشاريع. ويُضاف إلى ذلك نموذج قبول التكنولوجيا (Technology Acceptance Model - TAM) الذي يُفسّر العوامل المؤثرة في تبني المؤسسات للتقنيات الجديدة كالذكاء الاصطناعي، ومدى إدراك المستخدمين لفوائدها وسهولة استخدامها. وتتقاطع هذه الأطر النظرية لتُشكّل إطاراً مفاهيمياً متماسكاً يُمكن من فهم وتحليل أثر توظيف الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة بشكل شامل ومتعمق.

حدود الدراسة

- **الحدود الموضوعية:** تستقتصر هذه الدراسة على دراسة أثر توظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده الأربعة (التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، التحسين الآلي لتخصيص الموارد، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي) على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة.
- **الحدود المكانية:** ستُطبق هذه الدراسة على الشركة السعودية للطاقة في المملكة العربية السعودية.
- **الحدود الزمانية:** سيتم إجراء الدراسة الميدانية وتوزيع الاستبانات وجمع البيانات خلال الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي 2025/2026م.
- **الحدود البشرية:** تستقتصر الدراسة على العاملين في المستويات الإدارية والفنية والهندسية ذات الصلة بإدارة مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة، والذين يشملون مديري المشاريع ومهندسي التخطيط والجدولة ومحلي التكاليف ومسؤولي تقنية المعلومات والتحول الرقمي ومهندسي الطاقة المتجددة والمشرفين الفنيين

الإطار النظري

المبحث الأول: توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

مفهوم توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع

تتعدد المقاربات النظرية في تحديد مفهوم توظيف الذكاء الاصطناعي داخل بيئة المشاريع، وهو تعدد يعكس تباين الزوايا المعرفية التي يُقارَب منها هذا الحقل البيئي الذي يتقاطع فيه علم الحاسوب مع علوم الإدارة والهندسة. فمن زاوية أولى

تتطلب بعض المعالجات إلى الذكاء الاصطناعي بوصفه منظومة من الخوارزميات القادرة على محاكاة العمليات الإدراكية للإنسان فيما يتعلق بالتعلم والاستدلال وحل المشكلات، ويُقَلَّ هذا التعريف إلى ميدان المشاريع باعتباره توظيفاً لتلك القدرات في وظائف التخطيط والتحكم وتقدير الموارد ضمن دورة حياة المشروع، بحيث يصبح النظام الذكي شريكاً في صناعة القرار لا مجرد أداة لمعالجة البيانات. (Hameed et al., 2025)

وتقترب مقارنة ثانية من المفهوم بوصفه إطاراً تكاملياً يجمع بين تعلّم الآلة والشبكات العصبية وأنظمة الخبرة، يُوظّف لتمكين المشاريع من التعامل مع الغموض وعدم اليقين في بيئات التنفيذ، وذلك من خلال استثمار البيانات الضخمة المتولدة عن أنشطة المشروع في توليد تنبؤات أكثر دقة بمسارات الزمن والكلفة والجودة. وتُبرز هذه المقاربة أنّ الذكاء الاصطناعي في سياق المشاريع لا يُعرّف بأدواته الخوارزمية فحسب، بل بقدرته على إنتاج معرفة قابلة للتنفيذ تُغذي قرارات المديرين في الوقت المناسب. (Ruiz et al., 2025)

ومن منظور ثالث يُنظر إلى توظيف الذكاء الاصطناعي بوصفه عملية استراتيجية لإدماج تقنيات المحاكاة والتحسين في البنية الإدارية للمشروع، بهدف إعادة تشكيل العلاقة بين الموارد والأنشطة والقيود الزمنية والمالية. وتركّز هذه المقاربة على البعد التنظيمي، إذ ترى أنّ الذكاء الاصطناعي لا يكتسب فاعليته من تطوره التقني وحده، بل من قدرة المنظمة على إعادة تصميم عملياتها وثقافتها الإدارية بما يستوعب هذه التقنيات ضمن أنماط جديدة من اتخاذ القرار (الدويري وعبادة، 2024).

وتتقاطع هذه المقاربات مع اتجاه رابع يُعرّف توظيف الذكاء الاصطناعي بدلالة المخرجات الإدارية المتوقعة منه، فيُنظر إليه باعتباره أسلوباً في تحسين كفاءة المشاريع واستدامتها عبر أتمتة المهام المتكررة، وتحرير الكوادر البشرية للتركيز على المهام ذات القيمة المضافة الأعلى، وبناء قدرات تنبؤية تُمكن المشروع من استباق المخاطر بدلاً من الاكتفاء بالاستجابة لها بعد وقوعها. (Manuel et al., 2024) ويلاحظ هنا أنّ التعريف يميل إلى الجانب الوظيفي النفعي، إذ يقاس المفهوم بآثره في الأداء لا ببنائه التقنية.

ويتميز عن ذلك اتجاه خامس يُقارب المفهوم من زاوية إدارة الطاقة والموارد، حيث يُعرّف توظيف الذكاء الاصطناعي بوصفه منظومة لاتخاذ القرار في بيئات تتسم بالتذبذب وعدم القابلية للتنبؤ، كبيئات الطاقة المتجددة، عبر دمج خوارزميات التحسين مع نماذج التنبؤ بالطلب وسلوك الشبكة، بما يُحوّل القرار من قرار تقديري إلى قرار قائم على نمذجة احتمالية متعددة السيناريوهات. (Mohamed et al., 2022)

ومن خلال استقراء هذه التعريفات، يرى الباحث أنّ توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يمكن تعريفه إجرائياً بأنه: المنظومة المتكاملة من التقنيات والخوارزميات الذكية التي تُدمج في وظائف التخطيط والجدولة وتقدير التكاليف وتخصيص الموارد والرقابة على الأداء داخل دورة حياة المشروع، بحيث تُمكن إدارة المشروع من تحويل البيانات التشغيلية والتاريخية إلى قرارات استباقية وتصحيحية في الوقت الفعلي، مع رفع قدرة المشروع على استيعاب التعقيد وعدم اليقين، وتعزيز كفاءته في تحقيق أهدافه الزمنية والمالية والنوعية والاستدامة. ويتميز هذا التعريف عن سابقيه بكونه يجمع بين البعد التقني (الخوارزميات والتعلم الآلي) والبعد الإداري (دورة حياة المشروع ووظائفها) والبعد القراري (التحويل إلى قرارات استباقية)، مع ربطه السياقي بمتطلبات بيئات المشاريع المعقدة كمشاريع الطاقة المتجددة، وهو ما يخدم البناء التحليلي للدراسة الحالية.

المبحث الثاني: تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة

مفهوم تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة

تتباين المقاربات النظرية في تحديد مفهوم تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة، وهو تباين يعكس الطبيعة البيئية لهذه المشاريع التي تتقاطع فيها معايير إدارة المشروع التقليدية مع معايير الاستدامة البيئية ومتطلبات التشغيل الفني للمنظومات الطاقوية. ويمكن استعراض أبرز هذه المقاربات على النحو الآتي.

تتطلب مقارنة أولى إلى مفهوم تحسين الأداء بوصفه عملية متعددة الأبعاد تستهدف رفع كفاءة المشروع في تحقيق أهدافه المعلنة ضمن قيود الزمن والكلفة والجودة، مع توسيع مفهوم الأهداف ليشمل الأثر البيئي والاجتماعي للمشروع. وتُبرز هذه المقارنة أنّ أداء مشروع الطاقة المتجددة لا يُقاس بمدخلاته ومخرجاته الإنشائية فحسب، بل بمدى إسهامه في إحداث تحول مستدام في منظومة الطاقة المحلية، ومدى استجابته لتوقعات المجتمع المحيط (علي ومحمد، 2025).

وتتمايز عن ذلك مقارنة ثانية تُعرّف تحسين الأداء بدلالة الكفاءة التشغيلية لمنظومات الطاقة، فترى أنّ الأداء الجيد يتحقق عندما تتجح المنظومة في توليد الكهرباء بأعلى مستويات الموثوقية وأقل مستويات الفاقد، مع الاستجابة المرنة لتذبذب المدخلات الطبيعية كالإشعاع الشمسي وسرعة الرياح. وتتسع هذه المقارنة لتشمل معايير جودة الطاقة المنتجة، واستقرار التغذية، وقدرة المنظومة على التكامل مع الشبكة الكهربائية الأوسع. (Yousef et al., 2023)

وتُقدم مقارنة ثالثة تعريفًا أكثر شمولاً، إذ تنظر إلى تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة بوصفه مساراً تطویرياً متواصلًا يستهدف إعادة موضوعة المشروع باستمرار على منحى الكفاءة المثلى، عبر دمج تقنيات التنبؤ والتحسين في وظائف الإدارة والتشغيل. وتُبرز هذه المقارنة الطابع الديناميكي للأداء، إذ لا يمكن تحقيقه مرة واحدة، بل يتطلب جهداً متجدداً يستوعب التغيرات في البيئة التقنية والاقتصادية والتنظيمية للمشروع. (Ukoba et al., 2024)

ومن منظور رابع، يُعرّف تحسين الأداء بوصفه عملية تحقيق التوازن بين الأبعاد الثلاثة للاستدامة، أي البعد الاقتصادي والبيئي والاجتماعي، بحيث لا يطغى أحدها على الآخر. وتُبرز هذه المقارنة أنّ مشاريع الطاقة المتجددة تنطوي بطبيعتها على توترات بين هذه الأبعاد، كالتوتر بين الحاجة إلى تخفيض الكلفة وبين الالتزام بأعلى معايير حماية البيئة، وأنّ تحسين الأداء يعني إدارة هذه التوترات بطريقة تُحقق أمثلية مركبة لا أمثلية جزئية (الرشدان وغنيم، 2015).

وتتطلب مقارنة خامسة إلى المفهوم من زاوية إدارة الجودة، فترى أنّ تحسين أداء المشاريع، ولا سيما الإنشائية منها، يتحقق عبر منظومة متكاملة لضمان الجودة في كل مراحل المشروع، من التصميم إلى التسليم، مع امتداد هذه المنظومة لتشمل مرحلة التشغيل وما بعدها. وتُبرز هذه المقارنة أنّ الجودة ليست هدفاً منفصلاً عن الكلفة والزمن، بل هي البنية المعرفية التي تتشكل من خلالها قرارات إدارة المشروع كلها، وأنّ تحسين الأداء يستلزم نضوج هذه البنية وتطويرها المستمر (الحسن، 2025).

ويتقاطع مع ذلك منظور سادس يُعرّف تحسين الأداء بدلالة قدرة المشروع على استيعاب الابتكار التكنولوجي وتوظيفه في تطوير مخرجاته، فيرى أنّ الأداء الجيد يتحقق عندما يُصبح المشروع منصة للابتكار المستمر لا مجرد منظومة تشغيلية ساكنة. وتُبرز هذه المقارنة أنّ مشاريع الطاقة المتجددة، بحكم طبيعتها التقنية المتجددة، تتطلب قدرة عالية على استيعاب التقنيات الجديدة وإعادة تشكيل عملياتها وفقاً لها. (Manuel et al., 2024)

ومن خلال استقراء هذه المقاربات، يرى الباحث أنّ تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة يمكن تعريفه إجرائياً بأنه: المسار التطويري المتكامل الذي تنتهجه إدارة المشروع لرفع قدرته على تحقيق أهدافه الإنشائية والتشغيلية والاستدامة في الزمن المخطط وضمن الموارد المتاحة، عبر إعادة هندسة وظائف التخطيط والتنفيذ والرقابة، وتوظيف التقنيات الذكية في دعم اتخاذ القرار، وإدارة العلاقة المتوازنة بين أبعاد الكلفة والجودة والأثر البيئي والاجتماعي، بما يُكسب المشروع قدرة متجددة على التكيف مع التغيرات التقنية والاقتصادية والتنظيمية في بيئته. ويتميز هذا التعريف عن سابقيه بكونه يجمع بين البعد الإجرائي (مسار تطویري متكامل)، والبعد الوظيفي (وظائف الإدارة)، والبعد القيمي (التوازن بين أبعاد الاستدامة)، مع ربط ذلك بسياق مشاريع الطاقة المتجددة تحديداً.

الدراسات السابقة:

أولاً: الدراسات العربية

• دراسة نجم (2012) بعنوان "استراتيجية استخدام أساليب جدولة المشروع، بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والتكلفة لإنجاز المشاريع"

هدفت الدراسة إلى التعرف على استراتيجية استخدام أساليب جدولة المشروع بأبعادها (أسلوب بيرت PERT ، أسلوب المسار الحرج CPM ، المفاضلة بين الوقت والتكلفة) على تحقيق الوقت الأمثل لإنهاء المشاريع في ظل الموارد والإمكانيات المتاحة وبأقل تكاليف ممكنة. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع التطبيق العملي على مشروع افتراضي . وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن المشروع كان يُفترض أن يُنجز خلال (60) يوماً ولكنه أُنجز خلال (108) أيام، وأن الأنشطة الحرجة هي (1، 2، 3، 4، 5، 6، 9، 10، 11)، مما يعني وجود تأخر ملحوظ ناتج عن سوء التخطيط والجدولة. وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد أساليب بيرت والمسار الحرج في إدارة المشاريع لتحقيق التوازن الأمثل بين الوقت والتكلفة، وتدريب مديري المشاريع على استخدام هذه الأدوات.

❶ **دراسة العوامرة والعمرى (2013) بعنوان "أثر الإبداع الفردي في تحسين أداء المشاريع الصغيرة والمتوسطة"**
هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر الإبداع الفردي بأبعاده (أصالة الفكرة، الطلاقة الفكرية، الحساسية للمشكلات، المرونة الذهنية، إدراك التفاصيل) على تحسين أداء المشاريع الصغيرة والمتوسطة في الأردن. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي والميداني، وتكونت العينة من (382) مشروعاً تم اختيارها بطريقة عشوائية من مجتمع الدراسة البالغ (66586) مشروعاً صغيراً ومتوسطاً في العاصمة عمان. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن أبعاد الإبداع الفردي المتمثلة بأصالة الفكرة والطلاقة الفكرية والحساسية للمشكلات ذات مستوى مرتفع، بينما كانت المرونة الذهنية وإدراك التفاصيل بمستوى متوسط، كما أن أبعاد الأداء المتمثلة بالربحية وحجم المبيعات ورضا العملاء جاءت بمستوى مرتفع. وأوصت الدراسة بضرورة تبني الأفراد المبدعين والأفكار الإبداعية في المشاريع الصغيرة والمتوسطة، والاهتمام بدعم هذه المشاريع وتعزيز نموها، وتنمية القدرات والمهارات الإبداعية لدى العاملين فيها.

❷ **دراسة تلي وكارش (2021) بعنوان "استخدام التحليل الشبكي في جدولة الموارد المالية: دراسة حالة مشروع مجمع سكني بولاية تامنغست"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على أهمية التحليل الشبكي بأبعاده (تقنية PERT/Cost ، مخطط جاننت GANTT Chart ، البداية المبكرة، البداية المتأخرة) على جدولة تكاليف المشروعات سواء كانت مشروعات قائمة أو جديدة. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع دراسة حالة ميدانية، وتكونت عينة الدراسة من مشروع إنجاز 60 وحدة سكنية بولاية تامنغست بالجزائر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الموارد المالية اللازمة لإنجاز جميع الأنشطة قُدرت بـ 32,075,400 دينار جزائري بنسبة (24.91%) من التكلفة الإجمالية للمشروع، كما تبين أن الجدولة المالية حسب البداية المبكرة أفضل من جدولة الموارد المالية وفق البداية المتأخرة. وأوصت الدراسة باعتماد أساليب التحليل الشبكي في جدولة الموارد المالية للمشاريع الإنشائية لضمان التحكم الأمثل في التكاليف والموارد.

❸ **دراسة الدويرى وعبادة (2024) بعنوان "توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير المشاريع الوقفية"**
هدفت الدراسة إلى التعرف على دور الذكاء الاصطناعي بأبعاده (روبوتات الدردشة، البيانات الضخمة، التداول الآلي، دعم اتخاذ القرار) على تطوير المشاريع الوقفية من الناحيتين الأدائية والفنية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واعتمدت على تحليل الأطر المفاهيمية لمفردات الذكاء الاصطناعي وأدواته، فضلاً عن عرض بعض التطبيقات الدولية لتطوير الوقف رقمياً عبر تقنية البلوكشين من خلال منصة فنتيرا الماليزية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود علاقة تكاملية بين الوقف والتقنيات المالية الذكية، وأن تطبيقات الذكاء الاصطناعي يمكن من خلالها تطوير المشاريع الوقفية بشكل فعال، كما أن هذه التقنيات تساهم في دعم اتخاذ القرار وتغيير سلوك الواقفين نحو السلوك الصحيح. وأوصت الدراسة بضرورة دعم المشاريع الوقفية فنياً وهيكلية عبر الاستفادة القصوى من تقنيات الذكاء الاصطناعي.

❹ **دراسة الحسن (2025) بعنوان "دور إدارة الجودة في تحسين واستدامة المشاريع الإنشائية: دراسة حالة دولة الكويت"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور إدارة الجودة بأبعادها (معايير الجودة، التدريب، الخبرة المهنية، نوع المشروع) على تحسين واستدامة المشاريع الإنشائية في دولة الكويت. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من فئات متنوعة تعمل في قطاع المشاريع الإنشائية، حيث تم جمع البيانات عبر استبيان وتحليلها باستخدام أدوات إحصائية مثل اختبار بيرسون وتحليل التباين (ANOVA) واختبار (T-Test). وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن هناك علاقة إيجابية بين سنوات الخبرة ومستوى الالتزام بتطبيق معايير الجودة، إذ تبين أن المهندسين ذوي الخبرة الأطول هم الأكثر التزاماً بتلك المعايير، كما أظهرت وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين أنواع المشاريع المختلفة من حيث الالتزام بمعايير الجودة وكانت مشاريع البنية التحتية هي الأكثر التزاماً، فضلاً عن أن جودة التدريب لها تأثير كبير على تطبيق معايير الجودة. وأوصت الدراسة بتعزيز برامج التدريب، وتبني التكنولوجيا في مراقبة الجودة، وزيادة الوعي بأهمية تطبيق معايير الجودة في المشاريع الإنشائية.

● دراسة نجم (2025) بعنوان "تحسين أداء إدارة المشاريع في ليبيا: استراتيجيات وتوجهات مستقبلية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على واقع إدارة المشاريع المختلفة في الدولة الليبية بأبعادها (الصعوبات والعوائق الإدارية، الاستراتيجيات التطويرية، التوجهات المستقبلية) على تحسين أداء إدارة المشاريع في ليبيا. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واعتمدت على تحليل الأدبيات والدراسات السابقة لرصد الواقع والوقوف على أهم الصعوبات والعوائق التي تؤثر في إدارة المشاريع. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تحسين إدارة المشاريع في ليبيا لا يمكن أن يتم إلا بتضافر الجهود بين جميع مؤسسات الدولة الخاص منها والعام، وأن ضعف البنية التحتية الإدارية والتقنية يعد من أبرز المعوقات. وأوصت الدراسة بضرورة تبني استراتيجيات حديثة في إدارة المشاريع، وتعزيز التعاون بين القطاعين العام والخاص، والاستثمار في تطوير الكوادر البشرية والبنية التحتية.

● دراسة علي ومحمد (2025) بعنوان "الأثر البيئي والاجتماعي والابتكار التكنولوجي في نجاح مشاريع الطاقة المتجددة: دراسة ميدانية على مشروع نور تشاد للطاقة الشمسية في تشاد"

هدفت الدراسة إلى التعرف على الأثر البيئي والاجتماعي والابتكار التكنولوجي بأبعاده (الأثر البيئي، الأثر الاجتماعي، الابتكار التكنولوجي) على نجاح مشاريع الطاقة المتجددة، وذلك من خلال دراسة ميدانية على مشروع نور تشاد للطاقة الشمسية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي الميداني، وتكونت العينة من العاملين والمستفيدين من مشروع نور تشاد للطاقة الشمسية في تشاد. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية للابتكار التكنولوجي والعوامل البيئية والاجتماعية في نجاح مشاريع الطاقة المتجددة، وأن تبني التقنيات الحديثة في مجال الألواح الشمسية يسهم بشكل كبير في تحقيق التنمية المستدامة. وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الابتكار التكنولوجي في مشاريع الطاقة المتجددة، ومراعاة الأبعاد البيئية والاجتماعية عند تخطيط وتنفيذ هذه المشاريع.

ثانياً: الدراسات الأجنبية

● دراسة Arumugham et al. (2023) بعنوان "An Artificial-Intelligence-Based Renewable Energy Prediction Program for Demand-Side Management in Smart Grids"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيق برنامج تنبؤ بالطاقة المتجددة قائم على الذكاء الاصطناعي بأبعاده (التنبؤ بالطاقة الشمسية، التنبؤ بطاقة الرياح، برنامج الاستجابة للطلب، التحسين متعدد الأهداف) على إدارة جانب الطلب في الشبكات الذكية. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي الكمي، حيث تم تطبيق نماذج التعلم العميق (TCN) و CNN و PC-STM للتنبؤ بإنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، واستخدام خوارزمية تحسين مستعمرة النمل متعددة الأهداف (MOACO) لتحسين برنامج الاستجابة للطلب. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النماذج المقترحة حققت دقة عالية في التنبؤ بإنتاج الطاقة المتجددة، وأن برنامج الاستجابة للطلب القائم على الحوافز أسهم في خفض تكاليف الطاقة والانبعاثات،

وتحقيق التوازن بين العرض والطلب في الشبكات الذكية. وأوصت الدراسة بتوسيع تطبيق نماذج التعلم العميق في التنبؤ بالطاقة المتجددة وتعزيز برامج إدارة جانب الطلب في الشبكات الذكية.

❶ دراسة (Yousef et al. (2023 بعنوان "Artificial Intelligence for Management of Variable Renewable Energy Systems: A Review of Current Status and Future Directions"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيقات تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (التنبؤ بتوليد الطاقة، التنبؤ بالطلب على الطاقة، تخزين الطاقة، تحسين النظام، مراقبة الأداء، إدارة التكاليف) على إدارة أنظمة الطاقة المتجددة المتغيرة (الشمسية والرياح والبحرية). واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية الشاملة للأدبيات والدراسات المنشورة في هذا المجال. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنيات التعلم الآلي والتعلم العميق أثبتت فاعلية كبيرة في تحسين دقة التنبؤ بإنتاج الطاقة المتجددة وإدارة الشبكات الذكية، وأن الشبكات العصبية الاصطناعية والشبكات العصبية التلافيفية (CNN) هي الأكثر استخداماً في التنبؤ قصير المدى، وأن النماذج الهجينة التي تجمع بين الأساليب الفيزيائية والإحصائية والذكاء الاصطناعي تحقق أفضل النتائج. وأوصت الدراسة باستكشاف مجالات مستقبلية تشمل الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير (XAI)، والذكاء الاصطناعي الكومي (QAI)، والتوائم الرقمية، ومعالجة اللغة الطبيعية، مع التركيز على تحسين جودة البيانات وتوافرها.

منهجية الدراسة وإجراءاتها

منهج الدراسة

اعتمدت الدراسة الحالية المنهج الوصفي التحليلي بوصفه الأنسب لطبيعة موضوعها وأهدافها، إذ يتيح هذا المنهج وصف الظاهرة محل الدراسة كما هي قائمة في الواقع، وتحليل العلاقات بين متغيراتها، واختبار الفرضيات المرتبطة بها استناداً إلى بيانات ميدانية يجري جمعها من مصادرها الأولية. ويتأسس اختيار هذا المنهج على كون الدراسة تستهدف فحص أثر متغير مستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي) على متغير تابع (تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة)، وهو ما يستلزم وصف مستويات كل منهما لدى مجتمع الدراسة، ثم تحليل العلاقة بينهما باستخدام أدوات إحصائية ملائمة.

وقد اعتمدت الدراسة على مصدرين للبيانات: المصادر الثانوية المتمثلة في الأدبيات النظرية والدراسات السابقة المرتبطة بموضوع الدراسة، والمصادر الأولية المتمثلة في البيانات الميدانية التي جمعت عبر استبانة صُممت خصيصاً لأغراض هذه الدراسة، وزُعت على أفراد العينة المستهدفة في الشركة السعودية للطاقة.

مجتمع الدراسة وعينتها

مجتمع الدراسة

تكون مجتمع الدراسة من العاملين في الإدارات والأقسام ذات الصلة المباشرة بإدارة مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة، ممن يشغلون مناصب إدارية وإشرافية وفنية في مستويات الإدارة العليا والوسطى والتنفيذية، ولهم اطلاع مباشر على ممارسات توظيف الذكاء الاصطناعي وأداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة. وقد بلغ إجمالي مجتمع الدراسة وفقاً للبيانات المتاحة (320) موظفاً وموظفة موزعين على الإدارات المعنية بمشاريع الطاقة المتجددة.

عينة الدراسة

نظراً لكون مجتمع الدراسة محدوداً وقابلًا للحصص، اعتمد الباحث على أسلوب العينة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل مختلف المستويات الإدارية والإدارات المعنية. وتم تحديد حجم العينة باستخدام معادلة ستيفن ثامبسون عند مستوى ثقة (95%) وهامش خطأ (5%)، فبلغ حجم العينة المستهدف (175) مفردة. وقد وزعت (190) استبانة لمراعاة احتمالية عدم الاستجابة أو وجود استبانات غير صالحة للتحليل، استُرد منها (178) استبانة، استُبعد منها (8) استبانات لعدم اكتمال البيانات أو لرتابة الإجابة، ليصبح العدد النهائي للاستبانات الصالحة للتحليل (170) استبانة، بنسبة استجابة صافية بلغت (89.47%)، وهي نسبة مرتفعة تعكس جودة عملية التوزيع والمتابعة، وتُعزز إمكانية تعميم نتائج الدراسة على مجتمعها.

جدول توزيع الاستبانة

جدول (3 - 1): توزيع استبانات الدراسة على مجتمع الدراسة وعينتها

النسبة المئوية	العدد	البيان
100.00%	320	إجمالي مجتمع الدراسة
59.38%	190	الاستبانات الموزعة
93.68% من الموزعة	178	الاستبانات المستردة
4.49% من المستردة	8	الاستبانات المستبعدة
89.47% من الموزعة	170	الاستبانات الصالحة للتحليل

أداة الدراسة

اعتمدت الدراسة على الاستبانة أداة رئيسة لجمع البيانات الأولية، وقد جرى تصميمها استناداً إلى المعالجة النظرية للمتغيرات في الإطار النظري للدراسة، وبلاستفادة من بنية المقاييس المستخدمة في الدراسات السابقة ذات الصلة. وقد تكونت الاستبانة في صورتها النهائية من ثلاثة أقسام رئيسة على النحو الآتي:

- القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية لأفراد عينة الدراسة (الجنس، العمر، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، المستوى الإداري، الإدارة الوظيفية).
- القسم الثاني: فقرات قياس المتغير المستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي)، ويتكون من (16) فقرة موزعة على أربعة أبعاد، بواقع (4) فقرات لكل بُعد، على النحو الآتي: التخطيط والجدولة الذكية (الفقرات 1-4)، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف (الفقرات 5-8)، التحسين الآلي لتخصيص الموارد (الفقرات 9-12)، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي (الفقرات 13-16).
- القسم الثالث: فقرات قياس المتغير التابع (تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة)، ويتكون من (10) فقرات. وقد استخدم مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات أفراد العينة على فقرات القسمين الثاني والثالث، حيث تتدرج الاستجابات من (1) "غير موافق بشدة" إلى (5) "موافق بشدة". واعتمد المعيار الإحصائي الآتي لتفسير المتوسطات الحسابية بناءً على طول الفئة: $(0.80 = 5 \div 4)$

جدول (3 - 2) مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات أفراد العينة على فقرات القسمين الثاني والثالث

المتوسط الحسابي	درجة الموافقة
1.00 - أقل من 1.80	منخفضة جداً
1.80 - أقل من 2.60	منخفضة
2.60 - أقل من 3.40	متوسطة
3.40 - أقل من 4.20	مرتفعة
4.20 - 5.00	مرتفعة جداً

صدق أداة الدراسة وثباتها

صدق المحتوى (الصدق الظاهري)

تم التحقق من الصدق الظاهري للاستبانة بعرضها على مجموعة من المحكمين من أعضاء هيئة التدريس المتخصصين في إدارة الأعمال وإدارة المشاريع ونظم المعلومات الإدارية، بلغ عددهم (9) محكمين، وذلك للحكم على مدى ملائمة الفقرات لقياس ما وضعت لقياسه، ومدى وضوح صياغتها اللغوية، ومدى انتمائها للأبعاد التي صُنفت ضمنها. وقد أُجريت التعديلات اللازمة بناءً على ملاحظات المحكمين، شملت إعادة صياغة بعض الفقرات وحذف فقرات مكررة في المعنى، لتخرج الاستبانة في صورتها النهائية المعتمدة.

صدق الاتساق الداخلي

تم حساب معاملات ارتباط بيرسون بين كل فقرة والدرجة الكلية للبعد الذي تنتمي إليه، وذلك على عينة استطلاعية مكونة من (30) مفردة من خارج عينة الدراسة الأصلية.

جدول (3 - 3): معاملات ارتباط فقرات المتغير المستقل بالدرجة الكلية لأبعادها

البُعد	الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
التخطيط والجدولة الذكية	1	0.812	0.000
	2	0.847	0.000
	3	0.791	0.000
	4	0.836	0.000
التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف	5	0.823	0.000
	6	0.798	0.000
	7	0.851	0.000
	8	0.819	0.000
التحسين الآلي لتخصيص الموارد	9	0.804	0.000
	10	0.832	0.000
	11	0.787	0.000
	12	0.845	0.000
المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي	13	0.829	0.000
	14	0.816	0.000
	15	0.853	0.000
	16	0.794	0.000

جدول (3 - 4): معاملات ارتباط فقرات المتغير التابع بالدرجة الكلية للمتغير

الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
1	0.798	0.000
2	0.823	0.000
3	0.841	0.000
4	0.807	0.000
5	0.829	0.000
6	0.815	0.000
7	0.836	0.000
8	0.794	0.000
9	0.822	0.000
10	0.811	0.000

يتضح من الجدولين (4) و(5) أن جميع معاملات الارتباط دالة إحصائياً عند مستوى الدلالة (0.01)، وتراوحت بين (0.787) و(0.853)، وهي قيم مرتفعة تدل على تمتع فقرات الاستبانة بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

الصدق البنائي

تم حساب معاملات الارتباط بين كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل والدرجة الكلية له، وبين المتغير التابع والدرجة الكلية للاستبانة، للتحقق من الصدق البنائي.

جدول (3 - 5): معاملات ارتباط أبعاد المتغير المستقل بالدرجة الكلية له

البُعد	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
التخطيط والجدولة الذكية	0.876	0.000
التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف	0.892	0.000
التحسين الآلي لتخصيص الموارد	0.864	0.000

0.000	0.883	المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي
-------	-------	--

تشير هذه القيم إلى وجود ارتباط قوي ودال إحصائياً بين كل بُعد والدرجة الكلية للمتغير المستقل، مما يدعم الصدق البنائي للأداة.

ثبات أداة الدراسة

تم حساب ثبات الاستبانة باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha)، ومعامل التجزئة النصفية (Split-Half) للتحقق من ثبات الاتساق الداخلي.

جدول (3 - 6): معاملات ثبات أداة الدراسة

المحور / البعد	عدد الفقرات	ألفا كرونباخ	التجزئة النصفية
التخطيط والجدولة الذكية	4	0.864	0.851
التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف	4	0.879	0.862
التحسين الآلي لتخصيص الموارد	4	0.853	0.844
المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي	4	0.872	0.858
المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي) ككل	16	0.921	0.908
المتغير التابع (أداء مشاريع الطاقة المتجددة)	10	0.903	0.889
الاستبانة ككل	26	0.937	0.924

يتضح من الجدول (3 - 6) أن جميع معاملات الثبات تجاوزت الحد المقبول إحصائياً (0.70)، إذ تراوحت قيم ألفا كرونباخ على مستوى الأبعاد بين (0.853) و(0.879)، وبلغت على مستوى المتغير المستقل ككل (0.921)، وعلى مستوى المتغير التابع (0.903)، وعلى مستوى الاستبانة ككل (0.937)، وهي قيم مرتفعة تعزز الثقة في ثبات الأداة وصلاحيتها للاستخدام في الدراسة.

مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

تم حساب معاملات ارتباط بيرسون بين أبعاد المتغير المستقل فيما بينها، وبينها وبين المتغير التابع، للتحقق من طبيعة العلاقة بين متغيرات الدراسة، ومن عدم وجود ارتباط ذاتي مرتفع بين الأبعاد المستقلة يمكن أن يؤثر في تحليل الانحدار لاحقاً.

جدول (3 - 7): مصفوفة معاملات الارتباط بين متغيرات الدراسة (n = 170)

المتغيرات	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) التخطيط والجدولة الذكية	1					
(2) التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف	0.612**	1				
(3) التحسين الآلي لتخصيص الموارد	0.587**	0.634**	1			
(4) المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي	0.601**	0.598**	0.623**	1		
(5) توظيف الذكاء الاصطناعي (ككل)	0.832**	0.847**	0.838**	0.851**	1	
(6) تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة	0.694**	0.721**	0.682**	0.736**	0.819**	1

**دالة إحصائية عند مستوى الدلالة (0.01).

يتضح من الجدول (3 - 7) ما يلي: أولاً، وجود علاقات ارتباط موجبة ودالة إحصائياً عند مستوى الدلالة (0.01) بين جميع أبعاد المتغير المستقل، تراوحت قيمها بين (0.587) و(0.634)، وهي قيم متوسطة إلى مرتفعة تعكس وجود علاقة منطقية بين الأبعاد، دون أن تصل إلى مستوى الارتباط الذاتي المتعدد (Multicollinearity) الذي يهدد صلاحية تحليل الانحدار، إذ يشترط ألا يتجاوز معامل الارتباط بين المتغيرات المستقلة (0.80). ثانياً، وجود علاقات ارتباط موجبة ودالة

إحصائياً بين كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، تراوحت قيمها بين (0.682) و(0.736)، مع ملاحظة أن أعلى ارتباط كان بين بُعد المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي والمتغير التابع. ثالثاً، وجود ارتباط قوي ودال إحصائياً بين المتغير المستقل ككل والمتغير التابع بلغ (0.819)، وهو ما يمهد لاختبار فرضيات الدراسة عبر تحليل الانحدار. الأساليب الإحصائية المستخدمة

تمت معالجة بيانات الدراسة باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) الإصدار (26)، وذلك بتوظيف جملة من الأساليب الإحصائية الملائمة لطبيعة بيانات الدراسة وأهدافها، وتشمل ما يلي:

- التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص أفراد عينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لقياس مستوى استجابات أفراد العينة على فقرات الاستبانة وأبعادها، وتحديد ترتيبها النسبي.
- معامل ألفا كرونباخ: (Cronbach's Alpha) لقياس ثبات التماسك الداخلي للأداة الدراسية.
- معامل التجزئة النصفية: (Split-Half) للتحقق من ثبات الأداة بأسلوب مكمل لمعامل ألفا.
- معامل ارتباط بيرسون: (Pearson Correlation) لقياس صدق التماسك الداخلي للفقرات، والصدق البنائي للأبعاد، وبناء مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة.
- اختبار معامل تضخم التباين (VIF) واختبار التباين المسموح: (Tolerance) للتحقق من عدم وجود ارتباط ذاتي متعدد بين المتغيرات المستقلة.
- اختبار معامل التواء: (Skewness) للتحقق من اعتدالية التوزيع للبيانات قبل تطبيق الاختبارات المعلمية.
- تحليل الانحدار الخطي البسيط: (Simple Linear Regression) لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع على حدة، وذلك لاختبار الفرضيات الفرعية.
- تحليل الانحدار الخطي المتعدد: (Multiple Linear Regression) لاختبار الأثر المشترك لأبعاد المتغير المستقل مجتمعةً على المتغير التابع، وذلك لاختبار الفرضية الرئيسية.
- اختبار (T-test) واختبار تحليل التباين الأحادي: (One-Way ANOVA) للكشف عن دلالة الفروق في استجابات أفراد العينة وفقاً لمتغيراتهم الديموغرافية والوظيفية، إن وجدت.

عرض نتائج الدراسة وتحليلها

تحليل البيانات الديموغرافية لأفراد عينة الدراسة

تم تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية لأفراد عينة الدراسة باستخدام التكرارات والنسب المئوية، وذلك للتعرف على خصائص العينة وضمان تمثيلها لمجتمع الدراسة.

جدول (4 - 1): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغيراتهم الديموغرافية والوظيفية (n = 170)

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية
الجنس	ذكر	132	77.65%
	أنثى	38	22.35%
العمر	أقل من 30 سنة	28	16.47%
	من 30 إلى أقل من 40 سنة	67	39.41%
	من 40 إلى أقل من 50 سنة	54	31.76%
	50 سنة فأكثر	21	12.36%
المؤهل العلمي	دبلوم فأقل	19	11.18%
	بكالوريوس	98	57.65%
	ماجستير	41	24.12%

7.05%	12	دكتوراه	
14.12%	24	أقل من 5 سنوات	سنوات الخبرة
34.12%	58	من 5 إلى أقل من 10 سنوات	
31.18%	53	من 10 إلى أقل من 15 سنة	
20.58%	35	15 سنة فأكثر	
12.94%	22	إدارة عليا	المستوى الإداري
41.76%	71	إدارة وسطى	
45.30%	77	إدارة تنفيذية/فنية	
100.00%	170	الإجمالي	

يتضح من الجدول (4 - 1) أن الذكور يمثلون الغالبية العظمى من أفراد العينة بنسبة (77.65%)، وهو ما يتسق مع طبيعة قطاع الطاقة والمشاريع الهندسية، في حين تمثل الإناث (22.35%). وفيما يتعلق بالعمر، فإن الفئة العمرية من (30 إلى أقل من 40 سنة) جاءت في المرتبة الأولى بنسبة (39.41%)، تليها الفئة من (40 إلى أقل من 50 سنة) بنسبة (31.76%)، وهو ما يعكس أن غالبية أفراد العينة في مرحلة النضج المهني. أما المؤهل العلمي، فينبين أن حملة البكالوريوس يمثلون النسبة الأعلى (57.65%)، يليهم حملة الماجستير (24.12%)، وهو ما يعكس وجود قاعدة معرفية مرتفعة لدى أفراد العينة تمكنهم من تقييم متغيرات الدراسة بدقة. وفيما يخص سنوات الخبرة، فإن نسبة (85.88%) من أفراد العينة تمتلك خبرة تتجاوز خمس سنوات، وهو ما يعزز موثوقية استجاباتهم. أما المستوى الإداري، فقد توزع أفراد العينة بصورة متوازنة بين الإدارة الوسطى (41.76%) والإدارة التنفيذية/الفنية (45.30%)، مع تمثيل مناسب للإدارة العليا (12.94%).

التحليل الوصفي لاستجابات أفراد العينة على متغيرات الدراسة

تم حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ودرجة الموافقة والترتيب النسبي لاستجابات أفراد العينة على فقرات كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، وذلك على النحو الآتي.

التحليل الوصفي لأبعاد المتغير المستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي)

البُعد الأول: التخطيط والجدولة الذكية

جدول (4 - 2): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لاستجابات أفراد العينة على فقرات بُعد التخطيط والجدولة الذكية

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
1	توظف الشركة تقنيات الذكاء الاصطناعي في بناء الجداول الزمنية لمشاريع الطاقة المتجددة	3.94	0.812	مرتفعة	3
2	تعتمد الشركة على خوارزميات ذكية في تحديد المسار الحرج لأنشطة المشروع	4.02	0.764	مرتفعة	2
3	تتيح أنظمة الذكاء الاصطناعي إعادة جدولة الأنشطة تلقائياً عند طرء متغيرات غير متوقعة	3.86	0.831	مرتفعة	4
4	تُسهل أنظمة التخطيط الذكية في بناء سيناريوهات بديلة لتنفيذ المشروع	4.08	0.749	مرتفعة	1
	الدرجة الكلية للبُعد	3.98	0.689	مرتفعة	

يتضح من الجدول (10) أن المتوسط الحسابي الكلي لبُعد التخطيط والجدولة الذكية بلغ (3.98) بانحراف معياري (0.689)، وبدرجة موافقة مرتفعة، وهو ما يدل على أن الشركة السعودية للطاقة توظف تقنيات الذكاء الاصطناعي في

وظائف التخطيط والجدولة بمستوى مرتفع. وقد جاءت الفقرة الرابعة في الترتيب الأول بمتوسط (4.08)، فيما جاءت الفقرة الثالثة في الترتيب الأخير بمتوسط (3.86)، وهو ما يشير إلى تفاوت في توظيف مكونات البعد، مع ميل واضح نحو بناء السيناريوهات البديلة.

البعد الثاني: التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف

جدول (4 - 3): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لاستجابات أفراد العينة على فقرات بُعد التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
5	تستخدم الشركة التحليلات التنبؤية في تقدير تكاليف مشاريع الطاقة المتجددة	4.04	0.776	مرتفعة	2
6	تُمكن أنظمة الذكاء الاصطناعي من اكتشاف الانحرافات المالية في وقت مبكر	3.91	0.823	مرتفعة	4
7	تُسهل خوارزميات التعلم الآلي في تحسين دقة تقديرات الميزانية	4.11	0.732	مرتفعة	1
8	تُساعد التحليلات التنبؤية في تقدير تكاليف دورة حياة المشروع كاملة	3.97	0.798	مرتفعة	3
	الدرجة الكلية للبُعد	4.01	0.704	مرتفعة	

يتضح من الجدول (4 - 3) أن المتوسط الحسابي الكلي لبُعد التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف بلغ (4.01) بانحراف معياري (0.704)، وبدرجة موافقة مرتفعة، وهو ما يدل على توظيف الشركة لتقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة التكاليف بمستوى مرتفع. وقد تصدرت الفقرة السابعة الترتيب بمتوسط (4.11)، في حين جاءت الفقرة السادسة في الترتيب الأخير بمتوسط (3.91)، وهو ما يعكس قوة توظيف الخوارزميات في تحسين دقة التقديرات، مع وجود مجال لتطوير منظومة الكشف المبكر عن الانحرافات.

البعد الثالث: التحسين الآلي لتخصيص الموارد

جدول (4 - 4): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لاستجابات أفراد العينة على فقرات بُعد التحسين الآلي لتخصيص الموارد

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
9	توظف الشركة خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تخصيص الأمتل للموارد البشرية	3.89	0.804	مرتفعة	3
10	تُسهل أنظمة الذكاء الاصطناعي في تخصيص الأمتل للموارد المادية والتقنية	3.95	0.781	مرتفعة	2
11	تُساعد التقنيات الذكية على تقليل الهدر في موارد المشروع	3.82	0.842	مرتفعة	4
12	تُحقق خوارزميات التحسين توازناً في توزيع الموارد بين المشاريع المتزامنة	4.00	0.768	مرتفعة	1
	الدرجة الكلية للبُعد	3.92	0.712	مرتفعة	

يتضح من الجدول (4 - 4) أن المتوسط الحسابي الكلي لبُعد التحسين الآلي لتخصيص الموارد بلغ (3.92) بانحراف معياري (0.712)، وبدرجة موافقة مرتفعة. وقد جاءت الفقرة الثانية عشرة في الترتيب الأول بمتوسط (4.00)، في حين جاءت الفقرة الحادية عشرة في الترتيب الأخير بمتوسط (3.82)، وهو ما يشير إلى ميل واضح نحو التوازن بين المشاريع المتزامنة، مع وجود مجال للتطوير في الحد من الهدر.

البعد الرابع: المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي

جدول (4 - 5): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لاستجابات أفراد العينة على فقرات بُعد المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
13	تستخدم الشركة أنظمة الذكاء الاصطناعي في الرصد اللحظي لمؤشرات أداء المشروع	4.06	0.758	مرتفعة	2
14	تتيح الأنظمة الذكية الكشف المبكر عن المخاطر التشغيلية	4.13	0.741	مرتفعة	1
15	تُسهّل تقنيات الذكاء الاصطناعي في اقتراح الإجراءات التصحيحية المناسبة	3.93	0.812	مرتفعة	4
16	توفّر الأنظمة الذكية لوحات قياس لحظية لمتابعة أداء المشروع	4.02	0.773	مرتفعة	3
	الدرجة الكلية للبُعد	4.04	0.697	مرتفعة	

يتضح من الجدول (4 - 5) أنّ المتوسط الحسابي الكلي لبُعد المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي بلغ (4.04) بانحراف معياري (0.697)، وبدرجة موافقة مرتفعة. وقد تصدرت الفقرة الرابعة عشرة الترتيب بمتوسط (4.13)، في حين جاءت الفقرة الخامسة عشرة في الترتيب الأخير بمتوسط (3.93). الترتيب الإجمالي لأبعاد المتغير المستقل

جدول (4 - 6): الترتيب الإجمالي لأبعاد المتغير المستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي)

م	البُعد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
1	المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي	4.04	0.697	مرتفعة	1
2	التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف	4.01	0.704	مرتفعة	2
3	التخطيط والجدولة الذكية	3.98	0.689	مرتفعة	3
4	التحسين الآلي لتخصيص الموارد	3.92	0.712	مرتفعة	4
	توظيف الذكاء الاصطناعي ككل	3.99	0.658	مرتفعة	

التحليل الوصفي للمتغير التابع (تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة)

جدول (4 - 7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لاستجابات أفراد العينة على فقرات المتغير التابع

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
1	تُنفّذ مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة ضمن الجداول الزمنية المخططة	3.97	0.782	مرتفعة	5
2	تلتزم مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة بالموازنات المالية المعتمدة	3.91	0.803	مرتفعة	7
3	تُحقّق مشاريع الطاقة المتجددة معايير الجودة المستهدفة	4.06	0.748	مرتفعة	2
4	تتميز مشاريع الشركة بكفاءة تشغيلية مرتفعة في توليد الطاقة	4.02	0.771	مرتفعة	4
5	تُسهّل مشاريع الشركة في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية	4.14	0.726	مرتفعة	1
6	تُحقّق مشاريع الشركة عوائد اقتصادية تتجاوز التوقعات المخطط لها	3.84	0.836	مرتفعة	9
7	تُسهّل مشاريع الشركة في تنمية المجتمعات المحلية المحيطة بها	3.89	0.819	مرتفعة	8
8	تستوعب مشاريع الشركة التقنيات الحديثة في قطاع الطاقة المتجددة	4.04	0.762	مرتفعة	3

9	تتميز مشاريع الشركة بقدرة عالية على التكيف مع التغيرات الفنية	3.93	0.795	مرتفعة	6
10	تُحقّق مشاريع الشركة موثوقية مرتفعة في تشغيل المنظومات الطاقوية	3.81	0.847	مرتفعة	10
الدرجة الكلية للمتغير التابع		3.96	0.671	مرتفعة	

يتضح من الجدول (4 - 7) أن المتوسط الحسابي الكلي للمتغير التابع (تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة) بلغ (3.96) بانحراف معياري (0.671)، وبدرجة موافقة مرتفعة. وقد تصدرت الفقرة الخامسة الترتيب بمتوسط (4.14) المتعلقة بإسهام المشاريع في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية، في حين جاءت الفقرة العاشرة في الترتيب الأخير بمتوسط (3.81) المتعلقة بموثوقية تشغيل المنظومات الطاقوية، وهو ما يعكس مجالات قوة الشركة في البعد الاستدامي، ومجالات قابلة للتطوير في البعد التشغيلي.

اختبار فرضيات الدراسة

اختبار الفرضية الرئيسية

H_0 : لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لتوظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده (التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، التحسين الآلي لتخصيص الموارد، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي) على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد توظيف الذكاء الاصطناعي (كعوامل مستقلة) على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة (كعامل تابع). وقد جاءت نتائج التحليل كما يلي:

جدول (4 - 8): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد توظيف الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة

المتغيرات المستقلة	معاملات الانحدار B	قيمة اختبار T	مستوى الدلالة
(Constant)المقدار الثابت	0.487	2.964	0.003**
التخطيط والجدولة الذكية	0.214	3.842	0.000**
التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف	0.273	4.516	0.000**
التحسين الآلي لتخصيص الموارد	0.186	3.227	0.001**
المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي	0.298	4.873	0.000**
معامل الارتباط $R = 0.847$	معامل التحديد $R^2 = 0.717$		
قيمة الاختبار $F = 104.638$	القيمة الاحتمالية = 0.000		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد الموضحة في الجدول (4 - 8) إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائياً بين أبعاد توظيف الذكاء الاصطناعي كمتغيرات مستقلة، وتحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة كمتغير تابع. فقد بلغ معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.717)، وهي نسبة مرتفعة تدل على أن (71.7%) من التباين في تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة يمكن تفسيره من خلال الأبعاد الأربعة لتوظيف الذكاء الاصطناعي، في حين تعود النسبة المتبقية (28.3%) إلى متغيرات أخرى لم تتضمنها الدراسة. كما تشير قيمة معامل الارتباط ($R = 0.847$) إلى وجود ارتباط قوي بين المتغيرات المدروسة، ويؤكد ذلك القيمة المرتفعة لاختبار F البالغة (104.638) عند مستوى دلالة (0.000)، وهو ما يعزز معنوية النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى الأبعاد الفردية، فقد تبين أن بُعد "المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي" هو الأكثر تأثيراً على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة، حيث بلغ معامل الانحدار له ($B = 0.298$) ، وبلغت قيمة ($T (4.873)$) بدلالة معنوية عالية ($\text{Sig.} = 0.000$). يؤكد ذلك الدور الحاسم الذي تؤديه منظومات الرصد اللحظي والكشف المبكر عن المخاطر في تعزيز قدرة المشروع على ضبط أدائه التشغيلي وتحقيق أهدافه الاستدامة. ويأتي في المرتبة الثانية بُعد "التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف" بمعامل انحدار ($B = 0.273$) وقيمة ($T (4.516)$) بدلالة ($\text{Sig.} = 0.000$) ، وهو ما يعكس أهمية النماذج التنبؤية في رفع كفاءة منظومة الإدارة المالية للمشروع وتقليل الانحرافات المالية. كما أظهرت النتائج أن بُعد "التخطيط والجدولة الذكية" يسهم بصورة دالة إحصائية في تفسير التباين في أداء المشاريع بمعامل انحدار ($B = 0.214$) ، فيما جاء بُعد "التحسين الآلي لتخصيص الموارد" بأثر أقل نسبياً ($B = 0.186$) ، لكنه لا يزال ذا دلالة إحصائية ($\text{Sig.} = 0.001$) ، مما يشير إلى أن تعزيز منظومة التخصيص الذكي للموارد قد يمثل فرصة لتحسين متكامل في منظومة إدارة مشاريع الطاقة المتجددة. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية العدمية وتُقبل الفرضية البديلة، وتؤكد هذه النتائج صحة الفرضية الرئيسية للدراسة. ويتفرع منها الفروض الفرعية التالية.

اختبار الفرضية الفرعية الأولى

H_{01} : يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للتخطيط والجدولة الذكية القائمة على الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة. للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression Test) ، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (4 - 9): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التخطيط والجدولة الذكية على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة

المتغير التابع	ملخص النموذج	ANOVA تحليل التباين			المتغير المستقل	المعاملات Coefficient					
تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة	r	R ²	df	F	Sig. F	التخطيط والجدولة الذكية	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
	0.694	0.482	1	156.327	0.000		0.676	0.054	0.694	12.503	0.000

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس تأثير "التخطيط والجدولة الذكية" باعتباره أحد أبعاد توظيف الذكاء الاصطناعي على "تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (4 - 9)، حيث بلغ معامل الارتباط $R^2 = 0.482$ ، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد $(R^2) = 0.482$ ، مما يشير إلى أن (48.2%) من التباين في تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة يُمكن تفسيره من خلال متغير التخطيط والجدولة الذكية فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA) ، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (156.327) بمستوى دلالة ($\text{Sig.} = 0.000$) ، وهي قيمة دالة إحصائية عند مستوى (0.01)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية. أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير $B = 0.676$ ، بقيمة $T = 12.503$ ، وهي أيضاً دالة عند مستوى ($\text{Sig.} = 0.000$) ، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف التخطيط والجدولة الذكية تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.676) في مستوى تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية العدمية الفرعية الأولى وتُقبل الفرضية البديلة.

اختبار الفرضية الفرعية الثانية

H02: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للتحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف المدعومة بالذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (4 - 10): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة

المتغير التابع	ملخص النموذج	ANOVA تحليل التباين				المتغير المستقل	المعاملات Coefficient				
تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة	r	R ²	df	F	Sig. F	التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
	0.721	0.520	1	181.946	0.000		0.687	0.051	0.721	13.489	0.000

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس تأثير "التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف" على "تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (4 - 10)، حيث بلغ معامل الارتباط $R^2 = 0.520$ ، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.520$ ، مما يشير إلى أن (52.0%) من التباين في تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة يمكن تفسيره من خلال متغير التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (181.946) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية. أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير $B = 0.687$ ، بقيمة $T = 13.489$ ، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.687) في مستوى تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية العدمية الفرعية الثانية وتُقبل الفرضية البديلة.

اختبار الفرضية الفرعية الثالثة

H03: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للتحسين الآلي لتخصيص الموارد باستخدام الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة.

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (4 - 11): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التحسين الآلي لتخصيص الموارد على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة

المتغير التابع	ملخص النموذج	تحليل التباينANOVA				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة	r	R ²	df	F	Sig. F	التحسين الآلي لتخصيص الموارد	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
	0.682	0.465	1	146.082	0.000		0.642	0.053	0.682	12.087	0.000

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس تأثير "التحسين الآلي لتخصيص الموارد" على "تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (4 - 11)، حيث بلغ معامل الارتباط $R^2 = 0.465$ ، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.465$ ، مما يشير إلى أن (46.5%) من التباين في تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة يمكن تفسيره من خلال متغير التحسين الآلي لتخصيص الموارد فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (146.082) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية. أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير $B = 0.642$ ، بقيمة $T = 12.087$ ، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في التحسين الآلي لتخصيص الموارد تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.642) في مستوى تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية العدمية الفرعية الثالثة وتُقبل الفرضية البديلة.

اختبار الفرضية الفرعية الرابعة

H04: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للمراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي المستندة إلى الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة. وللتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (4 - 12): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة

المتغير التابع	ملخص النموذج	ANOVA تحليل التباين				المتغير المستقل	المعاملات Coefficient				
تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة	r	R ²	df	F	Sig. F	المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
	0.736	0.542	1	198.713	0.000		0.709	0.050	0.736	14.097	0.000

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس تأثير "المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي" على "تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (4 - 12)، حيث بلغ معامل الارتباط $R^2 = 0.542$ ، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.542$ ، مما يشير إلى أن (54.2%) من التباين في تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة يمكن تفسيره من خلال متغير المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى. ويُلاحظ هنا أن هذا البعد حقق أعلى نسبة تفسير منفردة بين الأبعاد الأربعة.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (198.713) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية. أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير $B = 0.709$ ، بقيمة $T = 14.097$ ، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.709) في مستوى تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية العدمية الفرعية الرابعة وتُقبل الفرضية البديلة.

نتائج الدراسة وتوصياتها

نتائج الدراسة

كشفت نتائج التحليل الوصفي عن أن مستوى توظيف الذكاء الاصطناعي في الشركة السعودية للطاقة جاء بدرجة مرتفعة بمتوسط حسابي بلغ (3.99)، وهو ما يدل على أن الشركة تتبنى توجهاً واضحاً نحو إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي في منظومة إدارة مشاريعها. ويُعزى ذلك إلى جملة من العوامل، أبرزها الزخم الاستراتيجي الذي يشهده القطاع الطاقوي السعودي في إطار رؤية المملكة 2030، والاستثمار المتزايد في البنية التحتية الرقمية، وتوافر كوادر بشرية مؤهلة قادرة على استيعاب التحول التقني. وتتسق هذه النتيجة مع التوجه الذي طرحه (الدويري وعبادة، 2024) في معالجته لتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير المشاريع، إذ أبرز أن بيئة المشاريع المعاصرة تتجه نحو إدماج هذه التقنيات بوصفها بنية معرفية لإعادة هندسة وظائف الإدارة، وهو ما يتقاطع مع ما طرحه (Hameed et al., 2025) من أن توظيف الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية يُمثل تحولاً نوعياً في وظائف التخطيط والمراقبة وإدارة الموارد.

وقد جاء بُعد المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي في المرتبة الأولى بين أبعاد المتغير المستقل بمتوسط (4.04)، يليه بُعد التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف بمتوسط (4.01)، ثم بُعد التخطيط والجدولة الذكية بمتوسط (3.98)، وأخيراً بُعد التحسين الآلي لتخصيص الموارد بمتوسط (3.92). ويُفسر تصدر بُعد المراقبة والتحكم بأن مشاريع الطاقة المتجددة، بحكم اعتمادها على مصادر متذبذبة كالإشعاع الشمسي وسرعة الرياح، تتطلب منظومات رصد لحظية ومستمرة قادرة على رصد التغيرات الآنية في المدخلات والمخرجات، وهو ما يجعل الشركة تولي هذا البعد عناية خاصة في استثماراتها التقنية. ويتسق هذا التفسير مع الإطار الذي طرحه (Mohamed et al., 2022) في معالجته للحلول المثلى لإدارة الطاقة في المحطات الكهروضوئية تحت ظروف عدم اليقين، حيث أبرز أن منظومات اتخاذ القرار اللحظي تُمثل ركيزة أساسية لاستقرار أداء هذه المنظومات.

كما كشفت النتائج عن أن مستوى تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة جاء بدرجة مرتفعة بمتوسط حسابي بلغ (3.96)، مع تصدر فقرة الإسهام في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية بمتوسط (4.14)، وتراجع فقرة الموثوقية التشغيلية بمتوسط (3.81). ويُعزى ذلك إلى الموقع المركزي الذي تحتله مشاريع الطاقة المتجددة في أجندة الاستدامة الوطنية، وتركيز الشركة على إبراز الأثر البيئي لمشاريعها أمام أصحاب المصلحة والممولين، في حين أن موثوقية المنظومات التشغيلية تتطلب فترات أطول من النضوج الفني والمؤسسي. ويتفق هذا التفسير مع الإطار الذي قدمه (علي ومحمد، 2025) في معالجته للأثر البيئي والاجتماعي والابتكار التكنولوجي في مشاريع الطاقة الشمسية، حيث أبرز أن البعد الاستدامي يحتل موقعاً متقدماً في منظومة تقييم أداء هذه المشاريع، وهو ما يتقاطع مع منظور (الحسن، 2025) في تأكيده على أن تحسين أداء المشاريع الإنشائية يتطلب بناء منظومة جودة متكاملة تستوعب مرحلة التشغيل الممتدة لاكمال نضوج البعد التشغيلي.

وأظهرت نتائج اختبار الفرضية الرئيسة وجود أثر ذي دلالة إحصائية لتوظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده الأربعة مجتمعةً على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة، إذ بلغ معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.717)، وهو ما يعني أن هذه الأبعاد تُفسر مجتمعةً (71.7%) من التباين في أداء مشاريع الطاقة المتجددة. ويُعزى هذا الأثر المرتفع إلى الطبيعة التكاملية لأبعاد الذكاء الاصطناعي، التي تعمل بصورة مترابطة لا منفصلة، إذ تُغذي مخرجات بُعد التخطيط مدخلات بُعد إدارة التكاليف، فيما تكون مخرجات بُعد تخصيص الموارد بيئة عمل بُعد المراقبة والتحكم، وهو ما يُنتج أثراً مركباً يتجاوز مجموع الآثار الفردية للأبعاد منفردةً. وتتسق هذه النتيجة مع المنظور الذي طرحه (Ukoba et al., 2024) في معالجته للأمتلية في منظومات الطاقة المتجددة عبر الذكاء الاصطناعي، إذ أبرز أن القيمة الكبرى لهذه التقنيات تنبثق من تكاملها داخل منظومة موحدة لا من تطبيقاتها المعزولة.

وعلى مستوى الفرضيات الفرعية، كشفت النتائج عن أن بُعد المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي حقق أعلى نسبة تفسير منفردة لتحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة بمعامل تحديد بلغ (0.542)، يليه بُعد التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف بمعامل تحديد (0.520)، ثم بُعد التخطيط والجدولة الذكية بمعامل تحديد (0.482)، وأخيراً بُعد التحسين الآلي لتخصيص الموارد بمعامل تحديد (0.465). ويُعزى تصدر بُعد المراقبة والتحكم إلى أن مشاريع الطاقة المتجددة تتطوي على درجة عالية من الحساسية للتغيرات اللحظية في بيئة التشغيل، وأن القدرة على الرصد المبكر والاستجابة الآنية تمثل عاملاً حاسماً في الحفاظ على استقرار الأداء. ويتسق هذا التفسير مع الإطار الذي قدمه (Yousef et al., 2023) في معالجته لإدارة منظومات الطاقة المتجددة المتغيرة، حيث أبرز أن القدرات التنبؤية واللحظية تمثل البنية الأساسية لاستقرار هذه المنظومات في مواجهة تذبذب المدخلات.

أما التأثير المرتفع للتحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، فيُعزى إلى الطابع كثيف رأس المال لمشاريع الطاقة المتجددة، الذي يجعل من دقة تقدير التكاليف عاملاً محورياً في جدوى المشروع وقدرته على جذب التمويل، فضلاً عن أن بيئة سلاسل الإمداد لمكونات الطاقة المتجددة تتسم بالتذبذب الكبير في الأسعار، وهو ما يستلزم بناء نماذج تنبؤية متقدمة. وتتقاطع هذه النتيجة مع المنظور الذي طرحه (الزبيدي والسبعوي، 2025) في معالجته لاستخدام الموازنات الرأسمالية في تقييم مشاريع الطاقة البديلة، حيث أبرز الحاجة إلى أدوات تحليلية متقدمة لإدارة الجانب المالي لهذه المشاريع، كما تتسق مع ما طرحه (Arumugham et al., 2023) من إطار للتحليلات التنبؤية لإدارة جانب الطلب في المنظومات الذكية.

وفيما يخص بُعد التخطيط والجدولة الذكية، فإن أثره الدال إحصائياً يُعزى إلى الطابع المعقد لمشاريع الطاقة المتجددة، الذي يتضمن تداخلاً بين تخصصات مدنية وكهربائية وميكانيكية متعددة، ويستلزم بناء جداول زمنية قادرة على استيعاب هذا التداخل وإدارة قيوده المتعددة في الوقت ذاته. ويتفق هذا التفسير مع الإطار الذي قدمه (Ruiz et al., 2025) في معالجته لتطبيق تقنيات التخطيط والجدولة الذكية في مشاريع إنشاء محطات الطاقة الكهروضوئية، حيث أبرز أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تُعيد تشكيل العلاقة بين الزمن والكلفة والجودة في هذه المشاريع، كما يتقاطع مع ما طرحه (نجم، 2012) في معالجته لأساليب الجدولة الكلاسيكية كبريت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والكلفة، التي تمثل البنية المعرفية التي تنمو عليها تقنيات التخطيط الذكي. ويضاف إلى ذلك ما أبرزه (محمد، 2020) من أهمية التحليل الشبكي في جدولة المشاريع الإنشائية، وهي البنية التي يأتي الذكاء الاصطناعي ليطورها من حالتها الساكنة إلى حالة ديناميكية متكيفة.

أما التأثير النسبي الأقل لبعد التحسين الآلي لتخصيص الموارد، رغم دلالاته الإحصائية، فيُعزى إلى أن منظومات تخصيص الموارد تتطلب نضوجاً أعمق في البنية المعلوماتية للمنظمة، وتكاملاً بين قواعد البيانات المختلفة، وهو ما قد لا يكون قد بلغ مرحلة النضوج الكامل بعد. ويُفسر ذلك أيضاً بأن التخصيص الأمثل للموارد يستلزم إعادة تصميم العمليات التنظيمية وليس فقط إضافة طبقة تقنية، وهو ما يستغرق وقتاً أطول. وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه (الجبوري ومصطفى، 2021) في معالجتهما لأنظمة تخطيط مصادر المشروع وأثرها على أداء المشاريع الإنشائية، إذ أبرز أن نضوج هذه الأنظمة يتطلب توحيد قواعد البيانات وتكامل العمليات، كما تتقاطع مع ما طرحه (تلي وآخرون، 2022) من إطار لجدولة الموارد البشرية للمشاريع الإنشائية باستخدام التحليل الشبكي، الذي يمثل بنية أساسية لانطلاق التحسين الآلي لتخصيص الموارد.

وعلى صعيد التفسير الكلي للنتائج، فإن النسبة المرتفعة من التباين المُفسر (71.7%) في أداء مشاريع الطاقة المتجددة من خلال أبعاد الذكاء الاصطناعي تؤكد على أن هذه التقنيات لم تعد إضافة تكميلية إلى منظومة إدارة المشاريع، بل أصبحت ركيزة جوهرية في تحديد مستوى أدائها. ويتقاطع هذا التفسير مع ما طرحه (Manuel et al., 2024) في معالجته لتأثير الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة استخدام الطاقة المتجددة وأداء المحطات في الإنشاءات المعاصرة، إذ أبرز أن هذه التقنيات تُعيد تشكيل منظومة أداء مشاريع الطاقة بصورة جوهرية. كما تتقاطع مع المنظور التطويري الذي قدمه

(نجم، 2025) للتحسين المستقبلي لإدارة المشاريع، الذي يضع التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في صلب الاستراتيجيات المستقبلية لتطوير هذا الحقل. ويضاف إلى ذلك أن الأثر النسبي لأبعاد الذكاء الاصطناعي يتسق مع منظومة الاستدامة طويلة المدى التي تتطلبها مشاريع الطاقة المتجددة، والتي طرحها (الرشدان وغنيم، 2015) في معالجتهما لتنمية مشاريع الطاقة المتجددة من منظور التنمية المستدامة، إذ تمثل تقنيات الذكاء الاصطناعي رافعة لتحقيق هذه الاستدامة عبر دعم القرار طويل الأمد، فضلاً عما أبرزه (العتيبي وأبو لحيه، 2024) من أن مشاريع التحول الرقمي تمثل بنية تأسيسية لتحسين الأداء المؤسسي في المؤسسات الكبرى. كما يتقاطع ذلك مع ما طرحه (العوامرة والعمرى، 2013) من إطار للإبداع الفردي بوصفه رافداً للأداء، إذ تتيح تقنيات الذكاء الاصطناعي تحرير الكوادر من المهام الروتينية وتمكينها من التركيز على المهام الإبداعية، وما طرحه (القذحات والشقور، 2015) من أهمية نظم المعلومات الجغرافية في مشاريع الطاقة المتجددة، التي تتكامل مع تقنيات الذكاء الاصطناعي في بناء منظومة معلومات شاملة لهذه المشاريع. وفي السياق ذاته، تتقاطع نتائج الدراسة مع ما طرحه (الجياشي وشاتي، 2025) من أن الذكاء الاصطناعي يمثل رافعة لاستدامة الطاقة المتجددة، وما طرحه (أعراب، 2021) من إطار لجدولة المشاريع والرقابة عليها باستخدام شبكات الأعمال، وما طرحته (رماش ودوفي، 2024) من إطار للسندات الخضراء في تمويل مشاريع الطاقة المتجددة، وهي أطر تكون مجتمعة البنية المؤسسية والمالية التي يعمل ضمنها توظيف الذكاء الاصطناعي في هذه المشاريع.

توصيات الدراسة

في ضوء ما توصلت إليه الدراسة، يقدم الباحث جملة من التوصيات الموجهة إلى الشركة السعودية للطاقة والجهات المعنية بإدارة مشاريع الطاقة المتجددة، على النحو الآتي:

- تعزيز الاستثمار في منظومات المراقبة والتحكم اللحظي بالأداء عبر بناء مراكز عمليات متقدمة تستوعب التدفق المستمر للبيانات من مواقع المشاريع، وتدمج خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحليلها واتخاذ القرارات بناءً عليها.
- تطوير منظومة التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف عبر بناء قواعد بيانات تاريخية شاملة للمشاريع السابقة، وتوظيفها في تدريب نماذج التعلم الآلي القادرة على تقدير التكاليف بدقة عالية، مع تحديث هذه النماذج بصورة دورية.
- تطوير منظومة التخطيط والجدولة الذكية بحيث تنتقل من حالتها الساكنة إلى حالة ديناميكية متكيفة قادرة على إعادة الجدولة التلقائية عند طرء متغيرات غير متوقعة، مع بناء قدرة على توليد سيناريوهات بديلة قبل اتخاذ القرارات الكبرى.
- إعطاء أولوية متقدمة لتطوير منظومة التحسين الآلي لتخصيص الموارد، باعتبارها البعد الذي يحتاج إلى مزيد من النضوج، عبر توحيد قواعد البيانات المتعلقة بالموارد، وإعادة هندسة العمليات بما يتيح التخصيص الأمثل الآلي.
- بناء برامج تدريبية متخصصة للكوادر العاملة في إدارة المشاريع لرفع قدراتها على التعامل مع تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتفسير مخرجاتها، واتخاذ القرارات بناءً عليها، بحيث يتحول الذكاء الاصطناعي إلى شريك في القرار لا مجرد أداة تقنية.
- تطوير منظومة موثوقة التشغيل في مشاريع الطاقة المتجددة عبر بناء أنظمة صيانة تنبؤية مدعومة بالذكاء الاصطناعي، تتيح اكتشاف الأعطال قبل وقوعها، وإطالة العمر التشغيلي للأصول.
- إقامة شراكات استراتيجية مع الجهات البحثية والأكاديمية المتخصصة في الذكاء الاصطناعي، بهدف تسريع تبني التقنيات المتقدمة، وتطوير حلول مخصصة لتحديات مشاريع الطاقة المتجددة في السياق السعودي.
- تطوير منظومة قياس متكاملة لأداء مشاريع الطاقة المتجددة تستوعب الأبعاد الإنشائية والتشغيلية والاستدامة والاقتصادية، وتتيح للإدارة العليا رؤية شاملة لأداء محفظة المشاريع.
- توظيف أدوات التمويل المستدام كالسندات الخضراء في تمويل مشاريع الطاقة المتجددة المدعومة بتقنيات الذكاء الاصطناعي، بما يفتح أمام الشركة أسواقاً تمويلية ميسرة ويعزز قدرتها التنافسية.

- بناء وحدات متخصصة داخل الشركة للذكاء الاصطناعي تتولى تصميم الحلول المخصصة لمشاريعها، بدلاً من الاعتماد الكامل على المزودين الخارجيين، بما يُعزّز الميزة التنافسية المستدامة للشركة.
- تعزيز ثقافة الحوكمة الأخلاقية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، عبر وضع أطر واضحة لإدارة المخاطر التقنية، وحماية البيانات، وضمان شفافية القرارات الخوارزمية أمام أصحاب المصلحة.
- تطوير منظومة إدارة المعرفة في الشركة بحيث تُوثّق الخبرات المتراكمة من تطبيق الذكاء الاصطناعي في مشاريعها، وتُيسّر نقلها إلى المشاريع المستقبلية، بما يُحقّق تراكمًا معرفيًا قابلاً للاستثمار.

المقترحات بالدراسات المستقبلية

استكمالاً لما طرحته الدراسة الحالية، يقترح الباحث جملة من المسارات البحثية المستقبلية:

- إجراء دراسات مقارنة بين شركات الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية ودول الخليج العربي حول مستوى توظيف الذكاء الاصطناعي وأثره في أداء المشاريع.
- دراسة أثر المتغيرات الوسيطة كالثقافة التنظيمية وجاهزية البنية التحتية الرقمية على العلاقة بين توظيف الذكاء الاصطناعي وأداء مشاريع الطاقة المتجددة.
- إجراء دراسات نوعية معمّقة عبر المقابلات والملاحظة في الشركات الرائدة لتحديد الممارسات الفضلى في تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع الطاقة المتجددة.
- دراسة أثر توظيف الذكاء الاصطناعي على متغيرات تابعة أخرى كالميزة التنافسية وإدارة المخاطر والاستدامة المؤسسية في قطاع الطاقة المتجددة.
- إجراء دراسات طولية تتابع أداء المشاريع التي تتبنّى تقنيات الذكاء الاصطناعي على مدى زمني ممتد لقياس الأثر التراكمي لهذه التقنيات.
- دراسة التحديات والمعوقات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في مشاريع الطاقة المتجددة، وسبل التغلب عليها في السياق المحلي.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- أعراب، زهيرة. (2021). جدولة المشاريع والرقابة عليها باستخدام شبكات الأعمال. مجلة إقتصاديات شمال إفريقيا، مج17، ع25، 463 - 478. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1234628>
- تلي، سيف الدين، محمد، معطا الله، و كارش، رابح. (2022). جدولة الموارد البشرية للمشاريع الإنشائية باستخدام التحليل الشبكي: دراسة حالة مشروع مجمع سكني بولاية تامنغست. مجلة الإصلاحات الإقتصادية والإندماج في الإقتصاد العالمي، مج16، ع1، 62 - 79. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1287345>
- الجبوري، اشواق سالم حسن، و مصطفى، رمضان جبر محمد. (2021). أثر استخدام أنظمة تخطيط مصادر المشروع على تحسين أداء المشاريع الإنشائية في الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة مؤتة، مؤتة. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1214873>
- الجياشي، جاسم وحواح شاتي. (2025). دور الذكاء الاصطناعي في استدامة الطاقة المتجددة. مجلة العلوم الانسانية، مج32، عدد خاص، 498 - 523. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1647765>
- الحسن، عبدالله محمد عبد الحميد. (2025). دور إدارة الجودة في تحسين واستدامة المشاريع الإنشائية: دراسة حالة دولة الكويت. المجلة العربية للنشر العلمي، ع77، 376 - 391. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1568797>
- الدويري، زايد نواف عواد، و عبادة، إبراهيم عبد الحليم. (2024). توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير المشاريع الوقفية. مجلة بيت المشورة، ع22، 9 - 35. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1522537>
- الرشدان، محمد كايد فارس، و غنيم، عثمان محمد يوسف. (2015). تنمية مشاريع الطاقة المتجددة من منظور التنمية المستدامة: حالة دراسية الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1302689>
- رماش، منال، و دوفي، قرمية. (2024). دور السندات الخضراء في تمويل مشاريع الطاقة المتجددة: الصين أنموذجاً. مجلة الاقتصاديات المالية البنكية وإدارة الأعمال، مج13، ع1، 206 - 227. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1679617>
- الزيدي، مثنى فالح بدر، و السباعوي، محمد حسين علي. (2025). استخدام الموازنات الرأسمالية في تقييم مشاريع الطاقة البديلة: دراسة تطبيقية في محطة نينوى للطاقة المستدامة. مجلة رماح للبحوث والدراسات، ع122، 488 - 506. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1591027>
- العتيبي، نايف بن حزام، و أبو لحيه، سلمان محمد سلمان. (2024). أثر مشاريع التحول الرقمي في تحسين الأداء المؤسسي في هيئة الحكومة الرقمية بالملكة العربية السعودية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان العربية، عمان. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1580798>
- علي، محمد بخاري حسن، و محمد، أحمد الفاضل. (2025). الأثر البيئي والاجتماعي والابتكار التكنولوجي في نجاح مشاريع الطاقة المتجددة: دراسة ميدانية على مشروع نور تشاد للطاقة الشمسية في تشاد. مجلة رماح للبحوث والدراسات، ع131، 490 - 543. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1640002>

- العوامرة، بادي عبدالله، و العمري، محمد شحادة أبو يمن. (2013). أثر الإبداع الفردي في تحسين أداء المشاريع الصغيرة و المتوسطة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان العربية، عمان. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/636148>
- القدحات، تغريد أحمد يوسف، و الشقور، سطاتم سالم مقبل. (2015). تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مشاريع الطاقة المتجددة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة مؤتة، مؤتة. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/956441>
- محمد، معطا الله. (2020). استخدام التحليل الشبكي في جدولة المشاريع الإنشائية: دراسة حالة إنجاز 60 وحدة سكنية. مجلة آفاق علمية، مج12، ع4 ، 672 - 691. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1096357>
- نجم، محمد عبدالله أوحيدة. (2025). تحسين أداء إدارة المشاريع في ليبيا: استراتيجيات وتوجهات مستقبلية. مجلة جامعة سبها للعلوم الإنسانية، مج24، ع1 ، 58 - 63. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1585432>

ثانيا: المراجع الأجنبية

- Arumugham, V., Ghanimi, H. M., Pustokhin, D. A., Pustokhina, I. V., Ponnamm, V. S., Alharbi, M., ... & Sengan, S. (2023). An artificial-intelligence-based renewable energy prediction program for demand-side management in smart grids. Sustainability, 15(6), 5453.
- Arumugham, V., Ghanimi, H. M., Pustokhin, D. A., Pustokhina, I. V., Ponnamm, V. S., Alharbi, M., ... & Sengan, S. (2023). An artificial-intelligence-based renewable energy prediction program for demand-side management in smart grids. Sustainability, 15(6), 5453
- Ruiz, J. G., Díaz, H., & Crespo, R. G. (2025). The application of artificial intelligence planning and scheduling in photovoltaic plant construction projects. Expert Systems, 42(2), e13798.
- Ruiz, J. G., Díaz, H., & Crespo, R. G. (2025). The application of artificial intelligence planning and scheduling in photovoltaic plant construction projects. Expert Systems, 42(2), e13798.
- Ukoba, K., Olatunji, K. O., Adeoye, E., Jen, T. C., & Madyira, D. M. (2024). Optimizing renewable energy systems through artificial intelligence: Review and future prospects. Energy & environment, 35(7), 3833-3879.
- Yousef, L. A., Yousef, H., & Rocha-Meneses, L. (2023). Artificial intelligence for management of variable renewable energy systems: a review of current status and future directions. Energies, 16(24), 8057.
- Yousef, L. A., Yousef, H., & Rocha-Meneses, L. (2023). Artificial intelligence for management of variable renewable energy systems: a review of current status and future directions. Energies, 16(24), 8057.