

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

٢٥٣٠٠٢١٢٦

إشراف/

د. الفيصل عبد الحميد محمد حسن

د.فايز جراد

العام الدراسي:2026

- مقدمة:..... ٣
- مشكلة الدراسة ٤
- أهداف الدراسة ٦
- أسئلة الدراسة..... ٧
- فروض الدراسة..... ٨
- أهمية الدراسة ٨
- الدراسات السابقة:..... ١٠
- الفجوة البحثية..... ١٨
- المنطلقات النظرية للدراسة:..... ١٩
- المنهجية وطرق البحث:..... ٢٢
- مجتمع الدراسة وعينتها ٢٣
- مصادر جمع البيانات..... ٢٣
- أداة الدراسة (الاستبانة)..... ٢٤
- الأساليب الإحصائية المستخدمة..... ٢٥
- حدود الدراسة..... ٢٦
- المراجع:..... ٢٧

مقدمة:

تُعَدّ 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 تنجح إلا بوجود إدارة فعّالة تراعي التخطيط الدقيق والمتابعة المستمرة والتحكم في الموارد والتكاليف (نجم، ٢٠٢٥).

وتكتسب مشاريع الطاقة المتجددة أهمية متصاعدة في منطقة الشرق الأوسط عموماً والمملكة العربية السعودية خصوصاً، حيث تسعى المملكة في إطار رؤية ٢٠٣٠ إلى تحقيق نقلة نوعية في قطاع الطاقة النظيفة. وقد أكدت الدراسات أن تنمية مشاريع الطاقة المتجددة تُسهم 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، ٢٠٢٥).

وفي سياق إدارة هذه المشاريع، تبرز جدولة المشروع وضبط التكلفة بوصفهما ركيزتين محوريّتين تُحددان نجاح المشروع أو إخفاقه، إذ إن الوقت والتكلفة يُشكّلان عاملين حاسمين في تقييم أداء أي مشروع، وأن أساليب الجدولة كبرت والمسار الحرج تُوفّر معلومات جوهريّة للتحليل والسيطرة على شبكة أعمال المشاريع بهدف تحقيق الوقت الأمثل للإنتهاء في ظل الموارد المتاحة وبأقل تكاليف ممكنة (نجم، ٢٠١٢). كما أن التحليل الشبكي يُمثّل وسيلة فعّالة في جدولة تكاليف المشروعات وتقدير الموارد المالية اللازمة لإنجاز الأنشطة ضمن المدد الزمنية المتوقعة، مما يُسهم في إحكام الرقابة المالية والزمنية على المشاريع الإنشائية وضمان سيرها وفق الخطط الموضوعة (تلي وكارش، ٢٠٢١).

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 الفائقة 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).

ويُمثّل 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 ٢٠٣٠.

مشكلة الدراسة

يشهد قطاع الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية توسعاً غير مسبوق في إطار رؤية ٢٠٣٠ التي تستهدف رفع حصة الطاقة المتجددة إلى ٥٠٪ من مزيج الطاقة الوطني، وهو ما يتجسّد في إطلاق عشرات المشاريع الضخمة في مجالي 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 يُفضي إلى تجاوزات زمنية ومالية تُقوّض الجدوى الاقتصادية لهذه المشاريع وتُبطئ مسيرة التحول الطاقوي المنشود.

وتُشير الدراسات الدولية إلى أن مشاريع الطاقة المتجددة تعاني عالمياً من نسب تأخر تتراوح بين ٢٠٪ و ٤٥٪ عن الجداول الزمنية المخططة، وتجاوزات في التكاليف تصل إلى ٣٠٪ من الميزانيات الأصلية، وذلك نتيجة عوامل متشعبة 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 جانث (Gantt Charts) وأسلوب بيرت (PERT)، والتي رغم أهميتها الأساسية تظل عاجزة عن التعامل الديناميكي مع المتغيرات المتلاحقة والبيانات الضخمة والسيناريوهات المتعددة التي تُميّز 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، ٢٠٢٥) 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 وتعمّد متطلباتها الفنية والمالية، مما يجعل الحاجة ماسّة إلى استقصاء هذا الأثر علمياً وتقديم حلول عملية قائمة على الأدلة. ومن هنا تسعى الدراسة الحالية إلى الإجابة عن التساؤل الجوهري 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 ٢٠٣٠ 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؟

فروض الدراسة

الفرضية الرئيسية

H0: 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.

الفرضيات الفرعية

الفرضية الفرعية الأولى: (H01) لا 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.

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.

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.

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.

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 متكاملاً يمكن البناء عليه في الدراسات المستقبلية واختبار العلاقات السببية بين المتغيرات في بيئات 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 ٢٠٣٠ في مجال الطاقة النظيفة والمتجددة، حيث تستهدف المملكة الوصول إلى ٥٠٪ من الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة بحلول ٢٠٣٠،

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.

الدراسات السابقة:

أولاً: الدراسات العربية

الدراسة الأولى: دراسة الحسن (٢٠٢٥) 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.

الدراسة الثانية: دراسة العوامرة والعمرى (٢٠١٣) 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 المنهجين الوصفي والميداني، وتكونت العينة من (٣٨٢) مشروعاً تم اختيارها بطريقة عشوائية من مجتمع الدراسة البالغ (٦٦٥٨٦) 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.

الدراسة الثالثة: دراسة نجم (٢٠٢٥) 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 يُعدّ 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.

الدراسة الرابعة: دراسة القدحات والشقور (٢٠١٥) بعنوان "تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مشاريع الطاقة المتجددة"

هدفت الدراسة إلى التعرف على إمكانية إيجاد نموذج لدراسة جدوى مشاريع الطاقة المتجددة بأبعاده (العوامل الفنية، العوامل الاقتصادية، العوامل البيئية، العوامل الاجتماعية) على تسهيل ودعم عملية اختيار أفضل المواقع لإنشاء مشاريع الطاقة المتجددة في الأردن. واستخدمت الدراسة أكثر من منهج بحثي (الوصفي، التحليلي، التجريبي) بالاعتماد على تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، وتكونت بيانات الدراسة من مصادر متعددة شملت وزارة الطاقة، ووزارة البيئة، ومركز بحوث الطاقة، وشركة الكهرباء الوطنية، ودائرة الأراضي وبعض البلديات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى إمكانية تطبيق وزن العوامل والتحليل الهرمي في عملية تقييم الملاءمة المكانية لدعم دراسات الطاقة المتجددة وتحقيق التنمية المستدامة. وأوصت الدراسة بضرورة إيجاد بنك للمعلومات المكانية والوصفية لدعم دراسات الجدوى لمشاريع الطاقة المتجددة، وتشجيع الاستثمارات الداخلية والخارجية نظراً لملاءمة الطبيعة الجغرافية والمناخية للأردن لإنتاج الطاقة المتجددة.

الدراسة الخامسة: 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.

الدراسة السادسة: دراسة الدويري وعبادة (٢٠٢٤) 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 تسهم 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.

الدراسة السابعة: دراسة الرشدان وغنيم (٢٠١٥) بعنوان "تنمية مشاريع الطاقة المتجددة من منظور التنمية المستدامة: حالة دراسية الأردن"

هدفت الدراسة إلى التعرف على واقع تنمية مشاريع الطاقة المتجددة بأبعادها (البعد البيئي، البعد الاقتصادي، البعد الاجتماعي، البعد التكنولوجي) على تحقيق التنمية المستدامة في الأردن. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت بيانات الدراسة من مصادر أولية وثانوية تشمل المقابلات والوثائق الرسمية والبيانات المتاحة من الجهات المعنية بقطاع الطاقة في الأردن. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الأردن يمتلك إمكانيات واعدة في مجال الطاقة المتجددة، وأن تنمية هذه المشاريع تسهم في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية. وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة، وتطوير البنية التشريعية والتنظيمية الداعمة لهذا القطاع، وتفعيل الشراكة بين القطاعين العام والخاص.

الدراسة الثامنة: 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 جانث 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 ٦٠ وحدة سكنية بولاية تلمنغست بالجزائر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الموارد المالية اللازمة لإنجاز جميع الأنشطة قُدرت بـ ٣٢,٠٧٥,٤٠٠ دينار جزائري بنسبة (٢٤.٩١٪) 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.

الدراسة التاسعة: 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 (٦٠) يوماً ولكنه أنجز خلال (١٠٨) أيام، وأن الأنشطة الحرجة هي (١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٩، ١٠، ١١)، 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.

الدراسة العاشرة: دراسة محمد (٢٠٢٠) بعنوان "استخدام التحليل الشبكي في جدولة المشاريع الإنشائية: دراسة حالة إنجاز ٦٠ وحدة سكنية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيق أسلوب التحليل الشبكي بأبعاده (تقنية المسار الحرج CPM ، تحديد الأنشطة الحرجة، تقدير زمن الإنجاز) على جدولة المشاريع الإنشائية وتخطيط ومتابعة تنفيذها بشكل فعال. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع التطبيق باستخدام برنامج Win QSB ، وتكونت عينة الدراسة من مشروع إنجاز ٦٠ وحدة سكنية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى إعداد خطة

تفصيلية محكمة لتنفيذ المشروع، حيث قُدرت مدة التنفيذ بـ ٣٧.٢٥ شهراً أي ما يعادل ١٤٩ أسبوعاً، وهي مدة تحاكي الواقع الفعلي لتنفيذ المشروع، مما يؤكد فاعلية التحليل الشبكي في التخطيط والجدولة. وأوصت الدراسة باعتماد أسلوب التحليل الشبكي وتقنية المسار الحرج في تخطيط وجدولة المشاريع الإنشائية لما لها من دور فعال في ضبط الأوقات والتكاليف.

ثانياً: الدراسات الأجنبية

"Optimizing Renewable Energy Systems through Artificial Intelligence: Review and Future Prospects"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (التعلم الآلي، التحليلات التنبؤية، الشبكات العصبية، خوارزميات التحسين) على تحسين أنظمة الطاقة المتجددة وتعزيز كفاءتها. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية الشاملة للأدبيات، وتكونت العينة من تحليل مجموعة كبيرة من الدراسات والبحوث المنشورة في مجال الذكاء الاصطناعي والطاقة المتجددة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تُسهم بشكل كبير في تحسين كفاءة أنظمة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية، وأن التحليلات التنبؤية والتعلم الآلي يمكنهما تعزيز التنبؤ بإنتاج الطاقة وإدارة الشبكات الذكية، بما يتوافق مع هدف التنمية المستدامة رقم ١٣ (العمل المناخي). وأوصت الدراسة بتعزيز الاستثمار في البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي للطاقة المتجددة، وتطوير نماذج هجينة تجمع بين أساليب الذكاء الاصطناعي المختلفة لتحقيق أفضل النتائج.

"The Role of Artificial Intelligence in Revolutionizing Construction Project Management: Enhancing Efficiency and Sustainability"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (التحليلات التنبؤية، خوارزميات التعلم الآلي، إدارة المشاريع الآلية، الروبوتات) على تحسين إدارة مشاريع البناء وتعزيز الكفاءة والاستدامة. واستخدمت الدراسة المنهج المختلط الذي شمل المراجعة المنهجية للأدبيات، ودراسات

الحالة، والمسوح الميدانية والمقابلات مع المتخصصين في صناعة البناء، والنمذجة التنبؤية والمحاكاة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنيات الذكاء الاصطناعي أظهرت قدرات فائقة في أتمتة المهام الروتينية، وتحسين تخصيص الموارد وجدولة المشاريع، وتعزيز السلامة في مواقع البناء، ودعم الاستدامة من خلال تقليل الهدر وتعزيز كفاءة الطاقة، غير أن التكاليف الأولية المرتفعة والحواجز التقنية ومقاومة التغيير تُعدّ من أبرز المعوقات. وأوصت الدراسة بالاستثمار في تدريب القوى العاملة، وتقديم حوافز حكومية لتبني الذكاء الاصطناعي، وتعزيز المبادرات البحثية التعاونية.

الدراسة الثالثة عشرة: دراسة (Manuel et al. (2024 بعنوان "The Impact of AI on Boosting Renewable Energy Utilization and Visual Power Plant Efficiency in Contemporary Construction"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير الذكاء الاصطناعي بأبعاده (الصيانة التنبؤية، تحسين تخزين الطاقة وتوزيعها، المراقبة والتحكم في الوقت الفعلي، إدارة الطاقة في المباني الذكية) على تعزيز استخدام الطاقة المتجددة وكفاءة محطات الطاقة البصرية في قطاع البناء المعاصر. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة التحليلية للأدبيات مع تحليل دراسات حالة تطبيقية لشركات مثل Siemens Gamesa و Enel Green Power. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يُسهم بشكل عميق في تعزيز كفاءة محطات الطاقة المتجددة من خلال الصيانة التنبؤية التي تقلل فترات التوقف وتكاليف الصيانة، وتحسين تخزين الطاقة وتوزيعها عبر التنبؤ الدقيق بالإنتاج والطلب، وتحقيق استقرار الشبكة الكهربائية. وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار في أنظمة جمع البيانات عالية الجودة، وتعزيز التعاون بين مطوري الذكاء الاصطناعي وخبراء الطاقة والفرق التشغيلية.

الدراسة الرابعة عشرة: دراسة (Ruiz et al. (2025 بعنوان "The Application of Artificial Intelligence Planning and Scheduling in Photovoltaic Plant Construction Projects"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيق تقنيات التخطيط والجدولة بالذكاء الاصطناعي بأبعادها (التخطيط الآلي، الجدولة الذكية، تحسين تخصيص الموارد، إدارة المخاطر) على تحسين إدارة مشاريع بناء محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي التطبيقي من خلال تطوير نماذج

ذكاء اصطناعي وتطبيقها على مشاريع بناء محطات شمسية فعلية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن خوارزميات الذكاء الاصطناعي أسهمت بفاعلية في تحسين جدولة مشاريع بناء المحطات الكهروضوئية من حيث تقليل التأخيرات وتحسين تخصيص الموارد وخفض التكاليف الإجمالية، وأن النماذج المقترحة تفوقت على أساليب الجدولة التقليدية. وأوصت الدراسة بتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في تخطيط وجدولة مشاريع الطاقة المتجددة، وتطوير أنظمة متكاملة تجمع بين التخطيط والجدولة والتحكم في التكاليف.

الدراسة الخامسة عشرة: 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-LSTM) 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.

الدراسة السادسة عشرة: 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 الكمومي (QAI)، والتوائم الرقمية، ومعالجة اللغة الطبيعية، مع التركيز على تحسين جودة البيانات وتوافرها.

الفجوة البحثية

من خلال الاستعراض الشامل والمتعمق للدراسات السابقة العربية والأجنبية ذات الصلة بموضوع الدراسة الحالية، يتضح وجود فجوة بحثية واضحة المعالم تتبلور في عدة جوانب مترابطة. فعلى صعيد الدراسات العربية، يُلاحظ أن الدراسات التي تناولت إدارة المشاريع كدراسة الحسن (٢٠٢٥) ونجم (٢٠٢٥) ركزت على جوانب إدارية عامة كالجودة والاستراتيجيات التطويرية دون التطرق إلى توظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة المشاريع وضبط تكاليفها، بينما اقتصرَت الدراسات التي تناولت جدولة المشاريع كدراسة نجم (٢٠١٢) وتلي وكارش (٢٠٢١) ومحمد (2020) على الأساليب التقليدية كالمسار الحرج وبيرت ومخططات جانتي دون استكشاف دور التقنيات الذكية في تطوير هذه الأساليب، في حين أن الدراسات التي تناولت الطاقة المتجددة كدراسة القدحات والشقور (٢٠١٥) والرشدان وغنيم (2015) وعلي ومحمد (٢٠٢٥) عالجت أبعاداً جغرافية وبيئية واجتماعية دون ربطها بتقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع، كما أن دراسة الدويري وعبادة (٢٠٢٤) التي تناولت الذكاء الاصطناعي طُبِّقت على المشاريع الوقفية وليس مشاريع الطاقة المتجددة. وعلى صعيد الدراسات الأجنبية، فإن دراسات مثل Ukoba et al. (2024) و Yousef et al. (2023) و Arumugham et al. (2023) و Mohamed et al. (2022) ركزت على توظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين أنظمة الطاقة المتجددة من الناحية التشغيلية والفنية كالتنبؤ بالإنتاج وإدارة الشبكات الذكية وتحسين الصيانة، بينما تناولت دراسة Manuel et al. (2024) كفاءة محطات الطاقة البصرية، وركزت دراسة Hameed et al. (2025) على إدارة مشاريع البناء عموماً، فيما انصبَّت دراسة Ruiz et al. (2025) على جدولة مشاريع المحطات الكهروضوئية دون التوسع في بُعد ضبط التكاليف والتخصيص الآلي للموارد. وعليه، فإن أياً من هذه الدراسات لم

يتناول بشكل تكاملي أثر توظيف الذكاء الاصطناعي بأبعاده الأربعة مجتمعة (التخطيط والجدولة الذكية، التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف، التحسين الآلي لتخصيص الموارد، المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي) على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة في بيئة سعودية، وهو ما تسعى الدراسة الحالية إلى سدّه من خلال تطبيقها على الشركة السعودية للطاقة بوصفها سياقاً بحثياً لم يُدرس من هذا المنظور التكاملي من قبل..

المنطلقات النظرية للدراسة:

أولاً: مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة المشاريع

يُعرّف 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 تُمثّل أداةً محوريةً لتحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالعمل المناخي.

وفي مجال إدارة المشاريع تحديداً، يُمثّل 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 (٢٠٢٤) 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 بالبُعد 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 (٢٠١٢) 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 البُعد الثاني "التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف" فيُشير 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 والآنية للمشاريع. وتتكامل هذه التحليلات مع أساليب جدولة الموارد المالية التي أكد تلي وكارش (٢٠٢١) أهميتها في التحكم بتكاليف المشاريع الإنشائية من خلال تقنيات التحليل الشبكي. ويُقصد بالبُعد 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 المترامنة بما يُقلّل الهدر ويُعظّم 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 البُعد 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 تُمكن المشغلين من اتخاذ قرارات مستنيرة 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 تميّزه 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.

وتُعرّف **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 وتأثرها بعوامل مناخية وجغرافية متعددة. وقد أشارت القدحات والشقور (٢٠١٥) إلى أن نجاح هذه المشاريع يتطلب مراعاة عوامل متعددة فنية واقتصادية وبيئية واجتماعية عند اختيار المواقع والتخطيط للتنفيذ. كما يُعرّف **ضبط التكلفة** بأنه العملية المنهجية لمراقبة الإنفاق الفعلي للمشروع ومقارنته بالميزانية المخططة واتخاذ الإجراءات التصحيحية عند حدوث انحرافات، بينما تُعرّف **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 (٢٠٢٠) أن أسلوب التحليل الشبكي وتقنية المسار الحرج يُمثّلان أدوات فعّالة لتحقيقه.

رابعاً: النظريات المؤطرة 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 يُفسر العوامل المؤثرة في تبني المؤسسات للتقنيات الجديدة كالذكاء الاصطناعي، ومدى إدراك المستخدمين لفوائدها وسهولة استخدامها. وتتقاطع هذه الأطر النظرية لتُشكل إطاراً مفاهيمياً متماسكاً يُمكن من فهم وتحليل أثر توظيف الذكاء الاصطناعي على تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة بشكل شامل ومتعمق.

المنهجية وطرق البحث:

سوف تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره المنهج الأكثر ملاءمة لطبيعة الدراسة وأهدافها، إذ يُتيح وصف الظاهرة المدروسة وتحليلها كمياً ونوعياً، والكشف عن العلاقات والأثر بين المتغير المستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي) بأبعاده الأربعة والمتغير التابع (تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة). وسيتم في الجانب الوصفي التعرف على واقع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في جدولة المشاريع وضبط التكاليف بالشركة السعودية للطاقة، ورصد اتجاهات وتصورات أفراد العينة حول هذا التوظيف، بينما سيُعنى الجانب التحليلي بدراسة العلاقات الارتباطية والسببية بين متغيرات الدراسة واختبار فرضياتها.

وسيتم تحقيق ذلك من خلال مرحلتين متكاملتين: المرحلة الأولى نظرية تتضمن مراجعة شاملة للأدبيات والدراسات السابقة العربية والأجنبية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي وإدارة مشاريع الطاقة المتجددة وجدولة المشاريع وضبط التكاليف، وذلك لبناء الإطار النظري للدراسة وتطوير نموذجها المفاهيمي. أما المرحلة الثانية فستكون ميدانية تطبيقية، حيث سيتم تصميم استبانة محكمة وتوزيعها على عينة الدراسة لجمع البيانات الأولية، ومن ثمّ تحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة للوصول إلى النتائج واختبار الفرضيات وتقديم التوصيات.

مجتمع الدراسة وعينتها

سيكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في المستويات الإدارية والفنية والهندسية ذات الصلة بإدارة مشاريع الطاقة المتجددة في الشركة السعودية للطاقة ، ويُقدّر مجتمع الدراسة الكلي بنحو (٤٥٠) موظفاً وموظفة يعملون في الإدارات والأقسام المعنية بتخطيط وتنفيذ ومراقبة مشاريع الطاقة المتجددة.

وسيتم اختيار عينة الدراسة باستخدام أسلوب العينة العشوائية الطبقية التناسبية (Stratified Proportional Random Sampling)، وذلك لضمان تمثيل جميع المستويات الوظيفية والأقسام المعنية تمثيلاً عادلاً. واستناداً إلى جدول (Krejcie & Morgan, 1970) لتحديد حجم العينة، فإنه عند مجتمع دراسة يبلغ (٤٥٠) فرداً، سيكون الحد الأدنى المطلوب للعينة (٢٠٧) مفردة. وحرصاً على تعويض الاستبانة المفقودة وغير الصالحة، سيتم توزيع (٢٥٠) استبانة على أفراد العينة، مع استهداف استرداد ما لا يقل عن (٢١٥) استبانة صالحة للتحليل الإحصائي، أي بنسبة استرداد متوقعة لا تقل عن (٨٦٪)، وهي نسبة مقبولة إحصائياً لأغراض التعميم.

مصادر جمع البيانات

سوف تعتمد الدراسة على مصدرين رئيسيين لجمع البيانات:

المصادر الثانوية: وتشمل الكتب والمراجع العلمية المتخصصة، والرسائل الجامعية (الماجستير والدكتوراه)، والدوريات والمجلات العلمية المحكمة العربية والأجنبية، والتقارير والنشرات الصادرة عن الشركة السعودية للطاقة والجهات الحكومية ذات الصلة، وقواعد البيانات الإلكترونية مثل (Scopus, Web of Science, Google Scholar، قاعدة المنظومة)، وذلك لبناء الإطار النظري وتحديد الفجوة البحثية.

المصادر الأولية: وتتمثل في الاستبانة التي سيتم تصميمها وتطويرها خصيصاً لأغراض هذه الدراسة، والتي ستوزع إلكترونياً وورقياً على أفراد عينة الدراسة لجمع البيانات المتعلقة بمتغيرات الدراسة المستقلة والتابعة.

أداة الدراسة (الاستبانة)

سيتم تصميم استبانة مُحكّمة كأداة رئيسية لجمع البيانات الأولية، وستتكون من ثلاثة أقسام رئيسية على النحو التالي:

القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية - ويتضمن (٤) فقرات تشمل: المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، المسمى الوظيفي، التخصص.

القسم الثاني: المتغير المستقل (توظيف الذكاء الاصطناعي) - ويتضمن (١٦) فقرة موزعة على أربعة أبعاد:

- **البُعد الأول: التخطيط والجدولة الذكية** - ويتضمن (٤) فقرات تقيس مدى توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في التخطيط الآلي للمشاريع وجدولة الأنشطة وتحديد المسار الحرج وإعادة الجدولة التلقائية.
- **البُعد الثاني: التحليلات التنبؤية لإدارة التكاليف** - ويتضمن (٤) فقرات تقيس مدى استخدام التحليلات التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالتكاليف واكتشاف الانحرافات المالية وتحسين دقة التقديرات.
- **البُعد الثالث: التحسين الآلي لتخصيص الموارد** - ويتضمن (٤) فقرات تقيس مدى توظيف خوارزميات الذكاء الاصطناعي في التخصيص الأمثل للموارد البشرية والمادية وتقليل الهدر وتحقيق التوازن بين المشاريع.
- **البُعد الرابع: المراقبة والتحكم في الأداء بالوقت الفعلي** - ويتضمن (٤) فقرات تقيس مدى استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في الرصد اللحظي لمؤشرات الأداء والكشف المبكر عن المخاطر واتخاذ القرارات التصحيحية.

القسم الثالث: المتغير التابع (تحسين أداء مشاريع الطاقة المتجددة) - ويتضمن (١٠) فقرات تقيس مستوى تحسن أداء مشاريع الطاقة المتجددة من حيث الالتزام بالجدول الزمني، والالتزام بالميزانية المحددة، وجودة المخرجات، ورضا أصحاب المصلحة، وكفاءة استغلال الموارد، وتقليل المخاطر، ومرونة الاستجابة للتغيرات، وتحقيق معايير الاستدامة، والقدرة التنافسية، والأداء العام للمشروع.

وبذلك يكون إجمالي فقرات الاستبانة (30)فقرة :منها (٤) فقرات للبيانات الديموغرافية، و(١٦) فقرة للمتغير المستقل، و (10) فقرات للمتغير التابع. وسيتم قياس استجابات أفراد العينة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي (Likert Scale) المتدرج من (١ = غير موافق بشدة) إلى (٥ = موافق بشدة)

الأساليب الإحصائية المستخدمة

سيتم تحليل البيانات باستخدام برنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS V.28) ، وذلك بالاعتماد على الأساليب الإحصائية التالية:

أساليب الإحصاء الوصفي: وتشمل التكرارات والنسب المئوية لوصف خصائص عينة الدراسة، والمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لتحديد مستوى استجابات أفراد العينة على محاور الاستبانة وترتيب الأبعاد حسب أهميتها النسبية.

أساليب التحقق من صلاحية الأداة: وتشمل معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) للتحقق من ثبات أداة الدراسة، ومعاملات الارتباط بيرسون (Pearson Correlation) للتحقق من صدق الاتساق الداخلي لفقرات الاستبانة ومحاورها.

أساليب الإحصاء الاستدلالي: وتشمل تحليل الانحدار البسيط (Simple Regression) لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع، وتحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression) لاختبار الأثر المشترك لأبعاد المتغير المستقل مجتمعة على المتغير التابع، واختبار (T-Test) لتحديد الفروق بين مجموعتين، واختبار تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) لتحديد الفروق في استجابات أفراد العينة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية، واختبار شيفيه (Scheffé) للمقارنات البعدية عند وجود فروق دالة إحصائية، ومعامل تضخم التباين (VIF) واختبار التباين المسموح به (Tolerance) للكشف عن مشكلة الارتباط الخطي المتعدد بين المتغيرات المستقلة.

حدود الدراسة

الحدود الموضوعية: ستقتصر 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: ستطبق 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 ٢٠٢٥/٢٠٢٦م.

الحدود البشرية: ستقتصر 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

المراجع:

أولاً: المراجع العربية

- الحسن، عبدالله محمد عبد الحميد. (٢٠٢٥). دور إدارة الجودة في تحسين واستدامة المشاريع الإنشائية: دراسة حالة دولة الكويت. المجلة العربية للنشر العلمي، ع٧٧، ٣٧٦ - ٣٩١. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1568797>
- العوامة، بادي عبدالله، و العمري، محمد شحادة أبو يمن. (٢٠١٣). 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>
- نجم، محمد عبدالله أوحيدة. (٢٠٢٥). تحسين أداء إدارة المشاريع في ليبيا: استراتيجيات وتوجهات مستقبلية. مجلة جامعة سبها للعلوم الإنسانية، مج٢٤، ع١، ٥٨ - ٦٣. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1585432>
- القدحات، تغريد أحمد يوسف، و الشقور، سطاتم سالم مقبل. (٢٠١٥). تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مشاريع الطاقة المتجددة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة مؤتة، مؤتة. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/956441>
- علي، محمد بخاري حسن، و محمد، أحمد الفاضل. (٢٠٢٥). الأثر البيئي والاجتماعي والابتكار التكنولوجي في نجاح مشاريع الطاقة المتجددة: دراسة ميدانية على مشروع نور تشاد للطاقة الشمسية في تشاد. مجلة رماح للبحوث والدراسات، ع١٣١، ٤٩٠ - ٥٤٣. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1640002>
- الدويري، زايد نواف عواد، و عبادة، إبراهيم عبد الحليم. (٢٠٢٤). توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير المشاريع الوقفية. مجلة بيت المشورة، ع٢٢، ٩ - ٣٥. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1522537>
- الرشدان، محمد كايد فارس، و غنيم، عثمان محمد يوسف. (٢٠١٥). تنمية مشاريع الطاقة المتجددة من منظور التنمية المستدامة: حالة دراسية الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة).

<http://search.mandumah.com/Record/1302689>

- تلي، سيف الدين، و كارش، رابح. (٢٠٢١). استخدام التحليل الشبكي في جدولة الموارد المالية:

دراسة حالة مشروع مجمع سكني بولاية تامنغست. أبحاث اقتصادية وإدارية، مج ١٥، ع ٣، ٢٨٩

- ٤١٢. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1252673>

- نجم، نجيب عبدالمجيد. (٢٠١٢). استراتيجية استخدام أساليب جدولة المشروع، بيرت والمسار

الخرج في المفاضلة بين الوقت والتكلفة لانجاز المشاريع. مجلة الأستاذ للعلوم الإنسانية

والاجتماعية، ع ٢٠٢، ٩٣ - ١٠٦. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/440238>

- محمد، معطا الله. (٢٠٢٠). استخدام التحليل الشبكي في جدولة المشاريع الإنشائية: دراسة حالة

إنجاز ٦٠ وحدة سكنية. مجلة آفاق علمية، مج ١٢، ع ٤، ٦٧٢ - ٦٩١. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1096357>

المراجع الأجنبية

- 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.
- Hameed, A., Ahmed, S. S., Rasel, A. B. S., Hamim, M., Sok, M., & Tesfalem, A. (2025). The role of artificial intelligence in revolutionizing construction Project Management: Enhancing efficiency and sustainability. *North American Academic Research (NAAR)*, 8, 56-76.
- Manuel, H. N. N., Kehinde, H. M., Agupugo, C. P., & Manuel, A. C. N. (2024). The impact of AI on boosting renewable energy utilization and visual power plant efficiency in contemporary construction. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23(2), 1333-1348.

- 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.
- 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.
- Mohamed, M. A. E., Mohamed, S. M. R., Saied, E. M. M., Elsis, M., Su, C. L., & Hadi, H. A. (2022). Optimal energy management solutions using artificial intelligence techniques for photovoltaic empowered water desalination plants under cost function uncertainties. *Ieee Access*, 10, 93646–93658.
- 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.

Mid Ocean University

College of Management

Department of project management



**Enhancing the Performance of Renewable Energy Projects
through the Utilization of Artificial Intelligence in Project
Scheduling and Cost Control: An Applied Study on the Saudi
Energy Company**

Prepared by:

Rayan Falah Alsaqr Alqahtani

253002126

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

Dr. Fayez Jarad

1447-2026