

**استخدام تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات لتعزيز
الكفاءة التشغيلية والاستدامة: دراسة تطبيقية على شركة stc في
منطقة المدينة المنورة**

إعداد:

محمد يحيى محمد الصبحي

إشراف:

د. الفيصل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2025

المقدمة

يشهد قطاع الاتصالات في المملكة العربية السعودية تطورًا متسارعًا مدفوعًا بالتحول الرقمي والمشاريع الوطنية العملاقة، مما يجعل كفاءة التشغيل والاستدامة البيئية من أبرز أولويات المرحلة الحالية. ومع ازدياد الطلب على خدمات الاتصالات وتوسع البنية التحتية للشبكات في المناطق الحضرية والريفية، تبرز الحاجة إلى حلول مبتكرة في إدارة المشاريع تسهم في تقليل التكاليف التشغيلية وتحسين الأداء البيئي دون التأثير على جودة الخدمات المقدمة. ومن بين أبرز هذه الحلول، يبرز دمج تقنيات الطاقة المتجددة كمحور استراتيجي يمكن أن يعيد تشكيل الطريقة التي تُدار بها مشاريع الاتصالات الحديثة.

ففي ظل التحديات المرتبطة بارتفاع تكاليف الطاقة التقليدية وزيادة الانبعاثات الكربونية، أصبح من الضروري تبني أنظمة طاقة بديلة تعتمد على الموارد الطبيعية المستدامة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. هذه التقنيات لا تقتصر أهميتها على البعد البيئي فحسب، بل تمتد إلى تحقيق كفاءة تشغيلية أعلى، إذ تسهم في خفض استهلاك الوقود وتكاليف الصيانة، وتوفر استقرارًا أكبر في إمدادات الطاقة، خاصة للمواقع البعيدة عن الشبكات الكهربائية الرئيسية.

وتزداد أهمية هذه التحولات عند ربطها بمنهجيات إدارة المشاريع، التي تُعدّ الإطار الإداري الذي يضمن التخطيط الفعال، والتنفيذ المنضبط، والمتابعة الدقيقة لتحقيق الأهداف المنشودة. فدمج الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات لا يمكن أن ينجح إلا من خلال إدارة واعية للعناصر الأساسية للمشروع، مثل الجدول الزمني، والجودة، والتكلفة، والمخاطر، والتكامل بين فرق العمل. ومن هنا تتضح العلاقة التكاملية بين كفاءة إدارة المشاريع وبين تطبيقات الطاقة المتجددة بوصفها أداة لتعزيز الاستدامة المؤسسية والاقتصادية.

وتأتي شركة الاتصالات السعودية (stc) في مقدمة الشركات الوطنية التي تمثل نموذجًا لتوجه المملكة نحو الاقتصاد الأخضر، من خلال سعيها إلى تبني أنظمة تشغيلية مستدامة في مواقعها المختلفة. لذا، فإن دراسة تجربة الشركة في منطقة المدينة المنورة تمثل مدخلًا علميًا لفهم كيف يمكن لتقنيات الطاقة المتجددة أن تساهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف على المدى الطويل، مع دعم أهداف رؤية المملكة 2030 في مجالات الابتكار والطاقة النظيفة.

وبناءً على ما تقدم، تستهدف هذه الدراسة تحليل دور دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات من منظور إداري واستراتيجي، والكشف عن أثرها في تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة. كما تسعى إلى تقديم إطار تطبيقي يوضح كيف يمكن لممارسات إدارة المشاريع الحديثة أن تواكب التحول نحو الطاقة النظيفة، بما يساهم في بناء قطاع اتصالات أكثر كفاءة وقدرة على مواجهة تحديات المستقبل.

مشكلة الدراسة

على الرغم من التطور الكبير الذي يشهده قطاع الاتصالات في المملكة العربية السعودية، وما حققه من توسع في البنية التحتية الرقمية وتطبيقات التحول الرقمي، إلا أن هذا القطاع لا يزال يواجه تحديات تشغيلية متعلقة بارتفاع تكاليف الطاقة، واعتماده الكبير على المصادر التقليدية لتشغيل الأبراج والمحطات القاعدية. هذا الاعتماد يؤدي إلى زيادة المصروفات التشغيلية، وارتفاع معدلات الانبعاثات الكربونية، وتراجع كفاءة استغلال الموارد، مما يضعف من قدرة الشركات على تحقيق أهداف الاستدامة والابتكار التي تتادي بها رؤية المملكة 2030.

وعلى الرغم من وجود توجه متزايد نحو إدماج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات، إلا أن عملية الدمج تواجه عقبات متعددة تتعلق بضعف التخطيط الإداري لتلك المشاريع، وعدم وضوح الآليات التي تضمن الموازنة بين الجدوى الاقتصادية والفاعلية التشغيلية. كما تعاني بعض المؤسسات من نقص في إدارة المخاطر والتكامل بين فرق العمل، مما يحدّ من نجاح مشاريع الطاقة المتجددة في تحقيق الأثر المطلوب على الأداء التشغيلي.

من هذا المنطلق، تبرز مشكلة الدراسة في عدم وضوح الكيفية التي يمكن من خلالها توظيف تقنيات الطاقة المتجددة ضمن مشاريع الاتصالات بما يعزز الكفاءة التشغيلية ويحقق الاستدامة المؤسسية. كما تطرح تساؤلاً رئيسياً حول مدى فاعلية تطبيق ممارسات إدارة المشاريع في نجاح عمليات الدمج هذه داخل بيئة شركة الاتصالات السعودية (stc) في منطقة المدينة المنورة، ومدى انعكاس ذلك على تحسين الأداء التشغيلي وتقليل النفقات الطاقوية.

وبناءً على ذلك، تتمثل مشكلة الدراسة في الإجابة عن التساؤل الرئيس الآتي:

كيف يساهم دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات في تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة المؤسسية في شركة stc بمنطقة المدينة المنورة؟

أهمية الدراسة

أولاً: الأهمية العلمية

1. تساهم الدراسة في إثراء المعرفة الأكاديمية في مجال إدارة المشاريع، من خلال تناولها العلاقة بين الكفاءة التشغيلية والاستدامة البيئية عند دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات، وهو مجال لا يزال محدود الطرح في الأدبيات العربية.

2. تقدم الدراسة إطاراً نظرياً يربط بين مفاهيم إدارة المشاريع (كالجدولة، التكلفة، المخاطر، والجودة) وبين تطبيقات الطاقة المتجددة، مما يعزز من فهم الباحثين لكيفية تحقيق التكامل بين الأبعاد الإدارية والتقنية في بيئات العمل الحديثة.
3. تفتح الدراسة المجال أمام دراسات مستقبلية تتناول تقييم الأداء المؤسسي في ضوء تبني حلول الطاقة النظيفة، بما يساهم في تطوير نماذج قياس جديدة للكفاءة التشغيلية والاستدامة.

ثانيًا: الأهمية العملية

1. تقدم الدراسة تحليلًا واقعيًا لتجربة شركة الاتصالات السعودية (stc) في منطقة المدينة المنورة، بما يتيح للشركات المشابهة الاستفادة من نتائجها في تحسين إدارة مشاريع الطاقة المتجددة.
2. تساعد نتائج الدراسة متخذي القرار في قطاع الاتصالات على تبني سياسات تشغيلية أكثر كفاءة واستدامة من خلال دمج مصادر الطاقة المتجددة ضمن مشاريع البنية التحتية الاتصالية.
3. تساهم في خفض النفقات التشغيلية وتحسين موثوقية الخدمات في المناطق البعيدة، عبر تقديم نموذج إداري يمكن تطبيقه في بيئات تشغيلية مختلفة داخل المملكة وخارجها.
4. تدعم الجهود الوطنية في تحقيق الاستقلال الطاقوي وتقليل البصمة الكربونية في قطاع حيوي يُعد من أكثر القطاعات استهلاكًا للطاقة.

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات على تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة المؤسسية، من خلال دراسة تطبيقية على شركة الاتصالات السعودية (stc) في منطقة المدينة المنورة. وانطلاقًا من هذا الهدف الرئيس، تتفرع عنه الأهداف الفرعية الآتية:

1. تحليل واقع إدارة مشاريع الاتصالات في شركة stc ومدى تبنيها لمفاهيم وممارسات الاستدامة التشغيلية.
2. التعرف على مستوى تطبيق تقنيات الطاقة المتجددة (كالطاقة الشمسية وأنظمة التشغيل الهجينة) في مشاريع الشركة ودورها في خفض التكاليف التشغيلية.

3. قياس أثر ممارسات إدارة المشاريع الحديثة (إدارة الجدول الزمني، التكلفة، المخاطر، الجودة، والاتصالات) على نجاح مشاريع الطاقة المتجددة داخل الشركة.

4. تحديد العوامل الإدارية والتنظيمية التي تعزز أو تعيق دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات.

5. اقتراح إطار إداري تطبيقي يُمكن شركات الاتصالات من تعزيز الكفاءة التشغيلية والاستدامة البيئية من خلال إدارة فعالة لمشاريع الطاقة المتجددة.

تساؤلات الدراسة

1. ما مستوى تطبيق تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات التابعة لشركة stc بمنطقة المدينة المنورة؟
2. ما دور ممارسات إدارة المشاريع الحديثة في إنجاح مشاريع الطاقة المتجددة داخل الشركة؟
3. ما العلاقة بين تطبيق تقنيات الطاقة المتجددة ومستوى الكفاءة التشغيلية في مشاريع الاتصالات؟
4. كيف يسهم دمج الطاقة المتجددة في تحسين استدامة المشاريع من الناحية البيئية والاقتصادية؟
5. ما أبرز التحديات الإدارية والتنظيمية التي تواجه تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة في قطاع الاتصالات، وكيف يمكن معالجتها؟

فروض الدراسة

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لدمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات على تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة المؤسسية في شركة الاتصالات السعودية (stc) بمنطقة المدينة المنورة.

الفروض الفرعية

1. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتبني أنظمة الطاقة الشمسية على تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في مشاريع الاتصالات.
2. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتكامل أنظمة الطاقة المتجددة مع إدارة المشاريع على خفض التكاليف التشغيلية في شركة stc.
3. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لممارسات إدارة الجودة في المشاريع على فاعلية تطبيق تقنيات الطاقة المتجددة.
4. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لإدارة المخاطر والجدولة الزمنية على استدامة مشاريع الاتصالات التي تعتمد على الطاقة المتجددة.

الدراسات السابقة

تناولت دراسة **Chaichan وآخرون (2016)** موضوعًا ذا أهمية متنامية في مجال إدارة مشروعات البنية التحتية للطاقة، تمثل في تحسين أنظمة الطاقة الهجينة (الطاقة الشمسية والديزل) لتغذية أبراج الاتصالات في المناطق النائية. هدفت الدراسة إلى تصميم نموذج اقتصادي وتقني يحقق التوازن بين كفاءة التشغيل وتكلفة الإنتاج في تشغيل أبراج الاتصالات في مدينة البريمي بسلطنة عُمان، وهي منطقة تشهد مستويات مرتفعة من الإشعاع الشمسي وتُعد بيئة مثالية لتطبيقات الطاقة المتجددة. اعتمد الباحثون المنهج الوصفي التحليلي مدعومًا بالتحليل الكمي، حيث استخدموا برنامج HOMER لمحاكاة الأداء الاقتصادي والفني للنظام المقترح، بهدف تحديد البديل الأمثل لتغذية برج اتصالات بقدرة 10 كيلواط عبر نظام هجين يجمع بين الطاقة الشمسية والديزل. شمل التصميم ثلاثة أنظمة مقارنة: نظام هجين (شمسي-ديزل)، ونظام يعمل بالديزل فقط، وآخر يعتمد على الطاقة الشمسية فقط.

كشفت النتائج أن النظام الهجين (Solar PV/Diesel) يمثل الحل الأكثر كفاءة من حيث التكلفة والموثوقية، إذ بلغ متوسط تكلفة الطاقة المنتجة (0.29 دولار/ك.و.س) مقارنة بـ (0.58 دولار/ك.و.س) لنظام الديزل المنفرد، و (0.34 دولار/ك.و.س) للنظام الشمسي المنفصل. كما أظهرت النتائج أن دمج مصادر الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات يسهم في تقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين استقرار الإمداد الكهربائي، خاصة في المناطق البعيدة عن الشبكات الوطنية.

خلصت الدراسة إلى أن اعتماد الأنظمة الهجينة في إدارة مشاريع الطاقة بالقطاع الاتصالي يُعد خيارًا استراتيجيًا طويل الأمد لتحقيق الكفاءة التشغيلية والاستدامة المالية، إذ يضمن استمرار الخدمة مع تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. وأوصت الدراسة بضرورة دمج منهجيات إدارة المشاريع الحديثة في مراحل التخطيط والتنفيذ لأنظمة الطاقة المتجددة داخل مؤسسات الاتصالات، لما لذلك من دور مباشر في تحسين الأداء التشغيلي وتقليل النفقات على المدى الطويل.

دراسة **Baidas وآخرون (2021)** درست موضوع متخصصًا في إدارة مشاريع الطاقة المتجددة في قطاع الاتصالات، تمثل في تحليل الأداء الفني والاقتصادي لمحطات القاعدة الخلوية التي تعمل بالطاقة الشمسية في دولة الكويت، في إطار السعي نحو تعزيز كفاءة التشغيل وتقليل الانبعاثات الكربونية في البنية التحتية للاتصالات.

جاءت الدراسة في ظل تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية نتيجة للتوسع في شبكات الاتصالات، وما يرافقه من تحديات تتعلق بتكلفة التشغيل والاعتماد على الوقود الأحفوري، خصوصاً في المناطق ذات الأحوال المتغيرة والمناخ الصحراوي القاسي.

هدفت الدراسة إلى تقييم الجدوى الاقتصادية والبيئية لتحويل محطات الاتصالات التقليدية إلى أنظمة تعمل بالطاقة الشمسية، من خلال تصميم نماذج تشغيل مختلفة تعتمد على الألواح الكهروضوئية وتخزين الطاقة عبر البطاريات. استخدم الباحثون المنهج التحليلي التطبيقي مستندين إلى بيانات تشغيل فعلية من عدد من الأبراج في مناطق مختلفة من الكويت، مع تحليل استهلاك الطاقة والانبعاثات وتكلفة التشغيل على مدار عام كامل.

أظهرت النتائج أن التحول إلى الطاقة الشمسية يسهم في خفض التكاليف التشغيلية بنسبة تتراوح بين 40% و 55% مقارنة بالنظام التقليدي المعتمد على الديزل، كما أدى إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة تجاوزت 60%. وأوضحت الدراسة أن العائد الاستثماري المتوقع لمشاريع الأبراج الشمسية يمكن تحقيقه خلال فترة تتراوح بين 3 إلى 5 سنوات، مما يجعل المشروع ذا جدوى اقتصادية عالية على المدى المتوسط.

واختتمت الدراسة بالتأكيد على أن دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات يُعد خطوة استراتيجية نحو تحقيق الكفاءة التشغيلية والاستدامة البيئية في المنطقة الخليجية. كما أوصت بضرورة تضمين مبادئ إدارة المشاريع في عمليات التخطيط والتنفيذ لهذه الأنظمة لضمان نجاحها، خاصة فيما يتعلق بتحليل المخاطر، وتقدير التكاليف، وإدارة الصيانة الدورية.

قدم الباحثون **Nuaymi, Al Haj Hassan, و Pelov (2013)** معالجة شاملة لقضية الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة في شبكات الاتصالات الخلوية، وذلك في إطار سعي الصناعة العالمية نحو تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق الكفاءة الطاقوية في ظل النمو المتسارع لاستهلاك الطاقة في محطات القاعدة (Base Stations). جاءت الدراسة كمسح علمي موسّع جمع بين التحليل النظري والنمذجة المفاهيمية، بهدف بناء تصور متكامل حول كيفية توظيف الطاقة الشمسية والرياح لتغذية الشبكات المتنقلة مع الحفاظ على موثوقية الخدمة واستمرارية التشغيل.

ركز الباحثون على صياغة نموذج مرجعي لمحطة قاعدة تعمل بالطاقة المتجددة (Renewable Energy Base Station - REBS)، يدمج بين مصادر طاقة متنوعة تشمل الشبكة الكهربائية، والطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، إلى جانب أنظمة التخزين وإدارة الأحوال. وقد تناول النموذج المكونات الأساسية للمحطة مثل وحدة التحكم بالطاقة، وآليات إدارة التخزين،

وسياسات التوزيع بين المصادر البديلة والشبكة الرئيسية. كما ناقشت الدراسة تأثير دمج الطاقة المتجددة على تصميم الشبكات الخلوية متعددة الطبقات (Heterogeneous Networks)، وبيّنت أن هذا الدمج لا يُعد حلاً بيئياً فقط، بل خياراً اقتصادياً يقلل من تكاليف التشغيل ويخلق نماذج أعمال جديدة في قطاع الاتصالات.

اعتمدت الورقة على مراجعة مقارنة لأكثر من ثلاثين دراسة تطبيقية من أنحاء مختلفة من العالم، وخلصت إلى أن نحو 75-80 % من إجمالي استهلاك الطاقة في شبكات G3 و LTE يتركز في محطات القاعدة، مما يجعلها العنصر الأكثر تأثيراً في استراتيجيات التحول الأخضر. كما أوضحت أن تحسين تصميم المحطات المعتمدة على الطاقة المتجددة يؤدي إلى خفض استهلاك الوقود بنسبة تتجاوز 40 % في بعض الحالات، مع تقليص تكاليف الصيانة التشغيلية بصورة ملحوظة.

ومن النتائج المهمة التي خرجت بها الدراسة أن تحقيق الكفاءة الطاقوية لا يتوقف على الجانب التقني فقط، بل يرتبط أيضاً بتطبيق منهجيات إدارة المشاريع في مراحل التخطيط والتشغيل والصيانة. فالتكامل بين الإدارة الرشيدة للطاقة وإدارة المشروع ككل هو ما يضمن استدامة الحلول المتجددة واستمراريتها ضمن بيئة تشغيلية معقدة مثل شبكات الاتصالات. كما أشارت الورقة إلى ضرورة تطوير خوارزميات ذكية لإدارة الطاقة تتنبأ بالاستهلاك بناءً على البيانات المناخية وأنماط الاستخدام، مما يساهم في تعزيز موثوقية الخدمة وتقليل الأعطال الناتجة عن انقطاع الإمداد.

واختتم الباحثون دراستهم بالتأكيد على أن الانتقال إلى محطات القاعدة العاملة بالطاقة المتجددة يمثل تحولاً استراتيجياً في إدارة مشاريع الاتصالات عالمياً، وأن دمج هذه التقنيات ضمن الخطط المؤسسية يساهم في تحقيق أهداف الاستدامة الاقتصادية والبيئية في آن واحد. كما دعوا إلى توسيع الأبحاث التطبيقية في هذا المجال لدراسة جدوى دمج الطاقة المتجددة في البيئات الصحراوية والمناطق ذات الأحمال العالية، بما يدعم بناء شبكات خضراء أكثر كفاءة واستدامة.

تناولت دراسة Babu وآخرون (2022) قضية التحول نحو الطاقة المستدامة في قطاع الاتصالات من منظور تطبيقي وإداري، حيث ركزت على تصميم وتحليل أنظمة هجينة للطاقة (شمسية-رياح-ديزل-بطاريات) لتغذية محطات الاتصالات في المناطق النائية، بهدف تحقيق التوازن بين الكفاءة التشغيلية والجدوى الاقتصادية وتقليل الأثر البيئي الناتج عن الاعتماد على الوقود الأحفوري. جاءت الدراسة ضمن سياق عالمي متزايد للاهتمام بخفض انبعاثات الكربون وتحسين كفاءة إدارة مشاريع البنية التحتية الحيوية.

اعتمد الباحثون منهجًا وصفيًا تحليليًا مدعومًا بالمحاكاة التقنية باستخدام برنامج HOMER Pro لتقييم الأداء التشغيلي والتكلفة الكلية للأنظمة المختلفة، حيث قارنوا بين نموذج تقليدي يعمل بالديزل فقط، وآخر يعتمد على الطاقة المتجددة بشكل كامل، وثالث يجمع بين المصادر الثلاثة. شمل التحليل متغيرات متعددة مثل كمية استهلاك الوقود، معدل الانبعاثات، تكلفة الطاقة المنتجة، ودرجة استقرار الإمداد الكهربائي.

أظهرت نتائج الدراسة أن النظام الهجين الذي يجمع بين الطاقة الشمسية والرياح والديزل حقق أعلى مستوى من الكفاءة التشغيلية مع خفض استهلاك الوقود بنسبة تجاوزت 60% مقارنة بالنظام التقليدي، وانخفاض الانبعاثات الكربونية بنسبة تقارب 70%. كما بيّنت النتائج أن التكلفة الأولية الأعلى للاستثمار في الأنظمة المتجددة تُعوّض خلال فترة تشغيل لا تتجاوز خمس سنوات، بفضل انخفاض النفقات التشغيلية والصيانة طويلة الأجل.

من الناحية الإدارية، أكدت الدراسة أن نجاح مشاريع الطاقة المتجددة في قطاع الاتصالات لا يعتمد فقط على الجانب التقني، بل يتطلب تطبيقًا دقيقًا لمبادئ إدارة المشاريع في مجالات التخطيط، وإدارة المخاطر، وضبط الجودة، والتكامل بين فرق العمل. فعملية الدمج الفعالة للطاقة المتجددة تحتاج إلى تنسيق مؤسسي محكم وإدارة مستمرة للأداء لضمان تحقيق الأهداف التشغيلية والبيئية في آنٍ واحد.

واختتم الباحثون دراستهم بالتأكيد على أن تبني الأنظمة الهجينة في مشاريع الاتصالات يمثل اتجاهًا استراتيجيًا يعزز من استدامة الخدمات ويقلل من تقلبات تكاليف التشغيل على المدى الطويل. كما أوصوا بضرورة بناء سياسات وطنية تشجع على الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة ضمن قطاع الاتصالات، مع تبني آليات دعم مالي وإداري تضمن نجاح هذه المبادرات وتحقيق عوائد اقتصادية وبيئية مستدامة.

استهدفت دراسة El-Amin و Rahman (2015) تحليل الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام منظومة طاقة هجينة تعتمد على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ومولدات الديزل لتغذية المناطق النائية في شمال المملكة العربية السعودية، وبالتحديد في منطقة قريبة من مدينة عرعر. جاءت هذه الدراسة في ظل التوجه العالمي نحو تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وضمن الجهود الرامية إلى تحسين كفاءة تشغيل مشاريع البنية التحتية في المناطق البعيدة عن الشبكات الكهربائية الرئيسية.

ركز الباحثان على بناء نموذج محاكاة عملي يتيح مقارنة البدائل الممكنة لتغذية الأحمال الكهربائية باستخدام مصادر متعددة للطاقة، بهدف تحديد النظام الأمثل من حيث الكلفة التشغيلية والاستدامة البيئية. استخدم الباحثان منهجاً تحليلياً يعتمد على البيانات المناخية الواقعية الخاصة بمعدل الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح، إلى جانب أنماط استهلاك الطاقة السنوي، مع توظيف أدوات محاكاة رقمية لقياس أداء النظام في سيناريوهات مختلفة.

كشفت نتائج الدراسة أن النظام الهجين (شمسي-ديزل) هو الأكثر كفاءة من الناحية التشغيلية مقارنة بالأنظمة الأحادية، إذ يحقق توازناً بين التكلفة والاستقرار في الإمداد الكهربائي. فقد بلغ متوسط تكلفة الطاقة المنتجة 0.038 دولار لكل كيلوواط/ساعة، مع انخفاض استهلاك الوقود بنسبة كبيرة مقارنة بالنظام المعتمد على الديزل فقط. كما أظهرت النتائج أن إضافة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح أسهمت في تقليل الانبعاثات الكربونية بنسبة تصل إلى 15%، فضلاً عن تحسين موثوقية التغذية الكهربائية وتقليل الأعطال الناتجة عن التقلبات المناخية.

بيّنت الدراسة أيضاً أن دمج مصادر الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات والمناطق النائية لا يُعد قراراً تقنياً بحتاً، بل يتطلب إدارة محكمة للمشروعات من حيث التخطيط والتكامل بين الموارد، وتقدير المخاطر، وتوزيع الأحمال التشغيلية. وأكدت أن نجاح الأنظمة الهجينة يعتمد على اتباع نهج إداري منظم يراعي الجدوى الاقتصادية إلى جانب الاعتبارات البيئية.

قدّم صالح، الفورتي، وزغب (2010) بحثاً ميدانياً تطبيقياً يُعد من أوائل الدراسات العربية التي تناولت استخدام منظومات الخلايا الشمسية في دعم شبكات الاتصالات في البيئات الصحراوية ذات الأحمال متفاوتة، وذلك من خلال دراسة تجربة شركة المدار للهاتف النقال في ليبيا. جاءت الدراسة في سياق تزايد الحاجة لتوسيع نطاق تغطية الاتصالات في المناطق النائية التي يصعب ربطها بالشبكة الكهربائية العامة، ما استدعى البحث عن بدائل طاقة مستدامة تحقق التشغيل المستمر بتكاليف منخفضة.

اعتمد الباحثون المنهج التطبيقي التحليلي لتقييم أداء عدد من المواقع الميدانية التي تعمل بأنظمة الخلايا الشمسية المستقلة خلال الفترة بين عامي 2002 و2010، وتم تحليل البيانات الفنية المتعلقة بمعدلات الإشعاع الشمسي، وساعات التشغيل اليومية، وكفاءة الوحدات الكهروضوئية، إلى جانب قياس مؤشرات الأداء مثل معامل الاستخدام، ومعدل الطاقة المنتجة، والخسائر النظامية. وأجريت الدراسة على منظومات تتراوح قدراتها بين 11 و187 كيلوواط ذروة (kWp) تغذي محطات اتصالات موزعة على عدة مناطق ريفية.

أظهرت النتائج أن الأنظمة الكهروضوئية المستقلة نجحت في توفير إمداد كهربائي مستقر ومستمر لمواقع الاتصالات دون الحاجة إلى مولدات ديزل احتياطية في معظم الحالات، مع تحقيق معدل أداء مرتفع تجاوز 75% في المتوسط. كما بينت الدراسة أن استخدام الطاقة الشمسية في هذا النوع من المشاريع أدى إلى تخفيض كبير في تكاليف التشغيل والصيانة، وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، إضافةً إلى تعزيز موثوقية الشبكة في المناطق التي تعاني من ضعف البنية التحتية الكهربائية.

خلص الباحثون إلى أن الطاقة الشمسية تمثل حلاً استراتيجياً لتوسيع قاعدة الاتصالات في الدول العربية التي تتميز بسطوح شمسي مرتفع، وأوصوا بضرورة إدراج هذا التوجه ضمن خطط إدارة المشاريع الوطنية في قطاع الاتصالات، من خلال توفير أطر تمويل وتشغيل تضمن استدامة هذه الأنظمة على المدى الطويل. كما دعوا إلى تطبيق منهجيات إدارة المشاريع الحديثة في مراحل تصميم وتشغيل وصيانة المنظومات الشمسية، بما يعزز التكامل بين الجوانب التقنية والإدارية لتحقيق أعلى درجات الكفاءة التشغيلية والاستدامة البيئية.

Almutairi وآخرون (2021) دراسة تحليلية رائدة هدفت إلى تقييم الجدوى الفنية والاقتصادية والبيئية لاستخدام نظام طاقة هجين (رياح-شمس-ديزل-بطاريات) لتزويد المباني بالطاقة في المناطق الريفية النائية التي تفتقر إلى شبكة كهربائية، وذلك من خلال تطبيق عملي في قرية بوستان بمحافظة هرمزغان جنوب إيران. جاءت هذه الدراسة استجابةً لزيادة الضغوط البيئية الناتجة عن الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري، وما يرتبط به من تحديات بيئية واقتصادية تهدد الاستدامة طويلة الأمد.

اعتمد الباحثون منهجاً تحليلياً تكاملياً جمع بين أدوات المحاكاة الرقمية باستخدام برنامج HOMER وأساليب اتخاذ القرار متعدد المعايير (SWARA و WSPAS)، وذلك لتحديد التكوين الأمثل لعناصر النظام من حيث السعة، التكلفة، ونسبة الطاقة المتجددة. اشتملت الدراسة على تحليل الحساسية لعددٍ من المتغيرات الرئيسية مثل أسعار الوقود، وتذبذب سرعة الرياح، وشدة الإشعاع الشمسي، بهدف اختبار استقرار الأداء الاقتصادي للنظام المقترح في ظل ظروف بيئية وسوقية متغيرة. أظهرت النتائج أن التوليفة المثلى للنظام تتكوّن من ألواح شمسية بقدرة 10 كيلوواط، وتوربينات رياح بقدرة 20 كيلوواط، ومولد ديزل احتياطي بقدرة 20 كيلوواط، إلى جانب 20 بطارية ووحدة محوّل بقدرة 10 كيلوواط. بلغ متوسط تكلفة إنتاج الكهرباء في هذا النظام نحو 1.058 دولار/ك.و.س مع نسبة اعتماد على الطاقة المتجددة بلغت 64%، وهي أعلى كفاءة مقارنةً بالأنظمة الأخرى التي تعتمد على مصدر طاقة واحد. كما بيّنت الدراسة أن هذا التكوين يحقق توازناً مثالياً بين

الاستدامة البيئية والجدوى التشغيلية، إذ يقلل استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة كبيرة مع ضمان استمرارية الإمداد الكهربائي في المناطق البعيدة.

وأبرزت الدراسة بعداً إدارياً مهماً، حيث أكدت أن نجاح تطبيق الأنظمة الهجينة في مشاريع الطاقة والاتصالات يتطلب إدارة مشاريع احترافية تراعي تحليل المخاطر، والتكامل بين مكونات النظام، والتقييم المستمر للأداء. وأشارت إلى أن عملية الدمج بين مصادر الطاقة المختلفة تستلزم تنسيقاً مؤسسياً طويل الأمد لضمان استدامة التشغيل وتحقيق الأهداف الاقتصادية والبيئية.

واختُتمت الدراسة بالتوصية بضرورة توجيه الاستثمارات الحكومية نحو نظم الطاقة المتجددة الهجينة في المناطق الريفية والنائية، وتبني سياسات تشجع على إنتاج الهيدروجين الأخضر من فائض الطاقة المتجددة كخيار استراتيجي لزيادة العائد على الاستثمار وتقليل المخاطر التشغيلية. كما أوصت بدمج تقنيات التحليل الحساس والتخطيط متعدد المعايير في إدارة مشاريع الطاقة المستقبلية بما يعزز الكفاءة التشغيلية ويسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

دراسة المزروع، الفوز، البقمي، وحسن (2024) إلى تحليل أثر استخدام تقنيات إدارة المشاريع في تطوير أداء المشاريع لدى شركات القطاع الخاص في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية، وذلك في ظل التوجهات الحديثة لرفع كفاءة التشغيل وتعزيز استدامة المشاريع ضمن بيئة تنافسية متسارعة النمو. جاءت الدراسة في إطار تزايد إدراك المؤسسات السعودية لأهمية التقنيات الإدارية الحديثة في تحسين جودة الأداء وضبط الوقت والتكلفة ضمن رؤية المملكة 2030.

اعتمد الباحثون المنهج الوصفي التحليلي كأساس للدراسة، حيث تم تصميم استبانة ميدانية لجمع البيانات من عينة بلغ حجمها (138) مفردة من العاملين في شركات القطاع الخاص بالمنطقة الشرقية، شملت فئات إدارية وفنية متعددة. وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS لاختبار العلاقة بين تطبيق تقنيات إدارة المشاريع (كالمخططات الزمنية، وإدارة الموارد، وتحليل المخاطر، وضبط الجودة والتكلفة) وبين مؤشرات تطوير المشاريع.

أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات إدارة المشاريع وتطوير أداء المشاريع، إذ تبين أن توظيف أدوات مثل تقنية جانت (Gantt Chart)، وأسلوب المسار الحرج (CPM)، وطريقة تقييم ومراجعة البرامج (PERT)، يسهم بفعالية في تحسين جدولة المشاريع، وضبط الموارد المالية والبشرية، وتقليل الانحرافات الزمنية.

كما أوضحت النتائج أن الشركات التي تطبق هذه التقنيات بصورة منهجية تحقق معدلات أعلى من الكفاءة التشغيلية والجودة التنظيمية مقارنةً بتلك التي تعتمد على أساليب تقليدية في الإدارة.

وأكدت الدراسة أن نجاح استخدام تقنيات إدارة المشاريع يرتبط بمدى وعي القيادات الإدارية بأهمية التدريب المستمر وتحديث المهارات الإدارية للعاملين في هذا المجال، إضافة إلى ضرورة وجود اتفاق استراتيجي بين الإدارات العليا حول خطط التطوير وآليات المتابعة. كما شددت على أهمية دمج مفاهيم إدارة المخاطر والموارد والتكلفة في مراحل التخطيط والتنفيذ لتحقيق مخرجات مستدامة ومتوازنة.

واختتم الباحثون دراستهم بالتأكيد على أن اعتماد تقنيات إدارة المشاريع الحديثة يعد محوراً أساسياً لتطوير المشاريع في القطاع الخاص السعودي، لما يوفره من قدرة على ضبط الأداء وتحقيق التكامل بين الجوانب الإدارية والفنية. كما أوصوا بتنفيذ برامج تدريبية متخصصة في إدارة المشاريع الرقمية والذكاء الاصطناعي، بما يعزز كفاءة المديرين والكوادر الفنية ويسهم في بناء بيئة عمل قائمة على التخطيط الاستراتيجي والتطوير المستمر.

تُعد دراسة النجار والشوابكة (2020) من الدراسات العربية المهمة التي تناولت العلاقة بين اليقظة الاستراتيجية وإدارة المشاريع في قطاع الاتصالات، في ظل ما يشهده هذا القطاع من تغيرات بيئية وتقنية متسارعة. انطلقت الدراسة من إدراك أن نجاح مشاريع الاتصالات يعتمد بدرجة كبيرة على قدرة الإدارة العليا على رصد التغيرات البيئية والتكنولوجية والتجارية، واتخاذ القرارات الاستباقية المبنية على معلومات دقيقة، وهو ما يُعرف بمفهوم "اليقظة الاستراتيجية".

هدفت الدراسة إلى تحليل أثر أبعاد اليقظة الاستراتيجية – وتشمل اليقظة التنافسية، والتكنولوجية، والتجارية، والبيئية – في تحسين فعالية إدارة المشاريع بمختلف مجالاتها المعرفية، مثل إدارة النطاق، والجدول الزمني، والجودة، والمخاطر، والتكامل، وموارد المشروع، وأصحاب المصلحة. كما سعت لتوضيح الدور الذي يمكن أن تلعبه اليقظة الاستراتيجية في تحقيق أهداف المشاريع وتعزيز كفاءتها في بيئة الاتصالات الأردنية التي تتسم بالمنافسة الحادة والتغير المستمر.

اعتمد الباحثان المنهج الوصفي التحليلي، وتم جمع البيانات عبر استبانة ميدانية وُزعت على (217) موظفاً من المستويات الإدارية العليا والوسطى في شركات الاتصالات الأردنية (زين، أورانج، أمنية). خضعت (153) استبانة للتحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS، وتم اختبار الفرضيات الرئيسة المتعلقة بوجود أثر ذي دلالة إحصائية لليقظة الاستراتيجية في مجالات إدارة المشاريع وأهدافها ووسائلها.

أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط قوية ودالة إحصائية ($R = 0.76$) بين اليقظة الاستراتيجية وإدارة المشاريع في شركات الاتصالات الأردنية، حيث تبين أن أبعاد اليقظة المختلفة تسهم مجتمعة في تفسير ما نسبته 57.8% من التغير في كفاءة إدارة المشاريع. كما كشفت النتائج أن اليقظة التنافسية والتكنولوجية تمثلان البعدين الأكثر تأثيراً في أداء المشاريع، يليهما اليقظة التجارية، ثم البيئية بدرجة أقل.

وأكدت الدراسة أن اعتماد منهجية اليقظة الاستراتيجية يمكن مديري المشاريع من استباق التغيرات، واقتناص الفرص، وتقليل المخاطر التنظيمية والفنية، مما يؤدي إلى تحسين عمليات التخطيط والتنفيذ والرقابة في المشاريع الاتصالية. كما شددت على أهمية دمج ثقافة اليقظة الاستراتيجية ضمن سياسات إدارة المشاريع في المؤسسات الاتصالية، وتأسيس وحدات متخصصة أو "خلايا يقظة" لمتابعة التغيرات البيئية والتكنولوجية بشكل دوري.

واختتمت الدراسة بعدد من التوصيات أبرزها: تعزيز الاهتمام بإدارة المخاطر واليقظة البيئية ضمن مشاريع الاتصالات، وتكثيف الدورات التدريبية للعاملين في مجالات إدارة المشاريع والذكاء الاستراتيجي، إلى جانب تحفيز القيادات المؤسسية على تبني معايير إدارة المشاريع الدولية (PMBOK و ISO21500) بما يضمن كفاءة الأداء وتحقيق أهداف المشاريع وفقاً لأفضل الممارسات العالمية.

التعقيب على الدراسات السابقة

يتضح من خلال مراجعة الدراسات السابقة - العربية والأجنبية - أن معظمها تلاقى في تأكيد أهمية دمج الطاقة المتجددة ضمن مشاريع البنية التحتية الحيوية، وخاصة في قطاع الاتصالات، لما لذلك من أثر مباشر في تعزيز الكفاءة التشغيلية وخفض النفقات وتحقيق الاستدامة البيئية. ومع ذلك، فقد تنوعت زوايا المعالجة بين الطابع الفني البحث والتركيز الإداري الاستراتيجي، مما أتاح رؤية متكاملة للموضوع محل الدراسة.

فمن الجانب الفني، ركزت دراسات مثل El-Amin و Rahman (2015)، و Baidas وآخرون (2021)، و Babu وآخرون (2022) على تصميم الأنظمة الهجينة (شمسي-رياح-ديزل-بطاريات) وتحليل أدائها الاقتصادي والبيئي، حيث بينت مجتمعة أن الدمج بين المصادر المتجددة والاحتياطية يمثل الخيار الأكثر كفاءة لتغذية أبراج ومحطات الاتصالات، مع خفض كبير في استهلاك الوقود والانبعاثات الكربونية. وقد دعمت هذه النتائج التوجه نحو التحول الأخضر في تشغيل البنية التحتية الاتصالية، لكنها بقيت تركز على الجوانب التقنية أكثر من الإدارية.

أما من الجانب الإداري، فقد جاءت دراسات مثل المزروع وآخرين (2024) والنجار والشوابكة (2020) لتبرز البعد التنظيمي والإداري في إدارة المشاريع، مؤكدة أن نجاح أي مشروع مرتبط بمدى فاعلية تطبيق منهجيات إدارة المشاريع وتقنيات المتابعة والتقييم، وكذلك بقدرة القيادات على تبني مفهوم اليقظة الاستراتيجية ومراقبة البيئة التنافسية. وقد أسهمت هذه الدراسات في توضيح العلاقة بين إدارة المشاريع والاستدامة التشغيلية، وهو ما يشكل الأساس الذي تستند إليه هذه الدراسة في ربط الطاقة المتجددة بالبعد الإداري لمشاريع الاتصالات.

كما كشفت الدراسات العربية - مثل صالح وآخرين (2010) - عن تجارب ناجحة في تطبيق الأنظمة الشمسية في شركات الاتصالات في البيئات الصحراوية العربية، مؤكدة أن الاستفادة من الموارد الطبيعية المحلية تمثل عاملاً حاسماً في تحقيق الكفاءة التشغيلية والاستقلال الطاقوي. وبيّنت دراسات أخرى مثل Almutairi وآخرون (2021) و Al Haj Hassan وآخرون (2013) أهمية التكامل بين الإدارة الهندسية وإدارة المشاريع في مراحل التخطيط والتنفيذ لتحقيق الجدوى الاقتصادية والاستدامة طويلة الأجل.

من خلال المقارنة بين هذه الدراسات، يمكن القول إن معظم الأبحاث ركزت على البعد الفني للطاقة المتجددة أو البعد الإداري لإدارة المشاريع، في حين نادراً ما تناولت دراسة العلاقة التكاملية بين الجانبين في سياق شركات الاتصالات العربية، وبشكل خاص ضمن إطار شركة stc في المملكة العربية السعودية. ومن هنا تنبع أهمية هذه الدراسة الحالية التي تسعى إلى سد هذه الفجوة البحثية من خلال تحليل دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات من منظور إداري تطبيقي، يربط بين مفاهيم الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية في بيئة محلية ذات خصوصية مناخية وتنظيمية.

وبذلك، تسهم هذه الدراسة في بناء نموذج متكامل يجمع بين الأسس الإدارية والتقنية لإدارة مشاريع الطاقة المتجددة في قطاع الاتصالات، وتوفر إضافة علمية يمكن أن يعتمد عليها الباحثون وصناع القرار لتطوير سياسات تشغيلية واستراتيجية مستدامة تعزز كفاءة الأداء وتدعم مستهدفات رؤية المملكة 2030.

الفجوة البحثية

تُظهر الدراسات السابقة ندرة واضحة في الأبحاث التطبيقية التي تناولت التكامل بين إدارة المشاريع التشغيلية وتوظيف تقنيات الطاقة المتجددة في قطاع الاتصالات السعودي بصورة مترابطة وشمولية. إذ ركزت بعض الدراسات على التحليل الفني

والاقتصادي لاستخدام الطاقة الشمسية والأنظمة الهجينة لتغذية الأبراج ومحطات الاتصالات، في حين انصبت دراسات أخرى على الجوانب الإدارية والتنظيمية لإدارة المشاريع دون الربط بينهما في إطار واحد متكامل.

كما لم تتناول الدراسات السابقة بصورة كافية العلاقة السببية والإحصائية بين عناصر إدارة المشاريع التشغيلية (التخطيط، التنظيم، إدارة المخاطر، مراقبة الجودة، وضبط التكاليف) ومؤشرات الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية الناتجة عن دمج الطاقة المتجددة في عمليات التشغيل. إضافة إلى ذلك، تقتصر البيئة البحثية المحلية إلى نماذج كمية ميدانية تختبر هذا التكامل داخل شركات الاتصالات السعودية التي تُعد من أكثر القطاعات استهلاكًا للطاقة.

وعليه، تهدف هذه الدراسة إلى سد الفجوة البحثية من خلال بناء نموذج تطبيقي في شركة الاتصالات السعودية (stc) بمنطقة المدينة المنورة، يربط بين ممارسات إدارة المشاريع التشغيلية وآليات دمج تقنيات الطاقة المتجددة وأثرهما المشترك في تحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز الاستدامة المؤسسية. وتمثل هذه الدراسة إضافة علمية وعملية تسهم في تطوير سياسات إدارة المشاريع في قطاع الاتصالات بما يتماشى مع رؤية المملكة 2030 نحو التحول إلى الطاقة النظيفة والاستدامة الاقتصادية.

مميزات الدراسة الحالية

تتميز هذه الدراسة بأنها من الدراسات القليلة التي تجمع بين البعدين الإداري والتقني في تحليل مشاريع الاتصالات، حيث تسعى إلى بناء تصور متكامل يربط بين ممارسات إدارة المشاريع التشغيلية وتطبيقات الطاقة المتجددة بوصفها أداة لتعزيز الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية. كما تستمد الدراسة أهميتها من تطبيقها على شركة الاتصالات السعودية (stc) في منطقة المدينة المنورة، ما يمنحها بعداً واقعياً يعكس خصوصية البيئة السعودية وتوجهاتها نحو التحول الرقمي والطاقة النظيفة في إطار رؤية المملكة 2030.

وتتطلب أهمية هذه الدراسة كذلك من طابعها التطبيقي الكمي الذي يعتمد على أدوات التحليل الإحصائي لاختبار العلاقات بين المتغيرات، بما يمنح نتائجها قوة تفسيرية وعملية يمكن الاستفادة منها في تطوير سياسات إدارة المشاريع في قطاع الاتصالات. كما تسهم في إثراء الأدبيات العربية من خلال طرح نموذج إداري جديد يدمج بين تقنيات الطاقة المتجددة وأسس الإدارة التشغيلية، بما يفتح آفاقاً بحثية مستقبلية في مجالات الإدارة والاستدامة والطاقة.

المنطلقات النظرية للدراسة

نموذج الدراسة

يرتكز النموذج المقترح في هذه الدراسة على تحليل أثر التكامل بين إدارة المشاريع التشغيلية ودمج تقنيات الطاقة المتجددة في تعزيز الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية داخل شركة الاتصالات السعودية (stc) ويهدف إلى تفسير العلاقة بين مستوى تطبيق ممارسات إدارة المشاريع (التخطيط، التنظيم، إدارة المخاطر، وضبط الجودة والتكاليف) وبين كفاءة تشغيل مشاريع الاتصالات المدعومة بمصادر الطاقة المتجددة (الشمسية والهجينة).

يفترض النموذج أن نجاح المشاريع التشغيلية في قطاع الاتصالات لا يتحقق فقط عبر التطور التقني، بل يعتمد بدرجة كبيرة على التكامل بين الإدارة التنظيمية والتقنيات المستدامة، بحيث يؤدي أي ضعف في هذا التفاعل إلى ارتفاع التكاليف التشغيلية وتراجع مستوى الكفاءة والاستدامة البيئية. كما يختبر النموذج أثر تطبيق ممارسات إدارة المشاريع كعامل تنظيمي مؤثر في تحسين الأداء التشغيلي للمشاريع التي تستخدم الطاقة المتجددة، ودورها في تحقيق التوازن بين الجدوى الاقتصادية وحماية البيئة.

متغيرات الدراسة



الشكل (1) متغيرات الدراسة

مفهوم الطاقة المتجددة في قطاع الاتصالات

تشير الطاقة المتجددة في هذا السياق إلى استخدام مصادر الطاقة النظيفة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لتشغيل أبراج ومحطات الاتصالات، بدلاً من الاعتماد على الوقود التقليدي. وتتميز هذه المصادر بانخفاض تكلفتها التشغيلية على المدى الطويل، واستدامتها البيئية، وموثوقيتها في المناطق النائية. وتُعد أنظمة الطاقة الهجينة (شمسي-رياح-ديزل) من أكثر النماذج كفاءة لتغذية شبكات الاتصالات، لما توفره من توازن بين التكلفة والاستقرار في الإمداد الكهربائي (رحمن وإلعمين، 2015).

أنواع تقنيات الطاقة المتجددة المستخدمة في مشاريع الاتصالات

تتعدد التقنيات المستخدمة في مشاريع الاتصالات لتشمل الأنظمة الكهروضوئية، وأنظمة طاقة الرياح، والأنظمة الهجينة التي تجمع بين أكثر من مصدر للطاقة، إضافةً إلى أنظمة التخزين الذكية التي تحافظ على استمرارية الإمداد الكهربائي. وتُعد الأنظمة الهجينة الأكثر ملاءمة للبيئات الصحراوية والمناطق ذات الطلب المتغير على الطاقة، إذ تحقق توازنًا بين الكفاءة الاقتصادية والموثوقية التشغيلية (المطيري وآخرون، 2021).

أهمية دمج تقنيات الطاقة المتجددة في إدارة مشاريع الاتصالات

تتمثل أهمية دمج الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات في قدرتها على تحقيق الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية، من خلال خفض التكاليف وتحسين موثوقية الخدمة وتقليل الانبعاثات. كما يسهم هذا الدمج في تطوير بيئة تشغيلية مرنة تدعم الابتكار وتقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري. ويؤكد الباحثون أن نجاح مشاريع الطاقة المتجددة يعتمد على تطبيق ممارسات إدارية فعّالة تُعنى بالتخطيط والمراقبة وضبط الأداء ضمن إطار إدارة المشاريع (الحاج حسن وآخرون، 2013).

المنهجية وطرق البحث

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره الأنسب لطبيعة البحث، إذ يتيح وصف الظاهرة المدروسة وتحليل العلاقات بين متغيراتها بطريقة علمية ممنهجة. ويُستخدم هذا المنهج لتحديد واقع ممارسات إدارة المشاريع التشغيلية ودمج تقنيات الطاقة المتجددة في شركة الاتصالات السعودية (Stc) بمنطقة المدينة المنورة، وقياس أثر ذلك في تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة المؤسسية. يقوم هذا النهج على جمع البيانات الميدانية وتحليلها إحصائيًا بغرض تفسير العلاقة بين إدارة المشاريع وعناصر التشغيل المستدام، واستنتاج المؤشرات الداعمة لصنع القرار المؤسسي في مجال الاتصالات والطاقة.

مصادر البيانات

المصادر الأولية: تتمثل في الاستبانة الإلكترونية التي ستوجّه إلى عينة من موظفي شركة Stc ممن يعملون في إدارات المشاريع والتشغيل والطاقة والجودة، بهدف التعرف على واقع تطبيق ممارسات إدارة المشاريع التشغيلية ومستوى استخدام تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الشركة.

المصادر الثانوية: تتضمن المراجع العلمية والدراسات السابقة ذات الصلة بإدارة المشاريع والطاقة المتجددة، إضافة إلى التقارير الرسمية الصادرة عن الهيئة السعودية للاتصالات والتقنية ومعهد إدارة المشاريع (PMI).

مجتمع الدراسة وعينتها

يتكوّن مجتمع الدراسة من جميع العاملين في شركة Stc بمنطقة المدينة المنورة ممّن لهم علاقة مباشرة بإدارة أو تنفيذ المشاريع التشغيلية، أو الإشراف على تطبيقات الطاقة المتجددة داخل محطات الاتصالات والأبراج.

أما عينة الدراسة فستُختار باستخدام الأسلوب العشوائي البسيط من فئات مختلفة تشمل:

- المهندسين والفنيين في إدارة الطاقة والتشغيل
- مديري المشاريع والمنسقين الميدانيين
- موظفي إدارات الجودة والاستدامة

أداة الدراسة

اعتمدت الدراسة في جمع بياناتها الميدانية على أداة الاستبانة بوصفها الوسيلة الأنسب لقياس آراء العاملين حول ممارسات إدارة المشاريع ومدى دمج تقنيات الطاقة المتجددة في بيئة العمل. تم تصميم الاستبانة بعد مراجعة الأدبيات الحديثة المتعلقة بإدارة المشاريع التشغيلية في قطاع الاتصالات، إضافةً إلى الأدلة المعيارية الصادرة عن معهد إدارة المشاريع (PMI) والتقارير الوطنية في مجال الطاقة المستدامة.

وجاء بناء الأداة في ثلاثة محاور رئيسية:

- المحور الأول خُصص لجمع البيانات التعريفية عن المشاركين مثل القسم الوظيفي، سنوات الخبرة، والمستوى المهني.
- المحور الثاني تضمن مجموعة من البنود التي تقيس درجة تطبيق ممارسات إدارة المشاريع التشغيلية في الشركة من حيث التخطيط والتنظيم وإدارة المخاطر وضبط الجودة.
- المحور الثالث تناول مدى تطبيق واستخدام تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات وتأثيرها على الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية.

الأساليب الإحصائية

سيُجرى تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS عبر الأساليب الآتية:

- التكرارات والنسب المئوية لعرض الخصائص الديموغرافية للعينة.
- المتوسطات والانحرافات المعيارية لقياس مستوى استجابات المشاركين.
- معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation) لقياس قوة العلاقة بين متغيرات الدراسة.
- تحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد لاختبار الأثر الإحصائي لممارسات إدارة المشاريع ودمج الطاقة المتجددة على الكفاءة التشغيلية والاستدامة.
- تحليل الثبات (Reliability Analysis) باستخدام معامل كرونباخ ألفا للتحقق من اتساق فقرات الاستبانة وثباتها الداخلي.

حدود الدراسة

الحدود الموضوعية: تركز الدراسة على تحليل أثر دمج تقنيات الطاقة المتجددة في مشاريع الاتصالات على تحسين الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية.

الحدود المكانية: تنفذ الدراسة في شركة الاتصالات السعودية (stc) بمنطقة المدينة المنورة.

الحدود الزمانية: تغطي الدراسة العام الأكاديمي 2026م، وتشمل مراحل جمع البيانات وتحليلها واستخلاص النتائج.

المراجع والمصادر

1. المزروع، عروب محمد، الفواز، هلال، البقمي، سمية حمدان، وحسن، أحمد عبد. (2024). أثر استخدام تقنيات إدارة المشاريع على تطوير المشاريع بالتطبيق على شركات القطاع الخاص بالمنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية.
2. النجار، محمد فايز، والشوابكة، خالد محمود. (2020). أثر اليقظة الاستراتيجية في إدارة المشاريع في شركات الاتصالات الأردنية
3. صالح، إبراهيم م.، الفورتى، محمد، وزغب، علي. (2010). منظومات الخلايا الشمسية ودورها في توسيع قاعدة الاتصالات في شركة المدار. ورقة مؤتمر، جامعة طرابلس.
4. Al Haj Hassan, H., Nuaymi, L., & Pelov, A. (2013). Renewable Energy in Cellular Networks: A Survey. *2013 International Conference on Online Green Communications (OnlineGreenComm)*. IEEE.
5. Rehman, S., & El-Amin, I. (2015). Study of a Solar PV/Wind/Diesel Hybrid Power System for a Remotely Located Population near Arar, Saudi Arabia. *Energy Exploration & Exploitation*, 33(4), 591–620.
6. Chaichan, M. T., Kazem, H. A., & Mahdy, A. M. J. (2016). Optimization of Hybrid Solar PV/Diesel System for Powering Telecommunication Tower. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, 10(6).
7. Baidas, M. W., Hasaneya, R. W., Kamel, R. M., & Alanzi, S. S. (2021). Solar-Powered Cellular Base Stations in Kuwait: A Case Study. *Energies*, 14(22), 7494.
8. Baidas, M. W., Almusaiem, M. F., Kamel, R. M., & Alanzi, S. S. (2022). Renewable-Energy-Powered Cellular Base-Stations in Kuwait's Rural Areas. *Energies*, 15(7), 2334.
9. Almutairi, K., Hosseini Dehshiri, S. S., Hosseini Dehshiri, S. J., Mostafaeipour, A., Issakhov, A., & Techato, K. (2021). Use of a Hybrid Wind–Solar–Diesel–Battery Energy System to Power Buildings in Remote Areas: A Case Study. *Sustainability*, 13(17), 8764.