

Final Project 2

PMG 497

نموذج المشروع النهائي 2

أثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة

أسم الطالب

أيمن محمد إسماعيل

222001379

المشروع النهائي- 2

كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

إشراف

د. عبدالرحيم نادر

عضو هيئة التدريس- كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

2025- الفصل الدراسي الثالث

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين الذي بنعمته تتم الصالحات، وله الفضل والمنة فيما وفق وأعان على إنجاز هذا البحث.

أتشرف بتقديم أسمى آيات الشكر والعرفان، مقرونة بخالص الدعاء، لكل من أسهم في إنجاح هذا العمل وإخراجه إلى النور.

كما أتقدم بجزيل الشكر إلى أعضاء هيئة التدريس الذين لم ييخلوا بعلمهم وخبرتهم، وكان لتوجيهاتهم دور بارز في دعم مسيرتي العلمية. ولا يفوتني أن أعبر عن امتناني لكل من شارك في الاستبيان وأسهم بوقته وجهده في تزويد الدراسة بالبيانات اللازمة.

كما أخص بالشكر أسرتي الكريمة على دعمهم المتواصل وتشجيعهم الدائم، الذي كان الدافع الأكبر للاستمرار وإتمام هذا العمل. والشكر موصول لكل من قدم لي يد العون أو كلمة تشجيع خلال مراحل إعداد هذا البحث.

وفي الختام، أسأل الله تعالى أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم، وأن ينفع به الباحثين والمهتمين، وأن يكون إضافة علمية متواضعة في مجال الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية.

أيمن محمد مخلص إسماعيل

الإهداء

الحمد لله الذي علّم بالقلم، وهدانا إلى طريق العلم، وأعاننا على إتمام هذا العمل. أهدي هذا البحث إلى كل من ساهم في تشكيل رحلتي العلمية والإنسانية، بقلب ممتنٍّ وروح تفيض بالامتنان: إلى والديَّ الحبيبين اللذين زرعاً فيّ منذ الصغر بذور حُب المعرفة، وضخّياً بكلِّ غالٍ ونفيس لتُتاح لي فرصة التعلم ، لكما منّي كل الحُب والتقدير، فأنتما سرُّ نجاحي، ونورُ طريقي.

إلى إخوتي الأعزاء، رفاق الدرب وعضدي بعد الله، مصدر الفخر والسند الدائم ، إليكم أهدي ثمرة جهدي وتعب أيامي، عرفاناً بمكانكم الكبير في حياتي وامتناني لدعمكم وتشجيعكم المستمر وإلى من شاركني رحلتي الجامعية بكل حب وابتسامة وفرح ، أسأل الله أن يشفيك من كل داء ومكروه والمسلمين.

إلى أصدقائي وزملائي، الذين شاركوني لحظات الجد والتعب، فكانوا رفقةً درب لا تُنسى. وإلى نفسي التي صبرت على السهر والتعب، وواجهت الشك بالإصرار، ورفضت الاستسلام ، هذا الإهداء تذكرةً لي بأن الجهد لا يضيع، وأن كل خطوةٍ وُجّهت نحو الأفضل ستثمر يوماً ما.

إن كان هذا البحث قد أضاف لبنَةً صغيرة إلى صرح العلم، ففضل ذلك يعود إلى كل من دعموني ، وأعتذر إن قصرْتُ في حق أحدٍ منكم، فالكمال لله وحده، والجهد البشري لا يخلو من نقص. أسأل الله أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه، ونافعاً لكل من يطَّلِع عليه.

أيمن محمد مخلص إسماعيل

مستخلص الدراسة

الهدف:

سعت الدراسة إلى تحقيق ثلاثة أهداف رئيسية: قياس مستوى تطبيق مشاريع الطاقة الشمسية، قياس مستوى إدارة البنية التحتية الذكية، وتحديد طبيعة وقوة الأثر الناتج عن تكاملهما.

المنهجية:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، وتمثلت أداة جمع البيانات في استبيان وُزِعَ على عينة من الخبراء والمتخصصين العاملين في الجهات ذات العلاقة في المشاعر المقدسة والمناطق المجاورة. ولتحليل البيانات واختبار الفرضيات، استخدم الباحث/ة نمذجة المعادلة الهيكلية بالمربعات الصغرى الجزئية (PLS-SEM) عبر برنامج SmartPLS.

النتائج:

توصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لمشاريع الطاقة الشمسية في تحسين كفاءة إدارة البنية التحتية الذكية، من حيث تعزيز موثوقية الطاقة، ودعم استدامة الأنظمة الذكية، وتحسين جودة الخدمات المقدمة. كما أكدت النتائج أهمية التكامل بين مشاريع الطاقة الشمسية والتقنيات الذكية لتحقيق كفاءة تشغيلية أعلى وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

التطبيقات والأهمية:

تسهم نتائج هذه الدراسة في تقديم تطبيقات عملية يمكن الاستفادة منها في تطوير إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة، ومن أبرز هذه التطبيقات ما يأتي:

- دعم اتخاذ القرار
توفر نتائج الدراسة إطاراً علمياً يمكن لصناع القرار الاعتماد عليه عند التخطيط لتبني أو توسيع مشاريع الطاقة الشمسية لدعم تشغيل البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة.
- تحسين كفاءة إدارة الطاقة
يمكن توظيف نتائج الدراسة في تصميم أنظمة إدارة طاقة ذكية تعتمد على الطاقة الشمسية لتلبية الطلب المرتفع على الطاقة خلال مواسم الحج والعمرة.
- تعزيز الاستدامة البيئية
تسهم مشاريع الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استخدام مصادر الطاقة التقليدية، مما يعزز الاستدامة البيئية في المشاعر المقدسة.

- رفع جودة الخدمات
- يساعد التكامل بين الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية في تحسين جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن، مثل الإنارة الذكية، إدارة الحشود، وأنظمة المراقبة والسلامة.
- تطوير الخطط التشغيلية
- يمكن الاستفادة من نتائج الدراسة في إعداد خطط تشغيلية مرنة تعتمد على الطاقة المتجددة لضمان استمرارية الخدمات الذكية في حالات الطوارئ أو الذروة التشغيلية.

تبرز أهمية هذه الدراسة على المستوى العلمي من خلال:

- الإسهام في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بدمج مشاريع الطاقة الشمسية مع إدارة البنية التحتية الذكية، خاصة في البيئات ذات الكثافة التشغيلية العالية.
- تقديم إطار نظري يربط بين مفاهيم الطاقة المتجددة والتحول الرقمي وإدارة البنية التحتية الذكية.
- سد فجوة بحثية تتعلق بدراسة هذا الموضوع في سياق المشاعر المقدسة، وهو سياق قليل التداول في الدراسات السابقة.
- توفير أساس علمي يمكن للباحثين الاعتماد عليه في دراسات مستقبلية متعلقة بالطاقة الشمسية والمدن الذكية.

تتجلى الأهمية العملية للدراسة في:

- مساعدة الجهات المعنية بإدارة المشاعر المقدسة على تبني حلول طاقة مستدامة تدعم الأنظمة الذكية.
- دعم تحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في مجالات الطاقة المتجددة والاستدامة والتحول الذكي.
- تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل التكاليف التشغيلية المرتبطة بالطاقة.
- تمكين التخطيط الاستراتيجي لمشاريع مستقبلية قائمة على التكامل بين الطاقة الشمسية والتقنيات الذكية.

الكلمات المفتاحية:

الطاقة الشمسية، البنية التحتية الذكية، المشاعر المقدسة، PLS-SEM، تخزين الطاقة، التحليل التنبؤي.

جدول المحتويات

2	الشكر والتقدير.....
3	الإهداء.....
4	مستخلص الدراسة.....
10	1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة.....
11	1.1. المقدمة:.....
13	1.2. مشكلة الدراسة.....
13	1.2.1. فجوات على المستوى النظري.....
13	1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي.....
14	1.3. أهمية الدراسة.....
14	1.3.1. على المستوى النظري:.....
14	1.3.2. على المستوى التطبيقي:.....
14	1.4. أسئلة الدراسة.....
15	1.5. أهداف الدراسة.....
15	1.6. فرضيات الدراسة.....
16	1.7. نموذج الدراسة.....
18	1.8. الدراسة الميدانية.....
18	1.9. مخطط المشروع.....
19	2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة.....
20	2.1. المقدمة:.....
21	2.2. المتغير المستقل.....
24	2.3. المتغير التابع.....
26	2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع.....
27	2.5. الخاتمة.....
29	3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة.....
30	3.1. المقدمة.....
30	3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث.....
32	3.3. تصميم البحث.....
33	3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينات.....
33	3.5. طريقة جمع البيانات.....
34	3.6. أنواع البيانات.....

36	3.7. إجراءات التحليل الإحصائي.....
37	3.8. الخاتمة.....
38	4. الفصل الرابع: التحليل الإحصائي ومناقشة النتائج.....
39	4.1. المقدمة.....
39	4.2. توصيف عينة الدراسة (الإحصائيات الوصفية لعينة البحث).....
43	4.3. اختبارات الصدق والثبات للاستبيانات.....
45	4.4. الإحصاء الوصفي لمتغيرات البحث (الإجابة على أسئلة البحث).....
47	4.5. اختبار الفرضيات ومناقشة النتائج.....
48	4.6. الخاتمة.....
49	5. الفصل الخامس: حدود البحث والتوصيات والاستنتاجات.....
50	5.1. حدود الدراسة والدراسات المستقبلية:.....
52	5.2. توصيات الدراسة:.....
53	5.3. الخاتمة:.....
54	قائمة المراجع.....
56	الملاحق.....

جدول الأشكال

17	الشكل 1 (Conceptual Model) من عمل الطالب
21	الشكل 2 تزايد استخدام الطاقة الشمسية من 2017-2024 (المصدر: (IEA, 2023))
22	الشكل 3 منحني الخبرة/ التعلم لتكاليف مشاريع الطاقة الشمسية (المصدر (Hass et al., 2023))
23	الشكل 4 نمو استخدام الطاقة الشمسية في الأسواق من 2018-2023 (المصدر: (IEA, 2023))
23	الشكل 5 مخطط إنتاج الطاقة المتجددة حسب التقنية من 2000-2030 (المصدر (IEA, 2023))
25	الشكل 6 تكلفة الوحدات للتقنيات الكهربائية والالكترونية (المصدر: (IEA, 2017))
25	الشكل 7 التوفير المتوقع للطاقة عند استخدام نظام الإنارة الذكي في 2040 (المصدر: (IEA, 2017))
32	الشكل 8 البصلة البحثية من عمل الطالب
40	الشكل 9 رسم بياني حسب الجنس
41	الشكل 10 الشكل البياني على حسب العمر
41	الشكل 11 الشكل البياني على حسب المؤهل العلمي
42	الشكل 12 التوزيع البياني على حسب الجهة أو المنظمة
43	الشكل 13 التوزيع على حسب موقع العمل في المشاعر
47	الشكل 14 المتغيرات والأثر بينهما
47	الشكل 15 قيمة R من البرنامج
47	الشكل 16 نتائج (R-SQUARE)

جدول الجداول

33	الجدول 1 حجم العينة (2025).....
40	الجدول 2 التوزيع حسب الجنس.....
40	الجدول 3 جدول التصنيف على حسب العمر
41	الجدول 4 التوزيع حسب المؤهل العلمي.....
42	الجدول 5 التوزيع على حسب الجهة أو المنظمة.....
42	الجدول 6 التوزيع على حسب موقع العمل
44	الجدول 7 اختبارات الصدق والموثوقية.....
44	الجدول 8 اختبار ثبات الاستبانة.....
45	الجدول 9 مقياس ليكرت الخماسي
46	الجدول 10 دلالة المتوسط الحسابي.....
46	الجدول 11 المتوسطات الحسابية والانحراف المعياري.....

1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1. المقدمة:

تتزايد الضغوط على البنية التحتية التقليدية في المشاعر المقدسة، خلال موسم الحج ، مما يؤدي إلى تحديات مثل استهلاك الطاقة العالي، انبعاثات الكربون، والاحتياج المستمر لتحسين جودة الخدمات وكفاءتها. تظهر إحصاءات الحج والعمرة الصادرة عن الهيئة العامة للإحصاء السعودية تزايداً مطرداً في أعداد الحجاج، حيث وصل إجمالي الحجاج في عام 1444هـ (2023م) إلى أكثر من 1.8 مليون حاج، مما يضع ضغطاً هائلاً على البنية التحتية القائمة (الهيئة العامة للإحصاء، 2023). تعتمد البنية التحتية الحالية بشكل كبير على مصادر الطاقة التقليدية، والتي لا تتوافق مع التوجهات العالمية نحو الاستدامة البيئية ولا تلبي الطموحات الرامية إلى تحويل المشاعر المقدسة إلى نموذج للمدن الذكية المستدامة، وفقاً للاستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة للمملكة (وزارة الطاقة، 2021). هذه التحديات تستدعي البحث عن حلول بديلة ومبتكرة تضمن استمرارية الخدمات وكفاءتها مع تقليل الأثر البيئي.

ظهرت العديد من الدراسات أن دمج مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية، يمكن أن يساهم بشكل فعال في تعزيز استدامة وكفاءة البنية التحتية للمدن الذكية. على سبيل المثال، ناقش خان (Khan et al, 2023) في بحثه عن تطوير الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية أن الطاقة الشمسية تحمل فرصاً واعدة لمعالجة تحديات الطاقة في المملكة. كما أشارت دراسات أخرى إلى أن تطبيق حلول الطاقة الشمسية في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية يمكن أن يحسن من جودة الهواء ويقلل من البصمة الكربونية. (Abonomi et al, 2022) هذه الأدبيات تؤكد على الفوائد البيئية والاقتصادية والتشغيلية التي يمكن تحقيقها من خلال التحول إلى الطاقة المتجددة في سياق المدن الذكية، مما يوفر أساساً نظرياً لإمكانيات تطبيقها في المشاعر المقدسة.

على الرغم من الثراء المعرفي في مجال الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية، إلا أن هناك فجوة واضحة في الأدبيات التي تتناول بشكل خاص تطبيق هذه التقنيات في سياق المشاعر المقدسة وتأثيرها المباشر على إدارة البنية التحتية الذكية في هذه المنطقة الفريدة. معظم الدراسات تركز على المدن الذكية بشكل عام أو مناطق ذات خصائص ديموغرافية وجغرافية مختلفة. لا يوجد تحليل معمق في الأدبيات المنشورة يركز على التحديات المحددة والفرص الفريدة التي تطرحها الكثافة السكانية الموسمية الهائلة، والحاجة الملحة للحفاظ على البيئة، والاعتبارات اللوجستية والدينية الخاصة بالمشاعر المقدسة. هذا القصور يبرز الحاجة إلى دراسة متخصصة لتحديد الأثر الحقيقي لمشاريع الطاقة الشمسية في هذا السياق الفريد وتقديم توصيات قابلة للتطبيق.

تعد هذه المشكلة ذات أهمية قصوى لعدة فئات من الجمهور. بالنسبة لحكومة المملكة العربية السعودية، تساهم هذه الدراسة في تحقيق أهداف رؤية المملكة 2030 المتعلقة بالاستدامة والتحول الرقمي وتطوير المدن الذكية، وتحسين الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن (رؤية المملكة 2030، 2016). وللجهات الحكومية المسؤولة عن إدارة المشاعر المقدسة والخدمات اللوجستية، توفر الدراسة رؤى قيمة حول كيفية تحسين كفاءة الخدمات، خفض التكاليف التشغيلية، وتعزيز الاستدامة البيئية. أما للحجاج ، فإن تحسين البنية التحتية الذكية المدعومة بالطاقة الشمسية يعني تجربة حج وعمرة أكثر راحة وأماناً وصداقة للبيئة . وللمجتمع العلمي والباحثين، تقدم الدراسة مساهمة أصيلة في فهم كيفية تطبيق حلول الطاقة المتجددة في مناطق ذات تحديات فريدة وغير مسبقة.

يهدف هذا المشروع إلى تقييم الأثر الشامل لمشاريع الطاقة الشمسية على إدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة. ستبحث الدراسة في كيفية مساهمة الطاقة الشمسية في تحسين كفاءة استخدام الطاقة، تقليل الانبعاثات الكربونية، تعزيز مرونة الشبكة، وتطوير أنظمة إدارة ذكية أكثر استجابة للتقلبات الموسمية في أعداد الزوار. كما تسعى الدراسة إلى تحديد الفرص والتحديات المرتبطة بتطبيق واسع النطاق لهذه المشاريع، وتقديم توصيات عملية لصناع القرار والجهات المعنية بهدف تحقيق أقصى استفادة من هذه التقنيات لخدمة ضيوف الرحمن وتقديم نموذج رائد للمدن المستدامة.

1.2. مشكلة الدراسة

تتسم الأبحاث المتعلقة بدمج الطاقة المتجددة في البنية التحتية للمدن الذكية بتراكم معرفي واسع، إلا أن هناك فجوات نظرية وتطبيقية واضحة تبرز عند محاولة تطبيق هذه المعارف في سياق فريد كالمشاعر المقدسة. بينما توفر الأدبيات القائمة أطراً عامة ومفاهيم متعددة حول المدن الذكية وكفاءة الطاقة الشمسية، فإنها غالباً ما تفتقر إلى التناول المتعمق للجوانب النظرية والتطبيقية المتعلقة بخصائص بيئة المشاعر المقدسة ، وتم تقسيم مشكلة الدراسة إلى فجوات على المستوى النظري وفجوات على المستوى التطبيقي:

1.2.1. فجوات على المستوى النظري

- غياب دراسات تربط بشكل مباشر بين مشاريع الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية في بيئات موسمية ودينية مثل المشاعر المقدسة.
- اقتصار الأدبيات الحالية على مناقشة الطاقة المتجددة والمدن الذكية في سياقات حضرية عامة دون مراعاة لخصوصية المشاعر من حيث الزمان والمكان.
- محدودية الأطر النظرية التي تدمج الأبعاد البيئية، الإدارية، والاجتماعية في تحليل تأثير الطاقة الشمسية على البنية التحتية الذكية.
- ضعف التناول الأكاديمي للعلاقة بين استراتيجيات إدارة الطاقة والأنظمة الذكية في البيئات المؤقتة التي تتطلب استجابة عالية الكفاءة.

1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي

- محدودية التطبيقات العملية لمشاريع الطاقة الشمسية في المشاعر المقدسة، مقارنةً بمدن سعودية أخرى.
- عدم توفر دراسات تقييم دقيقة لمدى مساهمة هذه المشاريع في تحسين أداء البنية التحتية أثناء موسم الحج.
- نقص في البيانات الميدانية المنشورة حول كفاءة تشغيل أنظمة الطاقة الشمسية وربطها بالشبكات الذكية في مواقع مثل منى ومزدلفة وعرفات.
- غياب مؤشرات أداء واضحة لقياس أثر الطاقة الشمسية على الجوانب الخدمية مثل الإنارة، التبريد، النقل، وإدارة الحشود.

وإشكالية الدراسة هي: ما أثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة؟

1.3. أهمية الدراسة

تكتسب هذه الدراسة أهمية بالغة نظرًا لدورها في سد الفجوات المعرفية والتطبيقية المتعلقة بدمج الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية، لا سيما في سياق فريد وحيوي كالمشاعر المقدسة ، وتم تقسيم أهمية الدراسة على مستويين ، النظري والتطبيقي.

1.3.1. على المستوى النظري:

تكتسب هذه الدراسة أهميتها النظرية من كونها تسد فجوة واضحة في الأدبيات المتعلقة بعلاقة الطاقة الشمسية بإدارة البنية التحتية الذكية في البيئات الموسمية والدينية، مثل المشاعر المقدسة. إذ تقدم إطارًا مفاهيميًا جديدًا يربط بين مفاهيم الطاقة المستدامة، المدن الذكية، والإدارة الموسمية للطاقة، ضمن سياق فريد يتطلب تكييفًا خاصًا للنظريات والنماذج التقليدية. كما تساهم في توسيع الفهم العلمي حول تطبيقات الطاقة المتجددة في مواقع ذات طابع مؤقت وعالي الكثافة، وهو ما لم تتناوله الدراسات السابقة بالقدر الكافي.

1.3.2. على المستوى التطبيقي:

أما على الصعيد التطبيقي، فتكمن أهمية هذه الدراسة في قدرتها على تقديم توصيات عملية للجهات المعنية، تساعد في التخطيط والتوسع في استخدام الطاقة الشمسية بطريقة تساهم في رفع كفاءة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة. ومن خلال تحليل بيانات واقعية وتقديم مؤشرات أداء واضحة، فإن نتائج الدراسة يمكن أن تدعم صناعة القرار، وتساهم في تحقيق أهداف رؤية السعودية 2030 في مجالات الطاقة والاستدامة، لا سيما فيما يتعلق بتحسين الخدمات المقدمة للحجاج وتقليل التكاليف التشغيلية والانبعاثات الكربونية خلال موسم الحج.

1.4. أسئلة الدراسة

يهدف هذا المشروع إلى الإجابة على الأسئلة البحثية التالية، والتي ستوجه عملية جمع البيانات وتحليلها لتقييم أثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة:

سؤال البحث الرئيسي : ما أثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة ؟

الأسئلة الفرعية:

- ما هو الأثر المحتمل لمشاريع الطاقة الشمسية على كفاءة استخدام الطاقة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة ؟
- ما هي التحديات التشغيلية والتقنية الرئيسية التي تواجه دمج مشاريع الطاقة الشمسية في أنظمة البنية التحتية الذكية الحالية والمستقبلية بالمشاعر المقدسة، وكيف يمكن التغلب عليها ؟
- ما هي الفرص المتاحة لتعزيز مرونة وموثوقية البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة من خلال الاستفادة من حلول الطاقة الشمسية المبتكرة ؟
- ما هي التوصيات الاستراتيجية والعملية التي يمكن تقديمها للجهات المعنية لتعزيز الاستفادة من مشاريع الطاقة الشمسية في تطوير إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة ؟

1.5. أهداف الدراسة

- دراسة العلاقة بين الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية، وتحديد مدى تكامل هذه المشاريع مع أنظمة الإدارة الذكية مثل الشبكات الكهربائية الذكية، وأنظمة الإنارة والتبريد.
- تقييم أثر مشاريع الطاقة الشمسية على كفاءة تشغيل المرافق الخدمية خلال موسم الحج، مثل النقل، الإنارة، والتكييف.
- قياس مدى مساهمة الطاقة الشمسية في تقليل التكاليف التشغيلية والانبعاثات الكربونية في المشاعر المقدسة.
- تقديم توصيات عملية للجهات المعنية لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية وتعزيز الإدارة الذكية للبنية التحتية في المشاعر بما يتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية.

1.6. فرضيات الدراسة

- 1- Null Hypothesis (H_0) – الفرضية الصفرية : لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة.

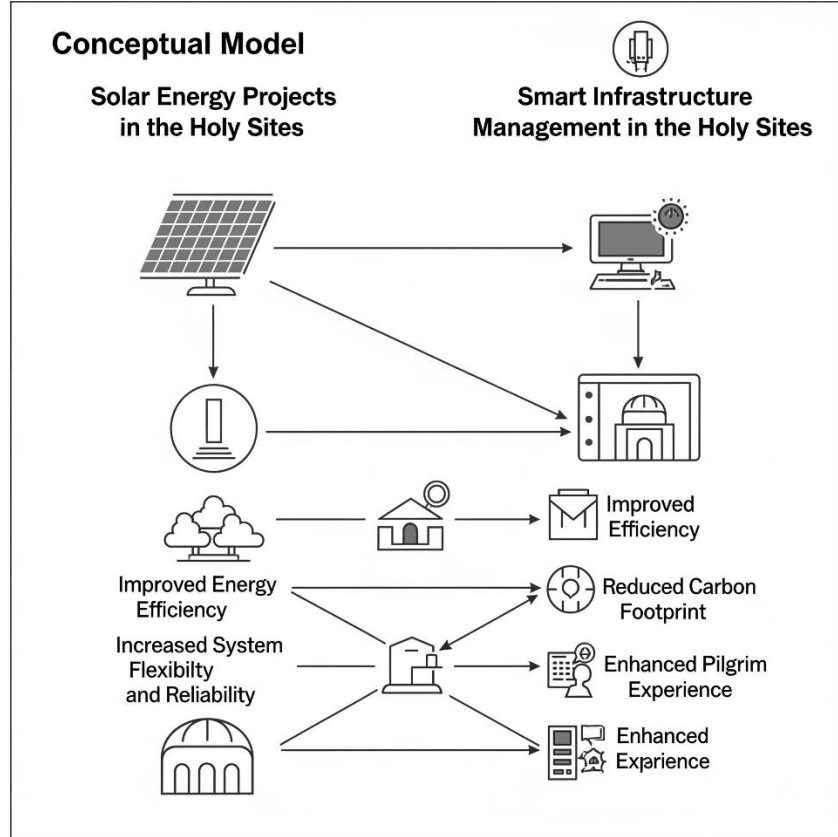
- 2- Alternative Hypothesis (H_a) – الفرضية البديلة : توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة.
- 3- Directional Hypothesis – الفرضية التوجيهية : مشاريع الطاقة الشمسية تُسهم بشكل إيجابي في تحسين كفاءة إدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة.
- 4- Non-directional Hypothesis – الفرضية غير التوجيهية : توجد علاقة بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة دون تحديد اتجاه هذه العلاقة (سواء إيجابية أو سلبية).

1.7. نموذج الدراسة

- المتغير المستقل :** مشاريع الطاقة الشمسية في المشاعر المقدسة وهو المتغير الأساسي الذي يُفترض أن يؤثر على كفاءة إدارة البنية التحتية. يمثل هذا العنصر كافة الجهود والمبادرات المتعلقة بتركيب وتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية في المشاعر المقدسة.
- المتغير التابع :** إدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة وهو المتغير الذي نتوقع أن يتأثر بوجود وتطبيق مشاريع الطاقة الشمسية. يشير إلى الكفاءة والفعالية التي تدار بها الخدمات والبنى التحتية المختلفة باستخدام التقنيات الذكية.
- النتائج المتوقعة :** مؤشرات كفاءة الإدارة وهي الجوانب المحددة التي تُظهر التحسن في إدارة البنية التحتية الذكية كنتيجة لمشاريع الطاقة الشمسية:
- تحسين كفاءة استخدام الطاقة: استخدام أقل للطاقة لتحقيق نفس المستوى من الخدمات.
 - تقليل البصمة الكربونية: خفض انبعاثات الغازات الدفيئة، مما يعزز الاستدامة البيئية.
 - زيادة مرونة وموثوقية الأنظمة: قدرة البنية التحتية على التكيف مع التغيرات وضمان استمرارية الخدمات، خاصة خلال فترات الذروة.

- تحسين تجربة ضيوف الرحمن: الهدف النهائي الذي تخدمه كل هذه التحسينات، من خلال توفير بيئة أكثر راحة وأماناً.

وفي الشكل أدناه نوضح نموذج الدراسة (Conceptual Model):



الشكل 1 (Conceptual Model) من عمل الطالب

1.8. الدراسة الميدانية

الصلة (Relevance): تتسم الدراسة الميدانية بملاءمة عالية لهذا البحث نظرًا لطبيعة المشكلة التي تتطلب فهمًا عميقًا للواقع العملي لتطبيق مشاريع الطاقة الشمسية في المشاعر المقدسة. لتقييم الأثر الفعلي لمشاريع الطاقة الشمسية على إدارة البنية التحتية الذكية، لا يمكن الاعتماد كليًا على البيانات النظرية أو الثانوية وحدها.

الوصول (Access): يُعد الحصول على إمكانية الوصول لإجراء دراسة ميدانية في المشاعر المقدسة تحديًا يتطلب تخطيطًا دقيقًا والالتزام بالبروتوكولات المعمول بها، نظرًا لأهمية المنطقة الدينية وحساسية عمليات البنية التحتية.

الاعتبارات الأخلاقية (Ethical Considerations): يتطلب إجراء دراسة ميدانية في المشاعر المقدسة أعلى المعايير الأخلاقية، احترامًا لقدسية المكان، خصوصية الأفراد، وحساسية المعلومات التشغيلية.

التمثيل (Representativeness): يُعد ضمان تمثيلية نتائج الدراسة الميدانية أمرًا مهمًا لتعميمها ضمن سياق المشاعر المقدسة.

1.9. مخطط المشروع

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة.

الفصل الثاني: الدراسات السابقة.

الفصل الثالث: منهجية البحث.

الفصل الرابع: التحليل الإحصائي ومناقشة النتائج.

الفصل الخامس: حدود البحث والتوصيات والاستنتاجات.

2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة

2.1. المقدمة:

يعد البحث في أثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة جزءًا من الجهود الأكاديمية لفهم كيفية توظيف مصادر الطاقة المتجددة في خدمة الاستدامة والذكاء الحضري. إذ تواجه المدن الكبرى، وخاصة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة، تحديات متنامية تتعلق بزيادة الطلب على الطاقة خلال مواسم الحج والعمرة، مما يجعل البحث في البدائل النظيفة مثل الطاقة الشمسية ضرورة علمية وعملية (KAPSARC, 2024).

تهدف هذه المراجعة إلى تقديم نظرة شاملة على الأطر النظرية والمفاهيمية والدراسات التجريبية ذات الصلة بأثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية، لا سيما في سياق فريد مثل المشاعر المقدسة. من خلال فحص الأدبيات الموجودة، يسعى هذا الفصل إلى تحديد الفجوات البحثية الحالية ووضع الأساس النظري للبحث. إن عملية مراجعة الأدبيات ليست مجرد تلخيص للدراسات السابقة، بل هي خطوة منهجية حيوية لتحديد المعرفة المكتسبة، وتقييم المناهج المستخدمة، وتوضيح مساهمة البحث الحالي في إثراء المجال الأكاديمي والتطبيقي (Saunders et al., 2019).

تكتسب هذه المراجعة أهمية خاصة نظرًا للطبيعة متعددة التخصصات للموضوع، والذي يجمع بين مفاهيم الطاقة المتجددة، المدن الذكية، وإدارة الحشود الكبرى. يتطلب ذلك فحصًا دقيقًا للدراسات التي تناولت كل جانب على حدة، بالإضافة إلى تلك التي سعت إلى دمجها. ستساعد هذه المراجعة في بناء نموذج مفاهيمي قوي يربط بين المتغيرات الأساسية للدراسة ويوجه عملية جمع وتحليل البيانات. وفي هذا السياق، تركز الدراسة على ثلاثة متغيرات رئيسية:

1- مشاريع الطاقة الشمسية : سيتم فحص الدراسات التي تناولت الجدوى الفنية والاقتصادية

لتطبيق الطاقة الشمسية في البيئات الحضرية، مع التركيز على المناطق ذات الظروف المناخية القاسية والطلب المتقلب على الطاقة، كما هو الحال في المشاعر المقدسة. سيتم تقييم أثر هذه المشاريع على كفاءة الطاقة والتحول. (Al-Ghamdi et al., 2017)

2- إدارة البنية التحتية الذكية : سيتم تحليل الأدبيات المتعلقة بتطور مفهوم المدن الذكية وتطبيقاته في إدارة المرافق العامة، بما في ذلك الأنظمة الذكية للتحكم في الإضاءة، وإدارة

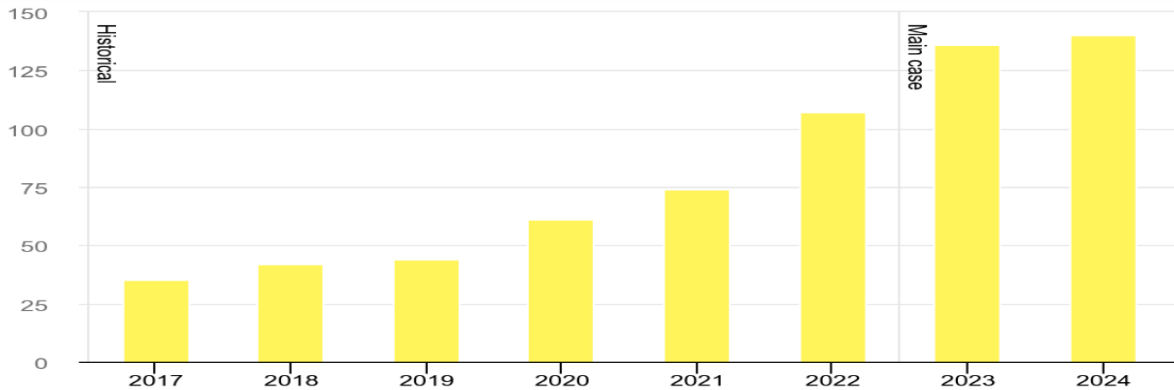
النفائات، وأنظمة النقل، وأنظمة مراقبة البيئة. سيتم التركيز على كيفية استخدام البيانات والتقنيات الذكية لتحسين الكفاءة التشغيلية.

3- تكامل الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية: حيث سيتم البحث عن الدراسات التي تناولت كيفية دمج مصادر الطاقة المتجددة مع شبكات وأنظمة المدن الذكية. سيتم استكشاف التحديات والفرص المتعلقة بهذا التكامل، بما في ذلك إدارة الأحمال المتغيرة، وأنظمة تخزين الطاقة، والتحكم الذكي في تدفق الطاقة (Qayyum et al., 2024).

2.2. المتغير المستقل

تُعد مشاريع الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية، وتحديدًا في منطقة المشاعر المقدسة، جزءاً لا يتجزأ من التزام المملكة بتحقيق أهداف رؤية 2030 لتقليل الاعتماد على النفط وتنويع مصادر الطاقة (وزارة الطاقة، 2021). تهدف هذه المشاريع إلى تسخير الإشعاع الشمسي الهائل الذي تتميز به المنطقة لتوليد الكهرباء النظيفة، مما يدعم الاستدامة البيئية والنمو الاقتصادي. تُعرف الطاقة الشمسية بأنها الطاقة المستمدة من أشعة الشمس، وتُستخدم بشكل أساسي لتوليد الكهرباء عبر الخلايا الكهروضوئية (Photovoltaic cells) أو لتوليد الحرارة. تُعتبر هذه المشاريع حلاً مثالياً للمشاعر المقدسة نظراً لتوافر أشعة الشمس على مدار العام والطلب المرتفع على الطاقة، خاصة خلال مواسم الحج والعمرة.

مشاريع الطاقة الشمسية هي مبادرات تخطيطية-تنفيذية لإنتاج الكهرباء من تقنيات الطاقة الشمسية (خصوصاً الخلايا الكهروضوئية PV وأحياناً المركز الشمسي CSP) عبر محطات كبيرة على الشبكة أو أنظمة موزعة على الأسطح والمباني، مع ما يلزمها من ربط شبكي وتخزين وتشغيل وصيانة ودورات عمرية وإعادة تدوير. تُعرف وكالة الطاقة الدولية PV كمصدر يتنامى سريعاً في شكلين متوازيين: مرافق كبيرة (Utility-scale) وأنظمة موزعة (IEA, 2023).

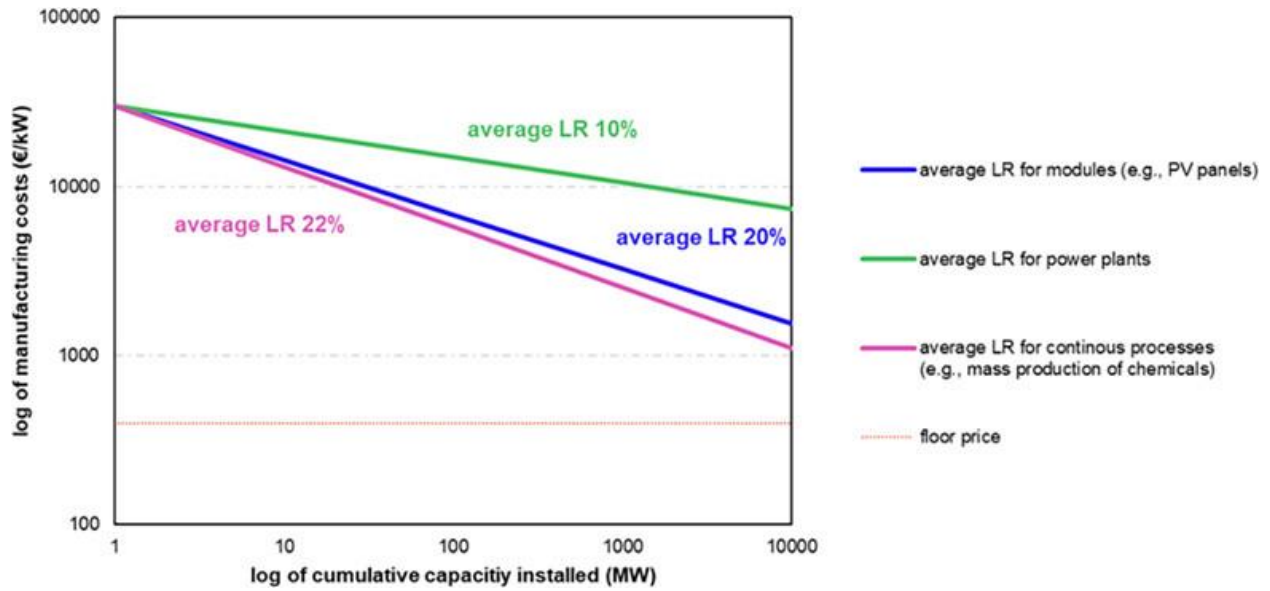


الشكل 2 تزايد استخدام الطاقة الشمسية من 2017-2024 (المصدر: (IEA, 2023))

التطور والاتجاهات والابعاد:

شهدت تقنيات الألواح الكهروضوئية تحسناً ملحوظاً في الكفاءة والمتانة، مما جعلها أكثر قدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية في المنطقة، مثل درجات الحرارة العالية والغبار. كما تطورت أنظمة تخزين الطاقة (البطاريات) التي تضمن استمرارية إمداد الكهرباء خلال ساعات الليل أو الأيام الغائمة.

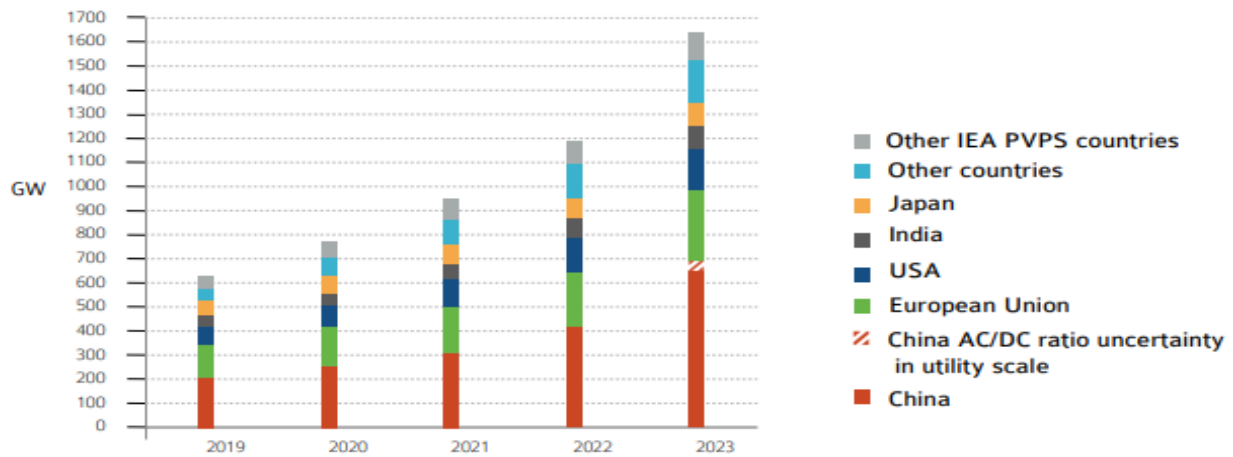
شهدت الطاقة الشمسية انخفاضاً حاداً في التكاليف بفعل “منحنى الخبرة/التعلم”، حيث ترتبط كل مضاعفة للإنتاج التراكمي بانخفاض يقارب 20-26% في أسعار المكونات، وهو ما سهّل الانتشار السريع. (Hass et al., 2023)



الشكل 3 منحنى الخبرة/ التعلم لتكاليف مشاريع الطاقة الشمسية (المصدر (Hass et al., 2023))

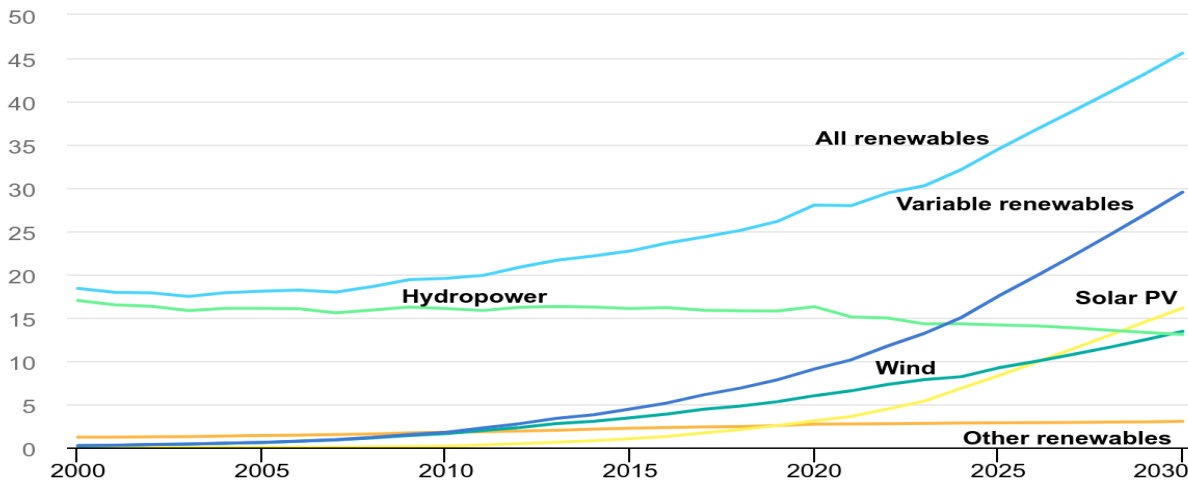
انخفضت تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية بشكل كبير، مما جعلها تنافسية مع مصادر الطاقة التقليدية. هذا التطور شجع على زيادة الاستثمار الحكومي والخاص في مشاريع الطاقة الشمسية الكبرى، مثل مشروع سكاكا ومشاريع أخرى ضمن البرنامج الوطني للطاقة المتجددة. (Khan et al, 2023)

في عام 2023 وحده، أضاف العالم رقماً قياسياً من القدرات المتجددة، وكان للطاقة الشمسية النصيب الأكبر ضمن إضافات 473-510 غيغاواط من القدرة المتجددة الجديدة، تعكس أعمار الأصول حقيقة أن مشروعات الـ PV تتعايش مع الشبكة لعقود (وسيط عمر تشغيلي 25 سنة للمحطات الكبيرة و30 سنة للموزعة) ما يستلزم تخطيطاً لدورة الحياة ونهاية العمر وإعادة التدوير. (IEA, 2023)



الشكل 4 نمو استخدام الطاقة الشمسية في الأسواق من 2018-2023 (المصدر: (IEA, 2023))

البعد البيئي لمشاريع الطاقة الشمسية تسهم بشكل مباشر في تقليل البصمة الكربونية من خلال خفض الاعتماد على الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء. هذا يتماشى مع التزام المملكة بتحقيق أهداف الحياد الكربوني، ويعزز صورة المشاعر المقدسة كبيئة مستدامة وصديقة للبيئة. (وزارة الطاقة، 2021).



الشكل 5 مخطط إنتاج الطاقة المتجددة حسب التقنية من 2000-2030 (المصدر: (IEA, 2023))

2.3. المتغير التابع

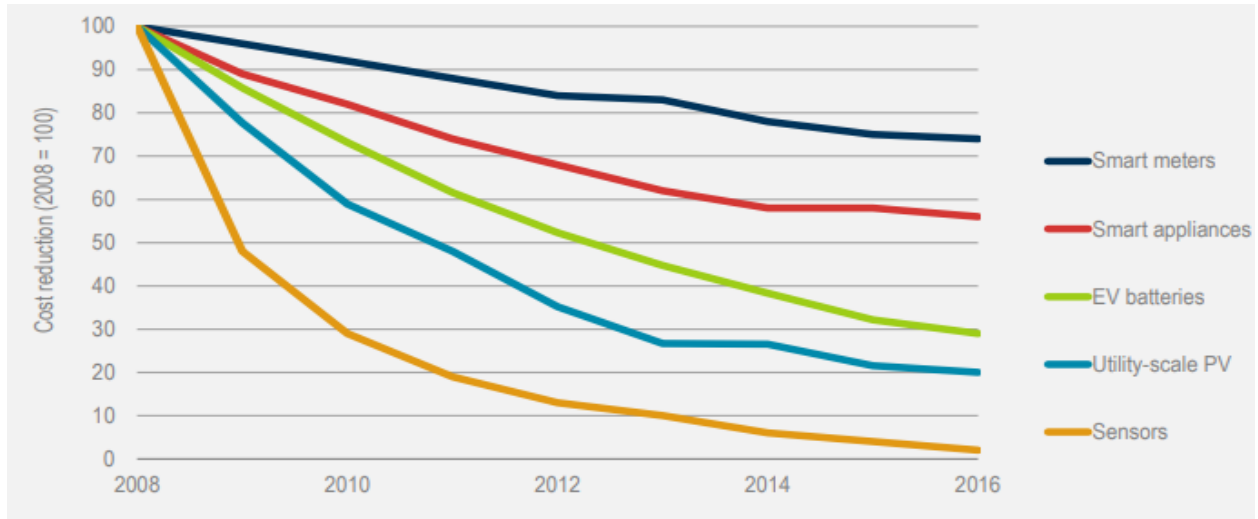
تُعرّف المدينة/البنية التحتية الذكية بأنها توظيف تقنيات الاتصالات والمعلومات (IoT)، الشبكات، المنصات الرقمية) لتحسين جودة الحياة وكفاءة تشغيل الخدمات الحضرية والبنية الأساسية، مع تعظيم الاستدامة والقدرة على الصمود. (Qayyum et al., 2024) تعتمد ITU تعريف "المدينة الذكية المستدامة" كمدينة «تستخدم تقنيات المعلومات والاتصالات ووسائل أخرى لتحسين جودة الحياة وكفاءة التشغيل والخدمات والقدرة التنافسية مع ضمان تلبية احتياجات الأجيال الحالية والقادمة».

في سياق المشاعر المقدسة، تتجاوز هذه الإدارة مجرد الجوانب التقنية لتشمل إدارة تدفقات الحشود الهائلة، وتنظيم خدمات النقل، وتحسين استهلاك الموارد مثل المياه والكهرباء. يُنظر إلى هذه الإدارة كحل استراتيجي لمواجهة التحديات اللوجستية والتشغيلية الفريدة التي يفرضها تجمع السكاني الموسمي المكثف خلال موسم الحج.

التطور والاتجاهات والابعاد:

البعد الإنساني: على الرغم من تركيزها على التكنولوجيا، إلا أن الهدف النهائي لإدارة البنية التحتية الذكية هو تحسين تجربة الإنسان. في المشاعر، يُترجم هذا إلى ضمان سلامة الحجاج، تسهيل تنقلهم، وتوفير بيئة مريحة ومستدامة، وجيه الخدمات لاحتياجات المستخدمين، الشفافية، والخصوصية/الأمن السيبراني كمتطلبات حاكمة في الرقمنة الحضرية. تُبرز IEA تلازم فوائد الرقمنة مع تحديات الخصوصية والأمن.

البعد التقني: يشمل استخدام أجهزة الاستشعار لرصد الظروف البيئية، وتدفق الحشود، واستهلاك الطاقة. كما يتضمن استخدام منصات البيانات الضخمة لتحليل المعلومات الواردة من هذه الأجهزة، ونظم الذكاء الاصطناعي لاتخاذ قرارات تشغيلية لحظية. وتُستخدم شبكات الاتصالات عالية السرعة لربط هذه الأنظمة ببعضها البعض.



الشكل 6 تكلفة الوحدات للتقنيات الكهربائية والإلكترونية (المصدر: (IEA, 2017))



الشكل 7 التوفير المتوقع للطاقة عند استخدام نظام الإنارة الذكي في 2040 (المصدر: (IEA, 2017))

البعد الإداري والتشغيلي: يتعلق بتخطيط وتنفيذ السياسات والإجراءات التي تضمن فعالية الأنظمة الذكية. يشمل ذلك إدارة الموارد البشرية والمالية، وصيانة الأنظمة، وتطوير بروتوكولات استجابة للطوارئ. تُسهم هذه الأنظمة في تبسيط العمليات وتوفير الوقت والجهد، ويمكن الاعتماد على مؤشرات ISO 37120/37122 لقياس الأداء، والتوافقية البيئية، ومنهجيات إدارة الأصول ISO 55000 لربط الأهداف المؤسسية بقيمة الأصول عبر دورة الحياة.

البعد الاقتصادي والتمويلي: تقييم التكاليف-المنافع، تحسين الإنفاق الرأسمالي والتشغيلي عبر التحليل القائم على البيانات، حيث تُظهر دراسات الصناعة مكاسب ملحوظة من اعتماد التوائم الرقمي وإدارة الأصول المبنية على المعايير. (Green et al, 2025).

2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع

تُظهر الأدبيات أن مشاريع الطاقة الشمسية تمثل ركيزة أساسية في تعزيز استدامة المدن الذكية، حيث تُساهم في خفض انبعاثات الكربون، وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، وتعزيز مرونة الشبكات الكهربائية (IEA, 2022). وفي المقابل، ترتبط إدارة البنية التحتية الذكية بالقدرة على دمج تقنيات إنترنت الأشياء (IoT)، والتحليلات الضخمة (Big Data)، وأنظمة التحكم الذكية لتحقيق الكفاءة التشغيلية وتوفير خدمات عالية الجودة للمجتمع (ITU, 2023).

تُظهر مراجعة الأدبيات الموجودة أن العلاقة بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية هي علاقة تكاملية وسببية، حيث تُعد الأولى عاملاً أساسياً لتمكين وتحسين أداء الثانية. على الرغم من أن الأدبيات تؤكد بشكل عام على هذه العلاقة الإيجابية، إلا أن هناك فجوات واضحة، لا سيما فيما يتعلق بالتقييم المباشر في السياق الفريد للمشاعر المقدسة.

عند تحليل العلاقة بين المتغيرين في سياق المشاعر المقدسة، يظهر أن الطاقة الشمسية ليست مجرد بديل للطاقة بل هي عنصر تكاملي مع البنية التحتية الذكية، إذ تسمح أنظمة التوليد الموزع (Distributed Generation) بإمداد الشبكات الذكية بالطاقة بشكل مرن ومستدام، وهو ما يسهل إدارة الطلب العالي أثناء مواسم الحج (NIST, 2018). الأدبيات تبين نمطاً متكرراً يؤكد على أن تكامل الطاقة الشمسية مع أنظمة المراقبة والتحكم في المدن الذكية يعزز الاستجابة الفورية للطوارئ ويخفض مخاطر الانقطاع الكهربائي (WEF, 2020).

تُشير الدراسات إلى أن مشاريع الطاقة الشمسية لا تعمل بمعزل عن إدارة البنية التحتية الذكية، بل هي جزء لا يتجزأ من منظومة المدينة الذكية المستدامة. ويمكن تحليل هذه العلاقة من خلال النقاط التالية:

- **الطاقة الشمسية كممكن للبنية التحتية الذكية (Solar as an Enabler):** تؤكد الأدبيات أن الأنظمة الذكية، مثل الإضاءة الذكية، وأنظمة التحكم في الحشود، وأنظمة تبريد المناطق، تحتاج إلى مصدر طاقة مستقر وموثوق. تُوفر الطاقة الشمسية هذا المصدر.

• الإدارة الذكية كمُعزز لكفاءة الطاقة الشمسية (Smart Management as a Booster):

لا تقتصر العلاقة على اتجاه واحد. تُظهر الدراسات أن أنظمة الإدارة الذكية تُعزز من كفاءة مشاريع الطاقة الشمسية نفسها. على سبيل المثال، يمكن استخدام الأنظمة الذكية للتنبؤ بالطلب على الطاقة، وإدارة الأحمال بشكل ديناميكي، وتخزين الطاقة الفائضة في البطاريات، وتوجيهها إلى الأماكن الأكثر احتياجاً في الوقت الفعلي.

• الاستدامة كهدف مشترك: كلا المتغيرين يعملان لتحقيق هدف أكبر وهو الاستدامة

البيئية. تُركز الأدبيات بشكل كبير على كيفية مساهمة الطاقة الشمسية في خفض الانبعاثات الكربونية، بينما تُظهر إدارة البنية التحتية الذكية كيفية تحسين كفاءة استخدام الموارد، مما يؤدي إلى تقليل البصمة البيئية الإجمالية للمدن.

مع ذلك، توجد فجوات في الأدبيات تتمثل في ندرة الدراسات التي تناولت العلاقة بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية في المناطق ذات الكثافة البشرية الموسمية مثل المشاعر المقدسة. فبينما ركزت بعض الدراسات على التجارب في المدن الأوروبية أو الآسيوية (IEA, 2017)، إلا أن الأدبيات تكاد تخلو من دراسات تطبيقية تتناول خصوصية مكة المكرمة والمشاعر من حيث البنية التحتية المؤقتة (مثل المخيمات في منى) والضغط العالي على الموارد. كما أن هناك تضارباً في الأدبيات حول التحديات؛ فبينما تؤكد بعض الدراسات على جدوى التكامل من الناحية الاقتصادية (IEA, 2022)، يشير آخرون إلى تحديات كبيرة في تكاليف الربط الشبكي وصيانة الأنظمة الذكية (ITU, 2016).

2.5. الخاتمة

من خلال مراجعة الأدبيات المتعلقة بالمتغير الأول (مشاريع الطاقة الشمسية) والمتغير الثاني (إدارة البنية التحتية الذكية)، يتضح أن كلاهما يمثلان ركيزتين أساسيتين لتحقيق الاستدامة والتحول الذكي في المدن الحديثة. فقد بينت الدراسات أن مشاريع الطاقة الشمسية أسهمت في خفض الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتقليل الانبعاثات الكربونية، ودعم استراتيجيات المدن الذكية عبر دمجها في الشبكات الكهربائية الذكية (IEA, 2022). وفي المقابل، ركزت الأدبيات الخاصة بإدارة البنية التحتية الذكية على دور تقنيات إنترنت الأشياء، والبيانات الضخمة، والتحكم التنبؤي في تحسين كفاءة إدارة الموارد والخدمات (ITU, 2023).

أما عند تحليل العلاقة بين المتغيرين، فقد أظهرت الأدبيات أن الطاقة الشمسية ليست فقط مصدراً بديلاً للطاقة، بل عنصراً تكاملياً يعزز مرونة الشبكات الذكية ويُمكن من إدارة الطلب الموسمي المرتفع، كما هو الحال في المشاعر المقدسة أثناء مواسم الحج (NIST, 2018). غير أن مراجعة الدراسات كشفت فجوة معرفية واضحة، إذ تفتقر الأدبيات إلى دراسات تطبيقية تركز على البيئات ذات الطابع الموسمي والضغط البشري الهائل مثل مكة المكرمة، حيث تتطلب أنظمة الطاقة الذكية توافقاً عالياً بين الاستدامة، الكفاءة، والأمان التشغيلي.

تشير هذه النتائج إلى أن البحث المستقبلي بحاجة إلى:

- دراسات ميدانية متخصصة في البيئات ذات الكثافة السكانية الموسمية مثل المشاعر المقدسة.
- تطوير نماذج محاكاة تجمع بين مشاريع الطاقة الشمسية وتقنيات إدارة البنية التحتية الذكية لمعالجة سيناريوهات استهلاك الطاقة القصوى.
- استكشاف التحديات الاقتصادية والتنظيمية المتعلقة بربط مشاريع الطاقة الشمسية بالبنية التحتية الذكية في المملكة العربية السعودية.

من خلال هذا الاستعراض، تسعى هذه الدراسة إلى سد الفجوة البحثية من خلال تقديم إطار نظري وتطبيقي يوضح دور مشاريع الطاقة الشمسية في دعم إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة. كما تساهم في إثراء النقاش الأكاديمي حول تكامل الاستدامة مع البنى التحتية الذكية، وتوفير أساساً علمياً يمكن أن تستند إليه السياسات الحكومية والمشاريع المستقبلية في تطوير منظومة الحج بما يحقق رؤية السعودية 2030.

3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة

3.1. المقدمة

يُعد هذا الفصل من أهم فصول البحث العلمي، إذ يوضح الإطار المنهجي الذي تم اتباعه لتحقيق أهداف الدراسة وفحص فرضياتها. يهدف هذا الفصل إلى بيان الأسس المنهجية التي اعتمدها الباحث في دراسة أثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة، من خلال تحديد فلسفة البحث، والمنهج المستخدم، واستراتيجية البحث، وأدوات جمع البيانات، وأسلوب تحليلها، إضافة إلى الاعتبارات الأخلاقية ذات الصلة.

3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث

تُعد التعريفات الإجرائية من العناصر الأساسية في أي بحث علمي، إذ تُمكن الباحث من تحويل المفاهيم النظرية إلى مؤشرات قابلة للقياس والملاحظة ميدانياً. ويهدف هذا الجزء إلى تحديد الكيفية التي تم بها تعريف وقياس متغيرات الدراسة، وهي: مشاريع الطاقة الشمسية (المتغير المستقل) وإدارة البنية التحتية الذكية (المتغير التابع)، بالإضافة إلى العلاقة بينهما في سياق المشاعر المقدسة بمكة المكرمة.

أولاً: المتغير المستقل – مشاريع الطاقة الشمسية (Solar Energy Projects)

التعريف الإجرائي:

يقصد بمشاريع الطاقة الشمسية في هذه الدراسة مجموعة المبادرات والمنشآت التي تُستخدم فيها تقنيات الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء أو تسخين المياه أو تشغيل أنظمة البنية التحتية في المشاعر المقدسة. ويُقاس هذا المتغير من خلال مجموعة من الأبعاد تشمل:

- حجم وكفاءة الإنتاج (كمية الطاقة المنتجة مقارنة بالاستهلاك).
- الجدوى الاقتصادية (مدى تحقيق التوفير في تكاليف التشغيل والصيانة).
- الاستدامة البيئية (تقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين جودة البيئة).
- الاندماج التقني (مدى دمج أنظمة الطاقة الشمسية مع أنظمة المدن الذكية).

ثانياً: المتغير التابع – إدارة البنية التحتية الذكية (Smart Infrastructure Management)

التعريف الإجرائي:

تعني إدارة البنية التحتية الذكية في هذه الدراسة استخدام تقنيات رقمية متقدمة (كالذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، وتحليل البيانات الضخمة) لإدارة وتشغيل المرافق والخدمات داخل المشاعر المقدسة بطريقة أكثر كفاءة واستدامة. ويُقاس هذا المتغير من خلال أربعة أبعاد رئيسية:

- الكفاءة التشغيلية (مدى قدرة الأنظمة الذكية على تحسين الأداء وتقليل الهدر).
- التحكم والمراقبة الذكية (استخدام أنظمة المراقبة الرقمية والتحليل الآني).
- الاستدامة والإدارة البيئية (استخدام تقنيات ذكية لتقليل استهلاك الموارد).
- التكامل بين الأنظمة (مدى ترابط أنظمة الطاقة، النقل، المياه، والنفايات).

ثالثاً: العلاقة بين المتغيرين

التعريف الإجرائي للعلاقة:

تشير العلاقة بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية إلى مدى مساهمة تطبيق تقنيات الطاقة الشمسية في تعزيز فعالية واستدامة البنية التحتية الذكية داخل المشاريع المقدسة.

وتُقاس هذه العلاقة من خلال تحليل ارتباط المتغيرين وفقاً لوجهات نظر العاملين في قطاعي الطاقة والبنية التحتية، بهدف تحديد ما إذا كان استخدام الطاقة الشمسية يؤثر إيجاباً في كفاءة واستدامة إدارة البنية التحتية الذكية.

3.3. تصميم البحث (بصلة البحثي)

فلسفة البحث : وضعية.

منهج البحث : استنتاجي.

استراتيجية البحث: استراتيجية المسح

نوع البحث : بحث كمي.

الأفق الزمني : مقطع العرضي.

طرق جمع وتحليل البيانات: الاستبيانات والتحليل الاحصائي.



الشكل 8 البصلة البحثية من عمل الطالب.

3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينات

أولاً: مجتمع البحث (Research Population)

يُقصد بمجتمع البحث جميع الأفراد أو الجهات الذين تنطبق عليهم خصائص محددة تتعلق بموضوع الدراسة وفي هذه الدراسة، يتمثل مجتمع البحث في العاملين والمتخصصين في إدارة مشاريع الطاقة والبنية التحتية في المشاعر المقدسة بمكة المكرمة، وتشمل الفئات التالية:

- المهندسون والفنيون العاملون في مشاريع الطاقة الشمسية.
- موظفو إدارات التشغيل والصيانة في هيئة تطوير منطقة مكة المكرمة.
- المختصون في إدارة البنية التحتية الذكية، مثل الأنظمة البيئية، والمياه، والنقل الذكي.
- الاستشاريون والخبراء في مجالات التحول الرقمي والاستدامة في المشاعر المقدسة.

ثانياً: حجم العينة (Sample Size)

عينة البحث	حجم العينة
العاملين في المشاعر المقدسة	31

الجدول 1 حجم العينة (2025)

ثالثاً: طرق وتقنيات أخذ العينات (Sampling Techniques)

تم استخدام العينة الاحتمالية الطبقية (Stratified Random Sampling) كمنهج رئيسي لاختيار المفردات، نظراً لتنوع فئات مجتمع البحث بين مهندسين، إداريين، وفنيين في قطاعات مختلفة.

3.5. طريقة جمع البيانات

تُعد عملية جمع البيانات من أهم المراحل في البحث العلمي، إذ تمثل الجسر الذي يربط بين الإطار النظري والتحليل الميداني. وتعتمد دقة النتائج وصحتها بدرجة كبيرة على جودة البيانات التي يتم جمعها وأدوات جمعها.

في هذه الدراسة، تم استخدام المنهج الكمي (Quantitative Approach) المعتمد على البيانات الرقمية القابلة للقياس الإحصائي. واعتمد الباحث على أداة الاستبيان (Questionnaire) باعتبارها الأداة الأنسب لجمع بيانات كمية من عينة واسعة من المشاركين العاملين في مجالات الطاقة والبنية التحتية الذكية داخل المشاعر المقدسة في مكة المكرمة.

تم تصميم الاستبيان بناءً على مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة المتعلقة بموضوعي مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية. (Neirotti et al., 2014; Rezaei et al., 2022) وقد قُسم الاستبيان إلى ثلاثة أقسام رئيسية كما يلي:

1. القسم الأول: المعلومات الديموغرافية للمشاركين (مثل: المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة، جهة العمل، ومستوى التعليم).
 2. القسم الثاني: أسئلة تقيس أبعاد مشاريع الطاقة الشمسية وتشمل مؤشرات مثل الكفاءة، الاستدامة، الجدوى الاقتصادية، والاندماج التقني.
 3. القسم الثالث: أسئلة تقيس أبعاد إدارة البنية التحتية الذكية مثل الكفاءة التشغيلية، المراقبة الذكية، الاستدامة البيئية، والتكامل بين الأنظمة.
- تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي (Five-Point Likert Scale) لقياس آراء المشاركين، حيث تتراوح الإجابات من (1 = غير موافق بشدة) إلى (5 = موافق بشدة). ويُعد هذا المقياس من أكثر الأدوات استخدامًا في الدراسات الكمية لأنه يسهل تحليل الاتجاهات والارتباطات بين المتغيرات.

رابط الاستبيان : https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf55-XNae-v_AAjMssXICtxDCXyzoDn2kuEkiFZNoR7cReW3A/viewform?usp=sharing&oid=108151662400277788208

تم توزيع الاستبيان إلكترونياً من خلال **Google Forms** لضمان سهولة الوصول إلى المشاركين في مختلف مواقع المشاعر المقدسة (منى، عرفات، مزدلفة)

3.6. أنواع البيانات

أولاً: البيانات الأولية (Primary Data)

البيانات الأولية هي المعلومات التي يتم جمعها مباشرة من الميدان بواسطة الباحث لغرض محدد يخدم أهداف الدراسة الحالية. (Saunders et al., 2019) في هذه الدراسة، تمثلت البيانات الأولية في الاستبيانات الميدانية التي تم توزيعها على العاملين والمهندسين والمختصين في مشاريع الطاقة والبنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة (منى، عرفات، مزدلفة، ومكة المكرمة).

تهدف هذه البيانات إلى قياس آراء المشاركين حول:

- مستوى تطبيق مشاريع الطاقة الشمسية في البنية التحتية.
- مدى تأثيرها في تحسين كفاءة واستدامة إدارة المرافق الذكية.

ثانياً: البيانات الثانوية (Secondary Data)

البيانات الثانوية هي المعلومات التي تم جمعها وتحليلها مسبقاً من قبل باحثين أو مؤسسات أخرى، وتُستخدم لدعم الإطار النظري والتحليلي للدراسة الحالية.

وقد تم الاعتماد على عدة مصادر ثانوية في هذا البحث، منها:

- تقارير هيئة تطوير منطقة مكة المكرمة حول مشروعات الطاقة المتجددة.
- تقارير وزارة الطاقة السعودية بشأن استراتيجية الطاقة الشمسية الوطنية.
- الدراسات والأبحاث الأكاديمية المنشورة في قواعد البيانات مثل *ScienceDirect* و *IEEE Xplore*.

ثالثاً: البيانات الداخلية (Internal Data)

البيانات الداخلية هي تلك التي تُستمد من المنظمات المحلية أو الجهات التنفيذية المشاركة في مشاريع الطاقة والبنية التحتية داخل المشاعر المقدسة. وتشمل هذه البيانات:

- تقارير الأداء الخاصة بالمشاريع الشمسية المنفذة في مكة المكرمة.
- مؤشرات الكفاءة التشغيلية لأنظمة الطاقة الذكية.
- سجلات الصيانة والمراقبة البيئية من الجهات الحكومية أو الشركات المنفذة (مثل شركة كدانة للتنمية والتطوير).

رابعاً: البيانات الخارجية (External Data)

البيانات الخارجية يتم جمعها من مصادر تقع خارج نطاق المنظمات المحلية، وغالباً ما تُستخدم للمقارنة والتحليل. وتشمل:

- التقارير الدولية من منظمات مثل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP).

- الدراسات العالمية حول تكامل الطاقة الشمسية في المدن الذكية.

3.7. إجراءات التحليل الإحصائي

يُعد التحليل الإحصائي من أهم مراحل البحث الكمي، إذ يُستخدم لتحويل البيانات المجمعة إلى معلومات ذات معنى تساعد في اختبار الفرضيات وتحقيق أهداف الدراسة (Creswell & Creswell, 2018). وفي هذه الدراسة، التي تتناول أثر مشاريع الطاقة الشمسية على إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة، تم اتباع منهجية تحليل إحصائي دقيقة باستخدام برامج التحليل الإحصائي المتخصصة مثل SPSS لضمان دقة النتائج وموثوقيتها

بعد إجراء التحليل الإحصائي، تُعرض النتائج في جداول ورسوم بيانية توضيحية، متبوعة بتحليل وتفسير علمي للنتائج وفقاً للأدبيات السابقة. يُركز التحليل على:

- مدى تحقق الفرضيات.
- تفسير العلاقات الإحصائية في ضوء الدراسات السابقة.
- بيان مدى توافق النتائج مع السياق المحلي للمشاعر المقدسة.

3.8. الخاتمة

يختتم هذا الفصل من البحث بعرض الإطار المنهجي الذي استندت إليه الدراسة لتحقيق أهدافها وفحص فرضياتها. وقد تم تحديد الفلسفة البحثية وفق المنهج الوضعي (Positivism) الذي يقوم على الملاحظة الموضوعية والقياس الكمي للظواهر، مما ينسجم مع طبيعة الموضوع القابل للقياس الإحصائي. كما تم تبني المنهج الاستنتاجي (Deductive Approach) الذي ينطلق من الأطر النظرية القائمة نحو اختبار العلاقات الفعلية بين المتغيرات في بيئة الدراسة.

واعتمدت الدراسة على استراتيجية المسح الميداني (Survey Strategy)، نظرًا لملاءمتها في جمع البيانات من عينة واسعة تمثل فئات مختلفة من العاملين والمختصين في مشاريع الطاقة والبنية التحتية الذكية داخل المشاعر المقدسة. وقد تم تطبيق الأسلوب الكمي (Quantitative Method) باستخدام الاستبيان الإلكتروني كأداة رئيسية لجمع البيانات، لما توفره من دقة وسرعة وموضوعية في الحصول على استجابات كبيرة وقابلة للتحليل الإحصائي.

أما من حيث الأفق الزمني، فقد تم اعتماد الأفق المقطعي (Cross-sectional Design) لقياس العلاقات بين المتغيرات في نقطة زمنية محددة، بما يعكس واقع المشاريع والعمليات الحالية في المشاعر المقدسة دون تتبعها عبر الزمن. وقد جُمعت البيانات عبر أدوات موثوقة شملت أسئلة تقيس متغيري البحث (مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية) والعلاقة بينهما. ثم تم تحليل البيانات باستخدام التحليل الإحصائي الوصفي والاستنتاجي عبر برنامج SPSS، واختبار الفرضيات باستخدام اختبارات الارتباط والانحدار للتحقق من قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات.

تُسهّم هذه المنهجية في تحقيق الدقة والموضوعية والشفافية في النتائج، وتوفّر قاعدة علمية متينة لبناء التحليل في الفصل الرابع. كما تتيح إمكانية المقارنة مع نتائج الدراسات السابقة في هذا المجال، وتسهم في تعميق الفهم حول أثر تطبيقات الطاقة الشمسية في تحسين كفاءة واستدامة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة.

4. الفصل الرابع: التحليل الإحصائي ومناقشة النتائج

4.1. المقدمة

يمثل هذا الفصل جوهر الدراسة ومرحلة الحسم في اختبار الفرضيات وتحقيق أهداف البحث، إذ يقوم بعرض التحليل الإحصائي للبيانات الميدانية التي جُمعت من مجتمع الدراسة، وذلك بهدف الكشف عن طبيعة العلاقة بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة. ويستند هذا الفصل إلى المنهجية الموضحة سابقاً، والتي اعتمدت على الأسلوب الكمي باستخدام الاستبيان بوصفه الأداة الرئيسية لقياس متغيرات الدراسة.

يبدأ هذا الفصل بتوصيف البيانات الأولية المستخلصة من عينة الدراسة من خلال التحليل الوصفي، مثل المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وتوزيع الخصائص الديموغرافية للمشاركين. يلي ذلك إجراء التحليل الاستنتاجي عبر مجموعة من الاختبارات الإحصائية المناسبة لطبيعة الفرضيات، بما في ذلك معاملات الارتباط (Correlation) وتحليل الانحدار (Regression Analysis)، وذلك لقياس قوة واتجاه العلاقة بين المتغير المستقل (مشاريع الطاقة الشمسية) والمتغير التابع (إدارة البنية التحتية الذكية).

كما يتناول هذا الفصل مناقشة النتائج المستخلصة وربطها بالأدبيات السابقة، بهدف تفسير أوجه الاتفاق والاختلاف بين نتائج الدراسة والبحوث السابقة، وتفسير العوامل المؤثرة في العلاقة بين المتغيرين داخل سياق المشاعر المقدسة. وقد تم الالتزام في التحليل بمعايير الصدق والثبات، وباستخدام أدوات إحصائية معتمدة تضمن موثوقية النتائج ودقتها.

وفي الختام، يقدم الفصل قراءة تحليلية معمقة تسهم في توضيح أثر مشاريع الطاقة الشمسية في تعزيز كفاءة واستدامة البنية التحتية الذكية، مما يمهد للانتقال إلى الفصل الخامس الذي سيتضمن الاستنتاجات والتوصيات العملية وإسهامات الدراسة المستقبلية.

4.2. توصيف عينة الدراسة (الإحصائيات الوصفية لعينة البحث)

يهدف هذا الجزء إلى تقديم وصف شامل للخصائص الديموغرافية والمهنية لأفراد عينة الدراسة، وذلك من أجل فهم طبيعة المشاركين الذين أسهموا في الإجابة عن الاستبيان. ويساعد هذا التوصيف في تفسير النتائج اللاحقة وربطها بسياق مجتمع الدراسة، حيث إن خصائص العينة قد يكون لها تأثير مباشر أو غير مباشر في تفسير العلاقات بين المتغيرات.

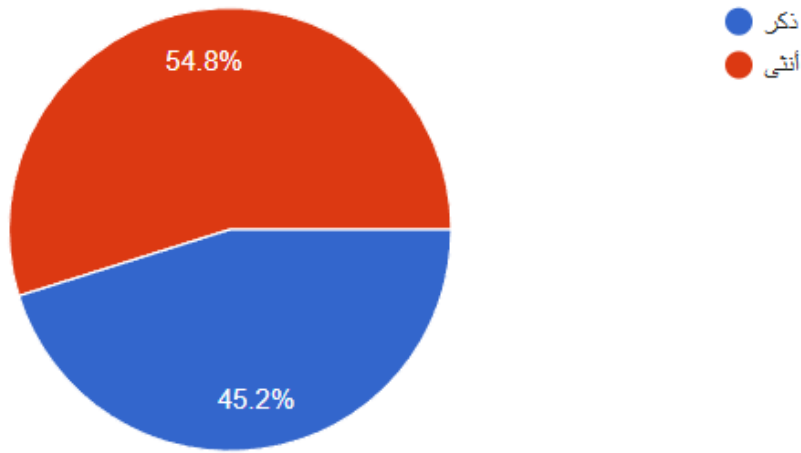
تكونت عينة الدراسة من مجموعة من الأفراد العاملين في مجالات مرتبطة بتطوير أو تشغيل أو إدارة مشاريع الطاقة الشمسية أو البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة، مثل المهندسين والفنيين ومسؤولي التشغيل وصناع القرار الإداري. وتم الاعتماد على أسلوب المسح الميداني لجمع البيانات، من خلال توزيع الاستبيان الإلكتروني على الفئات المستهدفة.

1- الجنس:

النسبة %	العدد	الفئة
45.2%	14	ذكر
54.8%	17	أنثى
100%	31	الإجمالي

الجدول 2 التوزيع حسب الجنس

أظهرت الإحصائيات الوصفية أن المشاركين ينتمون إلى الجنسين بنسب متفاوتة.



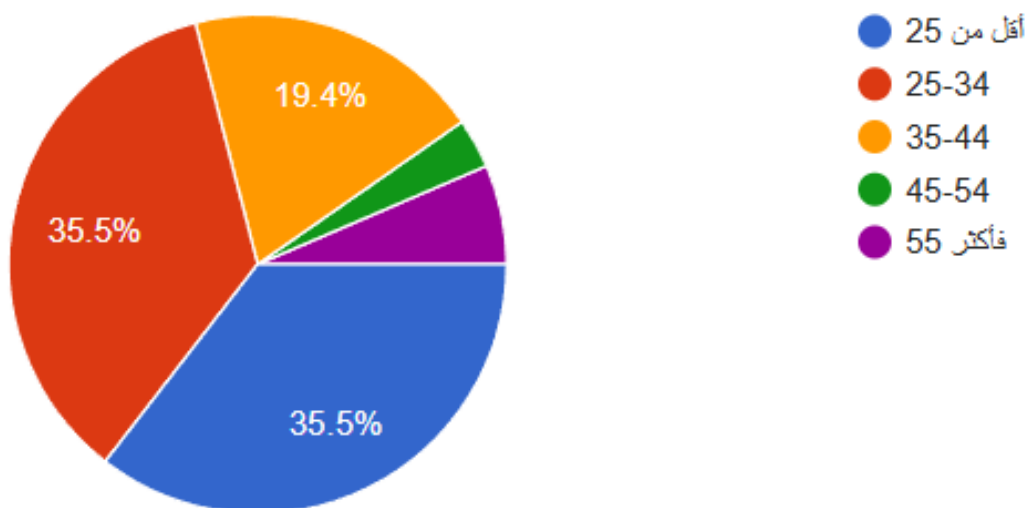
الشكل 9 رسم بياني حسب الجنس

2- العمر:

النسبة %	العدد	الفئة
35.5	11	أقل من 25
35.5	11	25-34
19.4	6	35-44
6.5	1	45-54
3.2	2	55 فأكثر
100%	31	الإجمالي

الجدول 3 جدول التصنيف على حسب العمر

تراوحت أعمار المشاركين بين الفئات الشابة والمتوسطة العمر. وقد شكّلت الفئة أقل من 25 و الفئة 25-34 النسبة الأكبر.



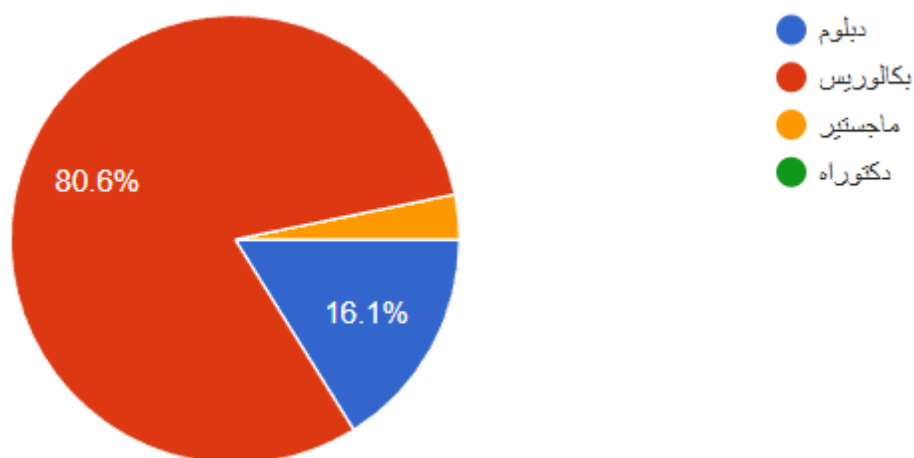
الشكل 10 الشكل البياني على حسب العمر

3- المؤهل العلمي:

الفئة	العدد	النسبة %
دبلوم	5	16.1
بكالوريوس	25	80.6
ماجستير	1	3.2
دكتوراه	0	0
الإجمالي	31	%100

الجدول 4 التوزيع حسب المؤهل العلمي

أظهرت النتائج أن غالبية المشاركين يحملون درجة البكالوريوس.



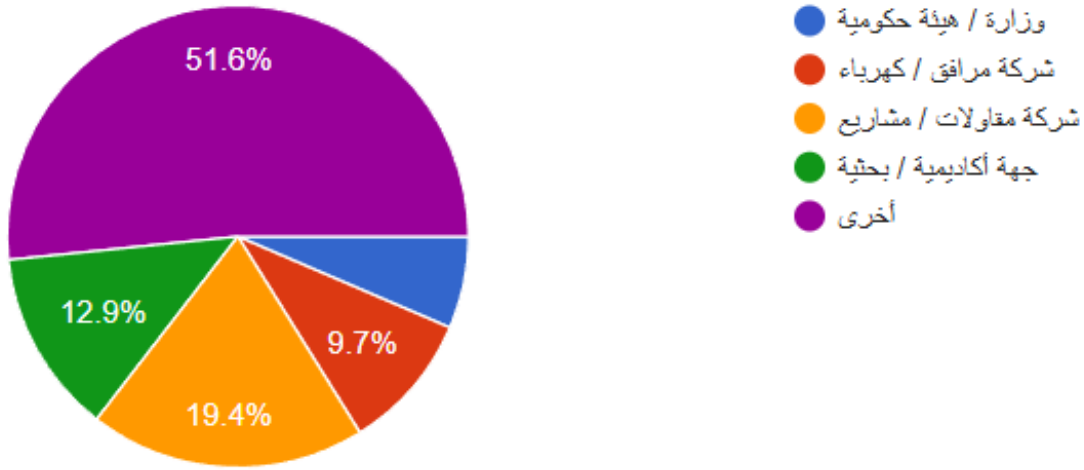
الشكل 11 الشكل البياني على حسب المؤهل العلمي

4- الجهة أو المنظمة:

النسبة %	العدد	الفئة
6.5	2	وزارة / هيئة حكومية
9.7	3	شركة مرافق / كهرباء
19.4	6	شركة مقاولات / مشاريع
12.9	4	جهة أكاديمية / بحثية
51.6	16	أخرى
%100	31	الإجمالي

الجدول 5 التوزيع على حسب الجهة أو المنظمة

شملت العينة مشاركين من عدة جهات ذات علاقة مباشرة وغير مباشرة بالمشاريع محل الدراسة.

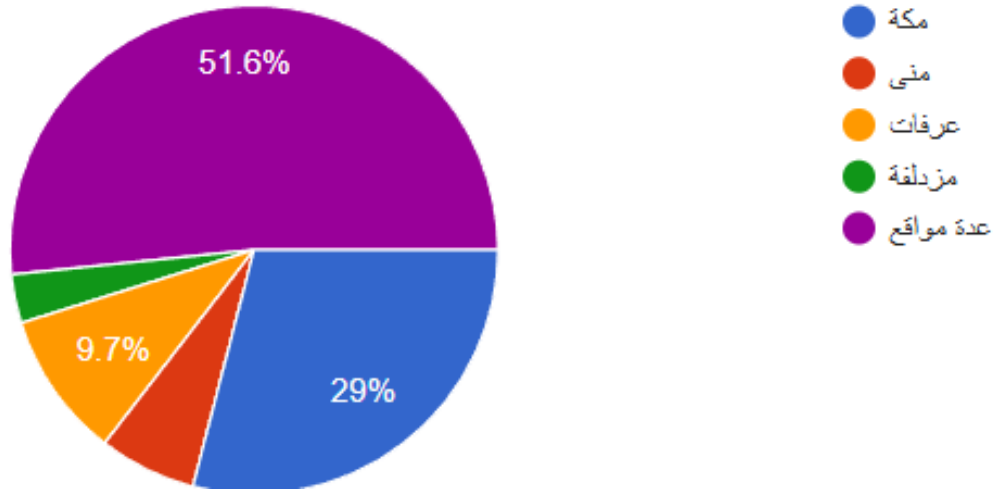


الشكل 12 التوزيع البياني على حسب الجهة أو المنظمة

5- موقع العمل في المشاريع:

النسبة %	العدد	الفئة
29	9	مكة
6.5	2	منى
9.7	3	عرفات
3.2	1	مزدلفة
51.6	16	عدة مواقع
%100	31	الإجمالي

الجدول 6 التوزيع على حسب موقع العمل



الشكل 13 التوزيع على حسب موقع العمل في المشاعر

4.3. اختبارات الصدق والثبات للاستبيانات

لإجراء اختبارات صدق الاتساق الداخلي (Internal Consistency Validity) والصدق التقاربي (Convergent Validity)، تحتاج إلى استخدام برنامج إحصائي مثل SPSS أو AMOS أو SmartPLS، حيث أن هذه العمليات تتطلب بيانات الإجابات الفعلية وتطبيق صيغ إحصائية معقدة.

سنعتمد على منهجية نمذجة المعادلة الهيكلية بالمربعات الصغرى الجزئية (PLS-SEM) لتحليل بياناتك. هذا البرنامج مثالي لقياس نماذج القياس والنموذج الهيكلي في نفس الوقت، وهو الأنسب للمتغيرات التي تتضمن الصدق التقاربي (AVE).

المتغير	العبارات	معاملات الارتباط	P values	AVE
مشاريع الطاقة الشمسية	م1	0.755	0.00	0.75
	م2	0.853	0.00	
	م3	0.904	0.00	
	م4	0.818	0.00	
	م5	0.904	0.00	
	م6	0.929	0.00	
	م7	0.770	0.00	
	م8	0.903	0.00	
	ا1	0.813	0.00	
	ا2	0.935	0.00	

0.78	0.00	0.896	3ا	إدارة البنية التحتية
	0.00	0.820	4ا	
	0.00	0.861	5ا	
	0.00	0.882	6ا	
	0.00	0.856	7ا	
	0.00	0.840	8ا	
0.70	0.00	0.769	1ث	الأثر بينها
	0.00	0.953	2ث	
	0.00	0.889	3ث	
	0.00	0.842	4ث	
	0.00	0.853	5ث	
	0.00	0.784	6ث	

الجدول 7 اختبارات الصدق والموثوقية

بالنظر إلى الجدول أعلاه:

- جميع معاملات الارتباط لكل العبارات ترتبط ارتباط قوي مع المتغير التابع لها، عند قيم أكبر من 0.7 بالإضافة أن قيم كل معاملات الارتباط للعبارات دالة احصائيا عند مستوى أقل من 0.0001 ، وفقا لذلك فقد تحقق صدق الاتساق الداخلي للمقياس.
- من النتائج المتعلقة بقيمة متوسط التباين المستخرج (AVE) تبين أن كل القيم أكبر من 0.5 ووفقا لذلك فقد تحقق الصدق التقاربي للاستبانة.

اختبار ثبات أداة الدراسة:

ثبات (Reliability) الاستبيان، أي التأكد من أن الأداة ستعطي نتائج متسقة ومستقرة إذا تم تكرار القياس تحت نفس الظروف.

المتغيرات	عدد العبارات	Cronbach's alpha	Rho_A	Composite Reliability
مشاريع الطاقة الشمسية	8	0.95	0.96	0.95
إدارة البنية التحتية الذكية	8	0.96	0.97	0.95
الأثر بينهما	6	0.93	0.93	0.925

الجدول 8 اختبار ثبات الاستبانة

بالنظر إلى الجدول أعلاه:

- جميع قيم (Cronbach's alpha) أعلى من 0.7.
- جميع قيم (rho_A) أعلى من 0.7.
- جميع قيم (Composite Reliability) أعلى من 0.7.

وفقاً للنتائج فقد اثبتت صدق وثبات المقاييس المستخدمة في الدراسة الحالية ، مما يعني إمكانية الاعتماد على نتائجها وصلاحيه الاستبانات للتطبيق والوثوق بها، واستخدامها.

4.4. الإحصاء الوصفي لمتغيرات البحث (الإجابة على أسئلة البحث)

تم استخدام مقياس ليكرت في الاستبانة

موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
5	4	3	2	1

الجدول 9 مقياس ليكرت الخماسي

وقد تم حساب مستوى الأهمية وفقاً للمعادلة التالية:

تم حساب الوزن النسبي المقابل لكل فئة عن طريق ضرب المتوسط الحسابي في $100 \div 5$ (المقياس الخماسي) $= 20\%$

يوضح الجدول التالي دلالة المتوسطات الحسابية، كما يلي:

يبين الجدول في الأعلى التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة ممثلة بالمتوسطات الحسابية بناء على مقياس ليكرت الخماسي والانحرافات المعيارية للمتغيرات وفقاً للجدول المتعلق بأهمية المتوسط الحسابي.

قيمة المتوسط الحسابي	النتيجة (الاتجاه العام)	الوزن النسبي %	مستوى (درجة) الممارسة / الأهمية
من 1 إلى أقل من 1.80	غير موافق بشدة	من 20 إلى أقل من 36 %	منخفض جدا
من 1.80 إلى أقل من 2.60	غير موافق	من 36 إلى أقل من 52 %	منخفض
من 2.60 إلى أقل من 3.40	محايد	من 52 إلى أقل من 68 %	متوسط
من 3.40 إلى أقل من 4.20	موافق	من 68 إلى أقل من 84 %	مرتفع
من 4.20 إلى أقل من 5	موافق بشدة	من 84 إلى أقل من 100 %	مرتفع جدا

الجدول 10 دلالة المتوسط الحسابي

يوضح المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمتغيرات الدراسة.

المتغيرات	المتوسط الحسابي	الانحرافات المعيارية	الاتجاه العام	مستوى الأهمية
مشاريع الطاقة الشمسية	4.11	0.66	موافق	مرتفع
إدارة البنية التحتية الذكية	3.74	0.723	موافق	مرتفع
الأثر بينهما	3.85	0.781	موافق	مرتفع

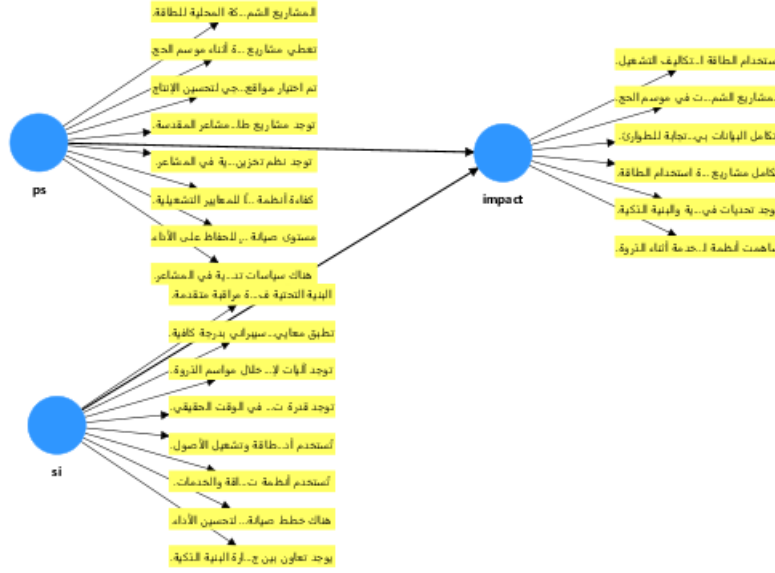
الجدول 11 المتوسطات الحسابية والانحراف المعياري

من الجدول أعلاه يظهر لنا ما يلي:

- نسبة موافقة عالية لكل المتغيرات والاتجاه العام يميل إلى الموافقة وأبعاده على مستوى مرتفع.

4.5. اختبار الفرضيات ومناقشة النتائج

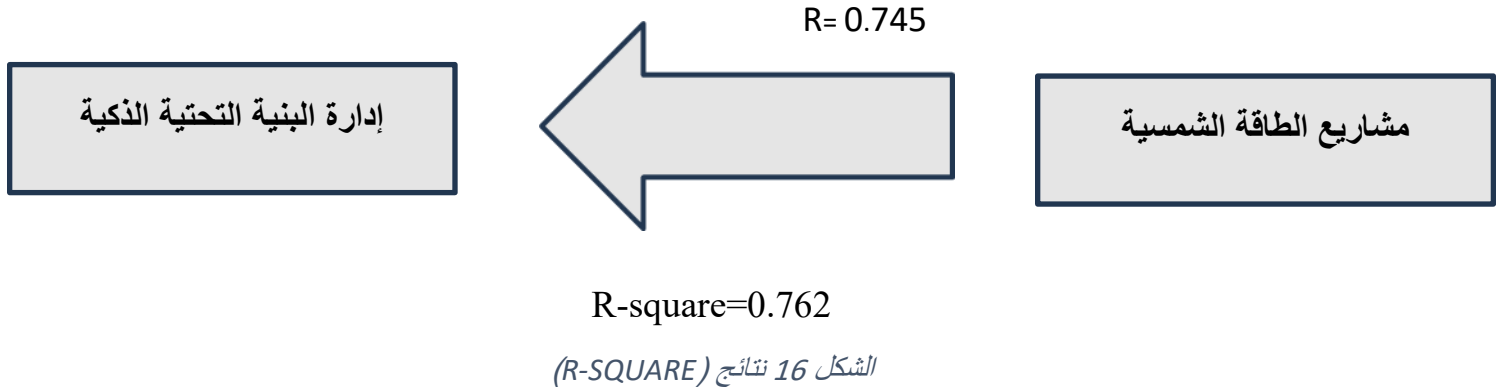
الفرضية الأساسية: توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين مشاريع الطاقة الشمسية وإدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة.



الشكل 14 المتغيرات والأثر بينهما

	R-square	R-square adjusted
impact	0.762	0.745

الشكل 15 قيمة R من البرنامج



بالنظر إلى النتائج أعلاه يتم قبول صحة الفرض الرئيسي الي ينص على وجود علاقة ارتباط إيجابية ذات دلالة إحصائية بين مشاريع الطاقة الشمسية وبين إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة.

4.6. الخاتمة

لقد بدأ الفصل بتوصيف ديموغرافي شامل لأفراد العينة، مؤكداً على موثوقية آرائهم بفضل خبراتهم ومؤهلاتهم العالية. كما تم التحقق من جودة أداة القياس عبر اختبارات الثبات (الموثوقية المركبة) والصدق (الصدق التقاربي ومتوسط التباين المستخرج (AVE) ، مما أكد صلاحية الاستبيان للاستخدام في التحليل اللاحق.

أبرز النتائج المستخلصة:

1. الإحصاء الوصفي: أظهرت نتائج المتوسطات الحسابية وجود مستوى مرتفع في كل من "مشاريع الطاقة الشمسية" و"إدارة البنية التحتية الذكية"، بالإضافة إلى إدراك إيجابي عالٍ للأثر الناتج عن تكاملهما. وكشفت النتائج التفصيلية عن نقاط قوة واضحة (مثل: كفاءة التخطيط الاستراتيجي للمواقع) وبعض الفجوات (مثل: نقص نظم تخزين الطاقة).
2. اختبار الفرضيات: أكد تحليل الانحدار الذي تم إجراؤه عبر SmartPLS على قبول الفرضيات الرئيسية للدراسة، حيث تبين وجود أثر مباشر وذو دلالة إحصائية.
3. القدرة التفسيرية: أشارت قيمة معامل التحديد (R^2) إلى أن النموذج المقترح بقدرة تفسيرية عالية.

5. الفصل الخامس: حدود البحث والتوصيات والاستنتاجات

5.1. حدود الدراسة والدراسات المستقبلية:

على الرغم من اتباع هذه الدراسة لمنهجية علمية منظمة، إلا أنها واجهت عددًا من الحدود التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند تفسير النتائج، ومن أبرزها ما يأتي:

- الحدود المكانية:
اقتصرت الدراسة على المشاعر المقدسة (منى، مزدلفة، وعرفات)، وهي مناطق ذات خصائص تشغيلية وبنوية استثنائية، مما قد يحد من تعميم النتائج على مدن أو مناطق أخرى تختلف في مستوى البنية التحتية أو الكثافة السكانية.
- الحدود الزمانية:
اعتمدت الدراسة على الأفق الزمني للمقطع العرضي، حيث تم جمع البيانات خلال فترة زمنية محددة، وهو ما لا يسمح بتتبع الأثر التراكمي طويل المدى لمشاريع الطاقة الشمسية على إدارة البنية التحتية الذكية.
- الحدود المنهجية:
استخدمت الدراسة المنهج الكمي وأداة الاستبيان فقط، مما قد لا يعكس الجوانب التفسيرية العميقة أو الخبرات العملية التي يمكن الكشف عنها باستخدام مناهج نوعية مثل المقابلات المتعمقة أو الملاحظة الميدانية.
- حدود العينة:
اقتصرت العينة على فئة معينة من العاملين أو المعنيين بإدارة المشاعر المقدسة، وقد تختلف وجهات نظرهم باختلاف مناصبهم الوظيفية أو خبراتهم العملية، مما قد يؤثر على تقييمهم للمتغيرات المدروسة.
- حدود الأداة:
رغم التحقق من صدق وثبات أداة الدراسة، فإن الاعتماد على الاستجابات الذاتية قد يعرض النتائج لتحيزات الاستجابة، مثل الرغبة في تقديم إجابات إيجابية أو متوافقة مع التوجهات المؤسسية.

مقترحات ودراسات مستقبلية (Future Research Directions)

بناءً على حدود البحث والنتائج التي أشارت إلى فجوات في المعرفة والتطبيق، يقترح الباحث مجموعة من الدراسات المستقبلية التي يمكن أن تخدم المجال البحثي وتدعم عمليات اتخاذ القرار:

1. تقييم الأثر الاقتصادي والمالي للتخزين:

- المقترح: إجراء دراسات تركز على الجدوى الاقتصادية لدمج أنظمة تخزين الطاقة الكبيرة (Battery Energy Storage Systems) مع مشاريع الطاقة الشمسية في المشاعر المقدسة.

- الهدف: تحديد العائد على الاستثمار (ROI) وفترة استرداد التكاليف (Payback Period) لهذه التقنيات في بيئة ذات طلب متذبذب وموسمي.

2. دراسات طولية (Longitudinal Studies) لتقييم الكفاءة:

- المقترح: تصميم دراسات طويلة المدى تتبع أداء أنظمة الطاقة الشمسية ومعدلات الأعطال في البنية التحتية الذكية على مدى خمس سنوات تشغيلية أو أكثر.
- الهدف: قياس الثبات والاستدامة الحقيقية للأثر، وتقييم كفاءة خطط الصيانة الموجهة بالبيانات (Data-Driven Maintenance) على المدى الطويل.

3. تطوير نماذج متقدمة للأمن السيبراني والحوكمة:

- المقترح: التركيز على تطوير وقياس فاعلية نماذج الحوكمة والأمن السيبراني المخصصة لحماية نقاط الربط بين مصادر الطاقة المتجددة وشبكات التحكم الذكية، لتقليل مخاطر الاختراق والتعطيل خلال مواسم الذروة.

4. تأثير العوامل البيئية والمناخية:

- المقترح: إجراء دراسات هندسية وبيئية تحليلية تقيس التأثير المباشر لترسب الغبار وارتفاع درجات الحرارة على كفاءة إنتاج الألواح الشمسية في المشاعر المقدسة.
- الهدف: تصميم وتطوير تقنيات تنظيف وتبريد متخصصة تضمن الكفاءة المثلى في هذه البيئة القاسية.

5. توسيع نطاق التحليل العاملي:

- المقترح: دمج متغيرات أخرى في النموذج الهيكلي، مثل التمويل الحكومي، مستوى تأهيل الكوادر البشرية، وجودة التشريعات المنظمة، لدراسة أثرها الوسيط أو المعدّل على العلاقة بين مشاريع الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية.

5.2. توصيات الدراسة:

في ضوء نتائج الدراسة وتحليل البيانات، وبناءً على الإطار النظري والميداني، توصي الدراسة بعدد من التوصيات التي يمكن أن تسهم في تعزيز فعالية مشاريع الطاقة الشمسية ودورها في تحسين إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة، وذلك على المستويين التطبيقي والبحثي.

أولاً: التوصيات التطبيقية

- التوسع في مشاريع الطاقة الشمسية
- تعزيز الاستثمار في مشاريع الطاقة الشمسية كمصدر مستدام لدعم تشغيل أنظمة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة، خاصة خلال مواسم الحج والعمرة ذات الاستهلاك المرتفع للطاقة.
- تكامل الأنظمة الذكية
- العمل على دمج أنظمة الطاقة الشمسية مع تقنيات البنية التحتية الذكية مثل إنترنت الأشياء (IoT)، أنظمة الاستشعار، ومنصات إدارة الطاقة الذكية، بما يحقق كفاءة تشغيلية أعلى.
- تعزيز الاستدامة البيئية
- اعتماد الطاقة الشمسية كجزء أساسي من استراتيجيات الاستدامة البيئية للحد من الانبعاثات الكربونية وتحقيق التوافق مع أهداف رؤية المملكة 2030.
- رفع كفاءة الموارد البشرية
- تطوير برامج تدريبية متخصصة للعاملين في إدارة المشاعر المقدسة حول تشغيل وصيانة أنظمة الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية.
- تطوير الأطر التنظيمية
- وضع سياسات وتشريعات داعمة لتبني حلول الطاقة المتجددة في المرافق العامة، وتسهيل إجراءات تنفيذ المشاريع الذكية المرتبطة بالطاقة الشمسية.
- تعزيز الشراكات المؤسسية
- تشجيع الشراكات بين الجهات الحكومية، القطاع الخاص، والمؤسسات البحثية لتبادل الخبرات وتسريع تنفيذ المشاريع الشمسية الذكية.

ثانياً: التوصيات البحثية

- إجراء دراسات مستقبلية تعتمد على المنهج الطولي لدراسة الأثر طويل المدى لمشاريع الطاقة الشمسية على كفاءة واستدامة البنية التحتية الذكية.
- توسيع نطاق البحث ليشمل مناطق جغرافية أخرى أو مقارنات بين المشاعر المقدسة ومدن ذكية مختلفة.
- استخدام نماذج تحليل متقدمة مثل النمذجة بالمعادلات الهيكلية (SEM) لتحليل العلاقات السببية بين المتغيرات.

- دراسة متغيرات وسيطة أو معدلة مثل الابتكار التقني، الحوكمة الذكية، وإدارة المخاطر.
- الجمع بين المنهج الكمي والنوعي لفهم أعمق للتحديات التشغيلية والتنظيمية لمشاريع الطاقة الشمسية الذكية.

ثالثاً: توصيات لصناع القرار

- إدراج مشاريع الطاقة الشمسية ضمن الخطط الاستراتيجية لإدارة المشاعر المقدسة كعنصر أساسي من عناصر التحول الذكي.
- دعم الأبحاث التطبيقية التي تربط بين الطاقة المتجددة والتقنيات الذكية لتحسين جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن.
- تخصيص ميزانيات مستدامة لتطوير البنية التحتية الذكية المدعومة بالطاقة النظيفة.

5.3. الخاتمة:

سعت هذه الدراسة إلى تحليل أثر مشاريع الطاقة الشمسية في تحسين إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة، في ظل التوجهات العالمية والمحلية نحو الاستدامة والطاقة النظيفة والتحول الرقمي. وقد انطلقت الدراسة من إطار نظري ومنهجي يربط بين مفاهيم الطاقة المتجددة والبنية التحتية الذكية، مع التركيز على خصوصية المشاعر المقدسة وما تتطلبه من جاهزية تشغيلية عالية خلال مواسم الحج والعمرة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لمشاريع الطاقة الشمسية في دعم كفاءة واستدامة إدارة البنية التحتية الذكية، حيث تسهم هذه المشاريع في تعزيز موثوقية الطاقة، وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية، وتحسين تشغيل الأنظمة الذكية المرتبطة بالخدمات والمرافق العامة. كما أظهرت النتائج أن التكامل بين الطاقة الشمسية والتقنيات الذكية يمثل عاملاً أساسياً في رفع جودة الخدمات المقدمة لضيوف الرحمن وتحقيق كفاءة تشغيلية أعلى.

كما أكدت الدراسة أهمية تبني سياسات واستراتيجيات داعمة لمشاريع الطاقة الشمسية في المشاعر المقدسة، إلى جانب الاستثمار في تطوير الكوادر البشرية والتقنيات الذكية، بما ينسجم مع أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في مجالات الاستدامة والطاقة المتجددة والتحول الرقمي.

وعلى الرغم من الحدود المنهجية والمكانية للدراسة، فإن نتائجها تقدم إسهاماً علمياً وتطبيقياً في إثراء الأدبيات المتعلقة بالطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية، وتوفر أساساً يمكن البناء عليه في الدراسات المستقبلية. وتختتم الدراسة بالتأكيد على أن دمج مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة يُعد خياراً استراتيجياً واعداً يسهم في تحقيق الاستدامة وتحسين كفاءة الخدمات في واحدة من أكثر البيئات الخدمية تحدياً على مستوى العالم.

قائمة المراجع

المراجع العربية

- 1- رؤية المملكة العربية السعودية 2030. الموقع الرسمي لرؤية 2030، 2016 .
<https://www.vision2030.gov.sa/ar/>.
- 2- المملكة العربية السعودية. وزارة الطاقة. "الاستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة". وزارة الطاقة السعودية، 2021. <https://www.moenergy.gov.sa/ar/renewable-energy-2021-strategy>.
- 3- الهيئة العامة للإحصاء. "إحصاءات الحج والعمرة 1444 هـ". الهيئة العامة للإحصاء السعودية، 2023. <https://www.stats.gov.sa/ar/node/6908>.

المراجع الأجنبية

- 1- International Telecommunication Union (ITU). (2016). *United for smart sustainable cities: Implementing the new urban agenda*. ITU.
- 2- Al-Ghamdi, Sami G., et al. "The Potential of Solar Energy in Saudi Arabia: The Residential Sector." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, 2017, pp. 1–11. ResearchGate, <https://www.researchgate.net/publication/323874365>.
- 3- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2018). *NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 3.0*. NIST.
- 4- International Energy Agency (IEA). (2017). *Digitalization & energy*. IEA. <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>.
- 5- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- 6- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students*. Pearson Education.
- 7- World Economic Forum (WEF). (2020). *Digital twins for smarter cities: A practical guide to assessing the opportunities and challenges*. WEF.

- 8- Abonomi, Abdullah, de Lacy, Terry and Pyke, Joanne (2022) Environmental Impact of the Hajj. *International Journal of Religious Tourism and Pilgrimage*, 10 (1). pp. 133-151. ISSN 2009-7379
- 9- Shalwala, Raed. (2023). *Solar Energy Utilization Awareness for Saudi Housing: Makkah Case Study*. 21. 7250 - 7262. 10.1007/s13369-020-04369-02.
- 10- Khan, Khalid A., et al. "Smart Grid Infrastructure and Renewable Energy Deployment: A Conceptual Review of Saudi Arabia." *Energy Strategy Reviews*, vol. 50, Nov. 2023, Article 101247. DOI:10.1016/j.esr.2023.101247.
- 11- International Energy Agency (IEA). (2023). *World energy outlook 2023*. Paris: IEA. Retrieved from <https://www.iea.org>
- 12- Haas, R., Sayer, M., Ajanović, A., & Auer, H. (2023). *Technological learning: Lessons learned on energy technologies*. WIREs Energy and Environment, 12(2), e463. <https://doi.org/10.1002/wene.463>
- 13- United Nations ESCWA, and KAPSARC. *Unlocking Energy Efficiency in the GCC Built Environment*. ESCWA, 2024. https://www.unescwa.org/sites/default/files/inline-files/Unlocking%20EE%20in%20GCC%20Built%20Environement_KAPSARC%20ESCWA%202024.pdf.
- 14- Qayyum, Faiza, Harun Jamil, and Faiyaz Ali. "A Review of Smart Energy Management in Residential Buildings for Smart Cities." *Energies*, vol. 17, no. 1, 2024, p. 83. MDPI, <https://doi.org/10.3390/en17010083>.
- 15- Green, A., Cosmas, A., & Shenai, G., with Moore, D., & Mehta, N. (2025, July 3). *Digital twins: Boosting ROI of government infrastructure investments*. McKinsey & Company. Retrieved from McKinsey & Company website.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf55-XNae-v_AAjMssXICtxDCXyzoDn2kuEkiFZNoR7cReW3A/viewform?usp=sharing&ouid=108151662400277788208

استبيان الدراسة

عنوان البحث: أثر مشاريع الطاقة الشمسية في إدارة البنية التحتية الذكية بالمشاعر المقدسة

تعليمات وموافقة

مرحباً، هذا الاستبيان جزء من دراسة بحثية تهدف إلى تقييم أثر مشاريع الطاقة الشمسية على إدارة البنية التحتية الذكية في المشاعر المقدسة. إجاباتك ستبقى سرية وتستخدم لأغراض البحث فقط. المشاركة طوعية ويمكنك الانسحاب في أي وقت.

هل توافق على المشاركة؟ ☐ نعم ☐ لا

الجزء الأول: بيانات ديموغرافية

الجنس: ☐ ذكر ☐ أنثى. 1.

العمر: ☐ أقل من 25 ☐ 25-34 ☐ 35-44 ☐ 45-54 ☐ 55 فأكثر. 2.

المؤهل العلمي: ☐ دبلوم ☐ بكالوريوس ☐ ماجستير ☐ دكتوراه ☐ آخر. 3.

الجهة/المنظمة: ☐ وزارة ☐ شركة مرافق ☐ شركة مقاولات ☐ جهة أكاديمية ☐ أخرى. 4.

سنوات الخبرة: ☐ أقل من 3 ☐ 3-7 ☐ 8-12 ☐ 13-20 ☐ أكثر من 20. 5.

موقع العمل: ☐ مكة ☐ منى ☐ مزدلفة ☐ عرفات ☐ عدة مواقع. 6.

الجزء الثاني: مشاريع الطاقة الشمسية

توجد مشاريع طاقة شمسية فعالة تعمل حالياً في نطاق المشاعر المقدسة. 1.

تغطي مشاريع الطاقة الشمسية جزءاً هاماً من حاجة الطاقة أثناء موسم الحج. 2.

كفاءة أنظمة الطاقة الشمسية مقبولة وفقاً للمعايير التشغيلية. 3.

توجد نظم تخزين طاقة مرافقة للمشاريع الشمسية في المشاعر. 4.

مستوى صيانة وتشغيل مشاريع الطاقة الشمسية كافٍ للحفاظ على الأداء. 5.

تم اختيار مواقع الألواح الشمسية بشكل استراتيجي لتحسين الإنتاج. 6.

هناك سياسات تدعم تنفيذ مشاريع الطاقة الشمسية. 7.

المشاريع الشمسية متكاملة فنياً مع الشبكة المحلية. 8.

الجزء الثالث: إدارة البنية التحتية الذكية

البنية التحتية مزودة بعدادات ذكية وأنظمة مراقبة متقدمة. 1.

2. توجد قدرة تكنولوجية لمراقبة وتحليل استهلاك الطاقة في الوقت الحقيقي.
3. تُستخدم أنظمة تحكم مركزي لإدارة شبكات الطاقة والخدمات.
4. توجد آليات لإدارة الطلب خلال مواسم الذروة.
5. تُستخدم أدوات تحليل تنبؤية لتخطيط الطاقة وتشغيل الأصول.
6. هناك خطط صيانة موجهة بالبيانات.
7. يوجد تعاون بين جهات التشغيل في إدارة البنية الذكية.
8. تطبق معايير الحوكمة والأمن السيبراني بدرجة كافية.

الجزء الرابع: العلاقة بين مشاريع الطاقة الشمسية والبنية التحتية الذكية

1. تكامل مشاريع الطاقة الشمسية مع الأنظمة الذكية أدى إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة.
2. ساهمت أنظمة التخزين في تقليل انقطاعات الخدمة أثناء الذروة.
3. تكامل البيانات بين محطات الطاقة والأنظمة الذكية حسن الاستجابة للطوارئ.
4. استخدام الطاقة الشمسية قلل من تكاليف التشغيل.
5. المشاريع الشمسية ساعدت في تقليل الانبعاثات في موسم الحج.
6. توجد تحديات في الربط الفني بين المشاريع الشمسية والبنية التحتية.

الجزء الخامس: أسئلة مفتوحة

1. ما أبرز التحديات التي تواجه تنفيذ أو تكامل مشاريع الطاقة الشمسية مع البنية التحتية الذكية في المشاعر؟
2. ما اقتراحاتك أو توصياتك للتحسين؟