

عنوان البحث:

أثر استخدام الطاقة الشمسية على استدامة الطاقة في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية.

إعداد الطالب/

سلطان بن عبدالعزيز الهويشل

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2025

حقوق الطبع والنشر محفوظة © [2025] جامعة ميدأوشن

جميع حقوق الطبع والنشر المتعلقة بهذا البحث محفوظة لصالح جامعة ميدأوشن. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا البحث أو تخزينه في نظام استرجاع، أو نقله بأي شكل من الأشكال أو بأي وسيلة، سواء كانت إلكترونية، أو ميكانيكية، أو نسخًا ضوئيًا، أو تسجيلًا، أو غير ذلك، دون الحصول على إذن خطي مسبق من جامعة ميدأوشن.

Copyright © [2025] University of MedOcean

All rights reserved. No part of this research may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission from the University of MedOcean.

ملخص البحث

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف أثر استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني على تعزيز استدامة الطاقة في المملكة العربية السعودية، في إطار التوجه الوطني نحو التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة وتحقيق أهداف رؤية المملكة 2030. تُعد الطاقة الشمسية من أبرز الحلول المستدامة التي تتماشى مع الخصائص المناخية والاقتصادية والاجتماعية للمملكة، حيث توفر بديلاً نظيفاً ومتجدداً يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري.

تركز مشكلة البحث على تحديد مدى إسهام استخدام الطاقة الشمسية في المنازل في تحقيق الاستدامة الطاقية بأبعادها البيئية والاقتصادية والاجتماعية. لتحقيق ذلك، تم اعتماد منهجية تحليلية كمية وصفية، شملت مراجعة الأدبيات ذات الصلة، وتحليل ميداني لعينة من السكان في مدن سعودية رئيسية (مثل الرياض وجدة والدمام)، باستخدام استبانة علمية تم تصميمها لقياس أثر استخدام الطاقة الشمسية على مؤشرات استدامة الطاقة.

تم تحليل البيانات باستخدام أدوات إحصائية متعددة، أبرزها تحليل الانحدار وتحليل التباين، للوصول إلى فهم معمق للعلاقة بين استخدام الطاقة الشمسية وتحقيق الأبعاد الثلاثة للاستدامة. أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين تبني أنظمة الطاقة الشمسية في المنازل وانخفاض استهلاك الكهرباء، وتحسين الكفاءة الاقتصادية، وتقليل الانبعاثات الكربونية.

خلصت الدراسة إلى أن تعزيز استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني يتطلب تفعيل حزم الدعم المالي، وتكثيف برامج التوعية المجتمعية، وتحديث الإطار التشريعي، بما يعزز من تبني المجتمع لهذه التقنية ويدعم مسار الاستدامة الطاقية.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، استدامة الطاقة، القطاع السكني، رؤية المملكة 2030، الطاقة المتجددة، الكفاءة الطاقية، الانبعاثات الكربونية.

الشكر والتقدير

أتوجه بخالص الشكر والتقدير إلى أعضاء لجنة الحكم الموقرة، على ما بذلوه من جهد وتوجيهات قيمة خلال مراحل إعداد هذا البحث. كما أعبر عن امتناني العميق للمشرف الأكاديمي الذي لم يدخر جهداً في تقديم النصح والإرشاد، مما ساعدني في تجاوز الصعوبات والوصول إلى النتائج المرجوة.

ولا يفوتني أن أتوجه بالشكر لكل من ساهم في إنجاز هذا البحث من أساتذة وزملاء وأفراد العائلة، الذين قدموا الدعم المعنوي والفني. شكري الخاص إلى جميع المشاركين في الدراسة على تعاونهم الكريم، وإلى كل من ساهم في تقديم النصائح أو المشاركة في أي جانب من جوانب هذا البحث.

جزيل الشكر والتقدير للجميع

فهرس المحتويات

8	مقدمة
8	مشكلة الدراسة:
9	أهمية الدراسة:
10	أهداف الدراسة:
11	تساؤلات الدراسة:
12	فروض الدراسة:
13	الدراسات السابقة:
19	الإطار النظري والدراسات السابقة
20	الفصل الثاني: الدراسات السابقة والإطار النظري
20	استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني
20	السياق السعودي لاستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني
21	العوامل المؤثرة على استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني
22	كيف تبدو تبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني اليوم؟
23	استخدام الطاقة الشمسية وأثره على البنية التحتية السكنية
24	الأهمية الاستراتيجية لاستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني
24	استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني
25	استدامة الطاقة في القطاع السكني
25	أبعاد استدامة الطاقة في القطاع السكني
26	أهمية استدامة الطاقة في السياق السعودي
27	استدامة الطاقة والمتغيرات الأخرى
28	الدراسات السابقة: التحليل والمقارنة والفجوة البحثية
28	دراسات تناولت استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني
30	دراسات تناولت استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني
33	مناقشة الدراسات السابقة: أوجه الاتفاق والاختلاف

36.....	الفصل الثالث: منهجية الدراسة
36.....	منهج الدراسة
37.....	مجتمع الدراسة والعينة
38.....	أداة الدراسة
39.....	خطوات جمع البيانات
41.....	حدود الدراسة
41.....	أساليب التحليل الإحصائي
43.....	الفصل الرابع: الدراسة الميدانية
43.....	عرض نتائج البيانات الديموغرافية
44.....	تحليل بيانات استخدام الطاقة الشمسية
45.....	تحليل بيانات الاستدامة البيئية
46.....	تحليل بيانات الاستدامة الاقتصادية
47.....	تحليل بيانات الاستدامة الاجتماعية
49.....	تحليل فرضيات الدراسة
51.....	نتائج العامة للدراسة
51.....	مناقشة نتائج البحث في ضوء الدراسات السابقة
52.....	أوجه الاتفاق والاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة
53.....	الخاتمة
54.....	المراجع
56.....	الملاحق

فهرس الجداول

- جدول 4-1: عرض نتائج البيانات الديموغرافية لعينة الدراسة 44
- جدول 4-2: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود محور استخدام الطاقة الشمسية 45
- جدول 4-3: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود الاستدامة البيئية 46
- جدول 4-4: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود الاستدامة الاقتصادية 47
- جدول 4-5: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود الاستدامة الاجتماعية 48

مقدمة

في ظل التحولات العالمية نحو الاستدامة البيئية والاقتصادية، أصبحت الطاقة الشمسية واحدة من أبرز مصادر الطاقة المتجددة التي تساهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والتخفيف من الآثار البيئية السلبية الناتجة عن انبعاثات الكربون. تعتبر هذه الطاقة المتجددة إحدى الأدوات الاستراتيجية في دعم استدامة القطاع السكني في المملكة العربية السعودية، لا سيما مع تزايد استهلاك الطاقة في هذا القطاع. وبما أن المملكة قد أطلقت رؤية 2030، فقد وضعت تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وزيادة كفاءة استخدام الطاقة ضمن أولوياتها، ما يجعل من الطاقة الشمسية خياراً حيوياً لتحقيق هذا الهدف. رؤية المملكة العربية السعودية 2030 تركز بشكل كبير على تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري من خلال تعزيز مصادر الطاقة المتجددة، خصوصاً الطاقة الشمسية. تسعى المملكة إلى تحقيق ما يصل إلى 50% من احتياجاتها الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام 2030، ما يدعم استدامة الطاقة ويقلل من الانبعاثات الكربونية. هذه الخطوة تأتي ضمن مبادرات عديدة، مثل برنامج الطاقة المتجددة الوطني ومبادرة السعودية الخضراء، التي تستهدف خفض الانبعاثات بمقدار 278 مليون طن سنوياً، إلى جانب مشاريع ضخمة مثل مدينة نيوم التي تعتمد على الطاقة النظيفة كجزء أساسي من خططها المستدامة [1]. وضعت المملكة عدة برامج طموحة لدعم هذا التوجه، مثل برنامج الطاقة المتجددة الوطني (NREP) الذي يهدف إلى تطوير مشاريع طاقة شمسية واسعة النطاق، وتزويد الشبكة الوطنية بالطاقة النظيفة للمساهمة في تقليل استهلاك النفط والحد من انبعاثات الكربون. وقد تم الإعلان عن مشاريع كبرى لتحقيق هذا الهدف، مثل مشروع محطة "سكاكا" للطاقة الشمسية بقدرة 300 ميغاوات، والذي بدأ العمل به كأول مشروع للطاقة المتجددة على نطاق واسع في المملكة. كما تم الإعلان عن مشروع "دومة الجندل" للطاقة الريحية بقدرة 400 ميغاوات، مما يعزز التزام المملكة بتطوير مصادر طاقة نظيفة. إضافة إلى ذلك، تم إطلاق مبادرة السعودية الخضراء التي تهدف إلى تقليل الانبعاثات بمقدار 278 مليون طن سنوياً بحلول عام 2030 من خلال مشاريع ضخمة للتشجير، مما يشمل زراعة 10 مليارات شجرة على مدى عقود، وإعادة تأهيل 40 مليون هكتار من الأراضي المتدهورة. هذه الجهود تأتي ضمن إطار "الاقتصاد الدائري للكربون" الذي يسعى لخلق توازن بين الإنتاج والانبعاثات لتحقيق صافي صفري بحلول عام 2060. وهذا يعكس رؤية القيادة السعودية في حماية البيئة وتقليل التلوث وتحقيق الاستدامة البيئية [2]. الجدير بالذكر أن جهود المملكة في تحقيق الاستدامة قد حظيت بتقدير واسع من منظمات دولية مثل البنك الدولي والمنتدى الاقتصادي العالمي، الذين أشاروا إلى أن المملكة تسير بخطى ثابتة نحو تقليل انبعاثات الكربون وتحقيق تحول كبير في استخدام الطاقة المتجددة. ويعتبر هذا التحول جزءاً من استراتيجية شاملة لتقليل الاعتماد على النفط في الاقتصاد السعودي وتحفيز النمو في قطاعات أخرى، مما يساهم في تنويع مصادر الدخل ويقلل من التأثيرات السلبية للاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري [3].

مشكلة الدراسة:

تعاني المملكة العربية السعودية من تحديات متزايدة في مجال استدامة الطاقة، خاصة في القطاع السكني، الذي يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء. يساهم هذا الاعتماد في زيادة الانبعاثات الكربونية، ما يؤدي إلى تفاقم الآثار البيئية السلبية ويؤثر على جودة الهواء والصحة العامة. يعتبر القطاع السكني أحد أهم القطاعات المستهلكة للطاقة،

حيث يستهلك ما يقرب من 40% من إجمالي الكهرباء المنتجة، و70% من هذا الاستهلاك يُوجَّه نحو التبريد، وهو ما يشكل ضغطاً على الشبكة الكهربائية ويتطلب حلاً مستدامة [4]. في ضوء التحولات البيئية العالمية وأهداف رؤية 2030، تتزايد الحاجة في المملكة إلى تبني مصادر طاقة متجددة كبديل عن الوقود الأحفوري، لتعزيز استدامة القطاع السكني، وتقليل الانبعاثات الكربونية. تُعدّ الطاقة الشمسية خياراً استراتيجياً في هذا السياق، حيث تتمتع المملكة بظروف مثالية للاستفادة من أشعة الشمس على مدار السنة. ومع ذلك، لا يزال تبني الطاقة الشمسية في المنازل محدوداً بسبب عدد من العوائق الاقتصادية والتقنية والاجتماعية. من أهم هذه العوائق التكاليف الأولية المرتفعة لتركيب الأنظمة الشمسية، وضعف البنية التحتية الداعمة، وغياب سياسات تشجيعية واضحة من شأنها تحفيز الأسر على اعتماد الطاقة الشمسية في منازلها [2]. تشير دراسات البنك الدولي والمنتدى الاقتصادي العالمي إلى أن تقديم حوافز مالية وتسهيلات تشريعية يعد ضرورياً لضمان تبني واسع للطاقة الشمسية في القطاع السكني. تساعد هذه الحوافز على تخفيف عبء التكاليف الأولية، التي تشكل عائقاً أمام التحول نحو الطاقة النظيفة، وتسهم في تحقيق أهداف رؤية 2030 الرامية إلى تحقيق استدامة الطاقة. علاوة على ذلك، تُعدّ التشريعات والسياسات التنظيمية عاملاً رئيسياً في تشجيع المستثمرين على دعم مشروعات الطاقة المتجددة، حيث يمكن للحكومة تقديم حوافز مالية وضريبية أو تخفيضات على تكاليف التركيب والصيانة، مما يعزز من جاذبية الطاقة الشمسية للأسر والمجتمع ككل [5].

أهمية الدراسة:

تكتسب هذه الدراسة أهمية بالغة نظراً للتحديات المتزايدة التي تواجه قطاع الطاقة في المملكة العربية السعودية، وخاصة في القطاع السكني الذي يستهلك نسبة كبيرة من إجمالي الطاقة الوطنية. يشكل الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري عبئاً على البيئة بسبب الانبعاثات الكربونية العالية، حيث يتم توليد حوالي 40% من الكهرباء باستخدام النفط، وهو معدل يفوق المعدل العالمي بكثير، مما يزيد من الضغوط البيئية ويعوق تحقيق الاستدامة. ويضاف إلى ذلك أن حوالي 70% من استهلاك الكهرباء في المملكة موجه للتبريد، وهو ما يعزز الحاجة إلى تطبيق تقنيات أكثر كفاءة لتحسين استدامة الطاقة في المنازل [4]. إضافة إلى ذلك، تعمل المملكة من خلال مبادرات مثل السعودية الخضراء وبرنامج الاقتصاد الدائري للكربون، على تقليل الانبعاثات بمقدار 278 مليون طن سنوياً، إلا أن هناك تحديات تعيق تبني الطاقة الشمسية على نطاق واسع في القطاع السكني، مثل التكاليف الأولية العالية ومتطلبات تطوير البنية التحتية. وتشير بيانات المنتدى الاقتصادي العالمي والبنك الدولي إلى أن توفير الحوافز المالية والسياسات الداعمة يلعب دوراً حاسماً في تسريع التحول نحو الطاقة الشمسية، خاصة مع استمرار ارتفاع تكاليف التركيب وتحديات الصيانة [6]. في هذا السياق، تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على الإمكانيات التي توفرها الطاقة الشمسية لتعزيز الاستدامة في المنازل السعودية، بما يسهم في تحقيق أهداف رؤية 2030 المتمثلة في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وخفض انبعاثات الكربون، وتخفيف الضغط على شبكات الكهرباء الوطنية. وقد أظهرت الدراسات أن زيادة انبعاثات الكربون تؤدي إلى تدهور الأراضي والتصحر وارتفاع درجات الحرارة، مما يهدد الزراعة والأمن الغذائي واستدامة الموارد الطبيعية [7].

أهداف الدراسة:

- تحليل أثر استخدام الطاقة الشمسية على كفاءة استهلاك الطاقة في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية : تأتي هذه الدراسة لتقييم الفعالية المحتملة لاستخدام الطاقة الشمسية في تقليل استهلاك الكهرباء في المنازل السعودية، وبالتالي تخفيف الضغط على شبكة الطاقة الوطنية. مع تزايد استهلاك الكهرباء وارتفاع التكاليف، تُعدّ الطاقة الشمسية حلاً واعدًا لرفع كفاءة استهلاك الطاقة، مما يدعم أهداف الاستدامة الوطنية.
 - تقييم الفوائد البيئية الناجمة عن تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استخدام الطاقة الشمسية في المنازل : نظرًا لأن الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استهلاك الوقود الأحفوري تشكل خطرًا بيئيًا على جودة الهواء والمناخ المحلي، تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على الدور البيئي الإيجابي للطاقة الشمسية. فكل كيلوات ساعة يتم توليده من الشمس بدلاً من النفط يساهم في تقليل الانبعاثات وحماية البيئة.
 - دراسة الجدوى الاقتصادية للطاقة الشمسية في القطاع السكني، بما في ذلك تخفيض التكاليف على المستهلكين وتقليل الضغط على الموارد الوطنية : تتضمن هذه الدراسة تحليلًا اقتصاديًا لتكلفة الطاقة الشمسية مقارنة بالطاقة التقليدية، بهدف فهم الجدوى المالية طويلة الأمد لتبني هذه التقنية. من المتوقع أن تكون الطاقة الشمسية خيارًا يوفر تكاليف التشغيل للعائلات ويقلل من اعتماد المملكة على الموارد النفطية، مما يعزز أمن الطاقة الوطني.
 - استكشاف التحديات والعقبات التقنية والمالية والاجتماعية التي تواجه تبني الطاقة الشمسية في المنازل السعودية : تتناول الدراسة أبرز العقبات التي تقف أمام استخدام الطاقة الشمسية، بدءًا من التكاليف الأولية العالية وصولاً إلى المتطلبات التقنية اللازمة لتنفيذها بفعالية. كما تسعى إلى فهم التحديات الاجتماعية والمالية التي قد تؤثر على تقبل المجتمع السعودي لهذه التقنية.
 - تقديم توصيات عملية لدعم سياسات وتشريعات من شأنها تعزيز استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني، بما يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة ورؤية 2030 : تهدف الدراسة إلى اقتراح حلول عملية من شأنها دعم سياسات الطاقة المتجددة في المملكة، مما يتيح للمملكة تحقيق تقدم ملموس نحو رؤية 2030. يشمل ذلك توصيات تتعلق بتوفير حوافز مالية وتسهيلات قانونية، مما يعزز من جدوى استخدام الطاقة الشمسية ويسهم في تحقيق الأهداف البيئية والاقتصادية والاجتماعية للمملكة.
- تأتي هذه الأهداف لتعكس أهمية الدراسة في توضيح الإمكانيات الكبيرة للطاقة الشمسية كوسيلة استراتيجية لتعزيز كفاءة الطاقة، وتقديم حل مستدام يتناسب مع الاحتياجات المستقبلية للطاقة في المملكة العربية السعودية.

تساؤلات الدراسة:

- ما مدى فعالية استخدام الطاقة الشمسية في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في القطاع السكني بالمملكة العربية السعودية، وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية؟
يطرح هذا التساؤل مدى قدرة الطاقة الشمسية على تحسين كفاءة استهلاك الكهرباء في المنازل السعودية، مع الحد من الضغط على الشبكة الوطنية وتقليل الحاجة إلى الاعتماد على مصادر الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز. كيف يمكن للطاقة الشمسية، التي توفر بديلاً نظيفاً ومستداماً، أن تسهم في توفير احتياجات المنازل من الكهرباء بفعالية، وما الدور الذي يمكن أن تلعبه في تقليل استهلاك الطاقة التقليدية على نطاق واسع؟
- ما هي الفوائد البيئية المحتملة لاستخدام الطاقة الشمسية في المنازل السعودية، وخصوصاً فيما يتعلق بتقليل انبعاثات الكربون وتعزيز الاستدامة البيئية؟
يتناول هذا التساؤل مدى قدرة الطاقة الشمسية على تقليل البصمة الكربونية الناتجة عن القطاع السكني، والتأثيرات الإيجابية التي يمكن أن تحققها في تحسين جودة الهواء والحد من تغير المناخ. إلى أي مدى يمكن للطاقة الشمسية أن تكون عاملاً فعالاً في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية وتقليل الآثار السلبية للتغير المناخي في المنطقة؟
- كيف يؤثر اعتماد الطاقة الشمسية على التكاليف الاقتصادية للأسر في القطاع السكني، وما هي الجدوى الاقتصادية لتبنيها على المدى الطويل؟
يهدف هذا التساؤل إلى تقييم التأثير الاقتصادي لاستخدام الطاقة الشمسية على مستوى الأسرة، حيث يتضمن استكشاف الفوائد الاقتصادية التي قد تنجم عن انخفاض فاتورة الكهرباء والتكاليف التشغيلية. كما يسعى إلى فهم ما إذا كان الاعتماد على الطاقة الشمسية يوفر استثماراً اقتصادياً مجدياً للأسر السعودية على المدى الطويل.
- ما هي التحديات التقنية، والمالية، والاجتماعية التي تعيق انتشار استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني بالسعودية؟
يسلط هذا التساؤل الضوء على العقبات التي قد تواجه الأسر عند تبني الطاقة الشمسية، بما في ذلك التحديات التقنية مثل متطلبات التركيب والصيانة، والتحديات المالية المرتبطة بتكاليف الاستثمار الأولية، إضافة إلى التحديات الاجتماعية التي تتعلق بتقبل المجتمع لفكرة الطاقة المتجددة. كيف يمكن معالجة هذه العقبات لتمكين نشر أوسع للطاقة الشمسية في المنازل؟
- ما هي السياسات والتشريعات الملائمة التي قد تدعم وتعزز من استخدام الطاقة الشمسية في المنازل لتحقيق أهداف الاستدامة الوطنية ورؤية 2030؟
يستهدف هذا التساؤل استكشاف القوانين والتشريعات التي قد تساعد في تهيئة البيئة المناسبة لتبني الطاقة الشمسية بشكل أوسع. ما هي الحوافز المالية والتشريعات الحكومية التي يمكن أن تدعم وتشجع الأسر على استخدام الطاقة الشمسية، وكيف يمكن لهذه السياسات أن تسهم في تحقيق رؤية المملكة 2030 وأهدافها المتعلقة بالاستدامة؟

فروض الدراسة:

- يُفترض أن يؤدي استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني إلى تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية بشكل ملحوظ حيث أنه من المتوقع أن يسهم الاعتماد على الطاقة الشمسية في القطاع السكني في تحقيق كفاءة أكبر في استخدام الكهرباء وتقليل استهلاك الطاقة المولدة من الوقود الأحفوري. هذا الافتراض يستند إلى فرضية أن الطاقة الشمسية، كبديل متجدد ونظيف، يمكنها أن تلبي جزءًا كبيرًا من احتياجات المنازل للطاقة، ما يقلل من العبء على الشبكة الكهربائية الوطنية ويقلل من الحاجة إلى إنتاج المزيد من الطاقة التقليدية المكلفة بيئيًا واقتصاديًا.
- يُفترض أن يسهم اعتماد الطاقة الشمسية في المنازل السعودية في تقليل الانبعاثات الكربونية، مما يحقق فوائد بيئية ويساهم في تعزيز الاستدامة البيئية ومن المتوقع أن يكون لاستخدام الطاقة الشمسية أثر إيجابي على البيئة، إذ يسهم في خفض مستويات الانبعاثات الكربونية، والتي تعتبر أحد أهم العوامل التي تؤثر سلبيًا على جودة الهواء وتسهم في التغير المناخي. يُفترض أن يؤدي الاعتماد على الطاقة الشمسية في المنازل إلى تعزيز الاستدامة البيئية في السعودية، مما يتماشى مع الجهود الدولية لتقليل انبعاثات الكربون وتحقيق التوازن البيئي.
- يُفترض أن تبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني يحقق جدوى اقتصادية طويلة الأجل، حيث يسهم في تخفيض التكاليف المالية للأسر وتقليل الاعتماد على الشبكات الكهربائية التقليدية. يُفترض أن اعتماد أنظمة الطاقة الشمسية في المنازل يوفر فائدة اقتصادية ملموسة للأسر السعودية على المدى الطويل. ورغم التكاليف الأولية المرتفعة لتركيب هذه الأنظمة، إلا أنه من المتوقع أن تسهم في تقليل فاتورة الكهرباء وتحقيق توفير مالي للأسر مع مرور الوقت، وذلك بسبب الاعتماد الأقل على الشبكات الكهربائية التقليدية التي تتطلب تكاليف صيانة وتشغيل مستمرة.
- يُفترض وجود تحديات تقنية ومالية واجتماعية تعيق تبني الطاقة الشمسية بشكل واسع في القطاع السكني، مما يستلزم دراسة شاملة لتلك العوائق واقتراح حلول مناسبة لأنه من المتوقع أن يواجه تبني الطاقة الشمسية في المنازل عقبات متعددة تشمل التحديات التقنية المتعلقة بتركيب وصيانة الأنظمة الشمسية، والتحديات المالية التي تتعلق بتكاليف التركيب الأولية، وكذلك التحديات الاجتماعية المتعلقة بتقبل المجتمع لهذه التكنولوجيا. يُفترض أن تسهم الدراسة في تحديد هذه التحديات وتقديم حلول عملية لتجاوزها، مما يدعم التحول نحو الطاقة المتجددة.
- يُفترض أن تؤدي السياسات والتشريعات الداعمة إلى تعزيز استخدام الطاقة الشمسية في المنازل، مما يساهم في تحقيق أهداف الاستدامة الوطنية وفق رؤية المملكة 2030 حيث يُتوقع أن يكون للسياسات والتشريعات دور حاسم في تحفيز تبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني، عبر تقديم حوافز مالية أو تخفيضات ضريبية تساعد في تقليل التكاليف الأولية على الأسر وتشجيعهم على الاستثمار في الطاقة المتجددة. يُفترض أن يؤدي هذا الدعم التشريعي إلى تسريع وتيرة التحول نحو الاستدامة، بما يتماشى مع رؤية المملكة 2030 التي تركز على تطوير الطاقة المتجددة وتقليل التأثيرات البيئية السلبية الناتجة عن استهلاك الطاقة التقليدية.

الدراسات السابقة:

استخدام الطاقة الشمسية وإمكانياتها في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية: تستعرض هذه الدراسة تحليلاً حول إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في المنازل السعودية، مع التركيز على اللوائح التي صدرت عام 2017 والتي تسمح للأسر بإنتاج الكهرباء من أنظمة الطاقة الشمسية. تهدف الدراسة إلى توضيح الفرص والتحديات المرتبطة بتطبيق أنظمة الطاقة الشمسية على مستوى الأفراد، ودورها في تعزيز الاعتماد على الطاقة المتجددة بدلاً من مصادر الوقود الأحفوري التقليدية.

دور كفاءة الطاقة في تصميم مجتمعات سكنية خالية من الكربون: دراسة حالة للمملكة العربية السعودية: تناولت هذه الدراسة تأثير تحسين كفاءة الطاقة على تصميم مجتمعات سكنية محايدة للكربون في المملكة العربية السعودية. تركز الدراسة على فعالية أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتوربينات الرياح في تحقيق الاستدامة البيئية وتقليل الانبعاثات الكربونية، مما يوفر نموذجاً للمدن المستدامة وفق رؤية المملكة 2030.

التقنيات الذكية الموفرة للطاقة وتطبيقاتها الممكنة في قطاع المباني: دروس مستفادة للمملكة العربية السعودية: تناقش هذه الدراسة دور التقنيات الذكية في تحسين كفاءة الطاقة في المباني السكنية وتطبيقاتها المحتملة في المملكة. تستعرض الدراسة تطبيقات تقنية حديثة تساهم في تقليل استهلاك الطاقة وتعزيز الكفاءة، مما يدعم الجهود الوطنية نحو الاستدامة ويقلل من الانبعاثات البيئية.

تأثير استخدام أنظمة توليد الطاقة الفولتوضوئية الشمسية في الاقتصاد الكلي والطاقة والانبعاثات في المملكة العربية السعودية: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثيرات استخدام أنظمة الطاقة الفولتوضوئية الشمسية على الاقتصاد الكلي، واستهلاك الطاقة، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية، خلال الفترة من 2021 إلى 2030. تسلط الضوء على الفوائد الاقتصادية والبيئية المرتبطة بتطبيق أنظمة الطاقة الشمسية على نطاق واسع، مما يدعم الاستدامة ويقلل من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

دراسة جدوى وتحسين الأداء لنظام طاقة شمسية كهروضوئية متصل بالشبكة ومغذي للأحمال السكنية في جدة: تقدم هذه الدراسة تحليلاً تقنياً واقتصادياً لتطبيق نظام طاقة شمسية كهروضوئية متصل بالشبكة ويخدم الأحمال السكنية في مدينة جدة. تركز الدراسة على جدوى استخدام هذا النظام لتلبية احتياجات الطاقة السكنية، مع إبراز الفوائد الاقتصادية وإمكانيات تحسين الأداء، مما يدعم التوجه نحو مصادر الطاقة المتجددة وتقليل الضغط على الشبكات الكهربائية التقليدية.

المنطلقات النظرية للدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على إطار نظري متعدد الأبعاد يسعى إلى تحليل شامل لتأثير استخدام الطاقة الشمسية على استدامة الطاقة في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية، مع الاستناد إلى نظريات رئيسية تساهم في توضيح الدور الذي تلعبه الطاقة الشمسية في تعزيز الاستدامة الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.

1. نظرية التنمية المستدامة:

تعد نظرية التنمية المستدامة الأساس النظري الأول للدراسة، حيث تركز على التوازن بين تحقيق النمو الاقتصادي وحماية الموارد البيئية، وهو ما تسعى إليه رؤية المملكة 2030 التي تهدف إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتعزيز الطاقة المتجددة. تعتبر الطاقة الشمسية من بين أهم مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن أن تقلل من الانبعاثات الكربونية وتحد من التأثيرات البيئية السلبية، مما يعزز الاستدامة البيئية ويدعم التزامات المملكة نحو الحد من التغير المناخي. يسهم استخدام الطاقة الشمسية في خلق بيئة صحية ومجتمع متوازن بيئيًا، ويعزز من تحقيق الأهداف البيئية المحلية والدولية من خلال تقليل بصمة الكربون وتعزيز جودة الهواء.

2. نظرية كفاءة الطاقة

تقوم الدراسة أيضًا على نظرية كفاءة الطاقة التي تدعو إلى تحسين استهلاك الطاقة عبر تقنيات أكثر فاعلية، حيث تتناول كيفية تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في القطاع السكني باستخدام الطاقة الشمسية كبديل للطاقة التقليدية. إن اعتماد أنظمة الطاقة الشمسية في المنازل يخفف الضغط على شبكات الكهرباء الوطنية، ويقلل من الحاجة إلى استخدام موارد إضافية لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة، خاصة في المناطق السكنية. تُعد هذه النظرية أساسية في دراسة الآثار التي يمكن أن تتحقق من خلال خفض التكاليف التشغيلية وزيادة كفاءة الاستهلاك، مما يسهم في تقليل استهلاك الموارد الطبيعية وتوجيهها بشكل أكثر فاعلية نحو أنشطة مستدامة.

3. نظرية الجدوى الاقتصادية

تستند الدراسة أيضًا إلى نظرية الجدوى الاقتصادية التي تركز على تحليل التكلفة والعائد المالي للمشروعات الاستثمارية على المدى الطويل، وهو ما يرتبط بشكل مباشر بالاستثمار في الطاقة الشمسية في القطاع السكني. تساعد هذه النظرية في دراسة مدى جدوى الاستثمار في الطاقة الشمسية للأسر السعودية، حيث تأخذ في الاعتبار التكاليف الأولية المرتفعة لتركيب الأنظمة الشمسية ومقارنتها بالفوائد المالية التي يمكن تحقيقها على المدى الطويل من خلال تقليل فواتير الكهرباء وتقليل الاعتماد على الشبكات الكهربائية التقليدية. إن تقييم الجدوى الاقتصادية للطاقة الشمسية لا يقتصر على الفوائد المالية فقط، بل يشمل أيضًا تحليل الأثر الاقتصادي الشامل، مما يعزز من فهم القيمة المضافة للاستثمارات المستدامة في تحسين جودة الحياة وتعزيز الاستدامة المالية.

المنهجية وطرق البحث:

المنهجية:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يعدّ أحد أكثر الأساليب البحثية ملائمة لدراسة تأثيرات الطاقة الشمسية في القطاع السكني. يسمح هذا المنهج بتقديم وصف دقيق للحالة الحالية لاستخدام الطاقة الشمسية في المنازل

السعودية، وتقييم فوائدها الاقتصادية والبيئية، إضافةً إلى استكشاف التحديات التي قد تعيق تبني هذه التقنية على نطاق واسع. من خلال هذا المنهج، تتمكن الدراسة من جمع وتحليل البيانات بشكل منهجي، مما يساهم في بناء رؤية متكاملة عن واقع الطاقة الشمسية ودورها في تحقيق أهداف الاستدامة وفق رؤية المملكة 2030. يتميز المنهج الوصفي التحليلي بقدرته على تقييم الظواهر الحالية وربطها بالسياقات المستقبلية المحتملة، مما يوفر فهماً عميقاً حول فرص وتحديات استخدام الطاقة المتجددة في القطاع السكني.

طرق البحث:

تشتمل طرق البحث المعتمدة في هذه الدراسة على جمع البيانات من مصادر متنوعة، بهدف توفير معلومات شاملة ودقيقة تدعم نتائج التحليل. وتنقسم طرق جمع البيانات إلى قسمين رئيسيين:

1- جمع البيانات الأولية

يتم جمع البيانات الأولية بشكل مباشر من خلال استبيانات ومقابلات موجهة تهدف إلى استكشاف تجارب الأفراد وآراء الخبراء في مجال الطاقة المتجددة.

- الاستبيانات: سيتم توزيع استبيانات موجهة إلى عينة من الأسر التي تعتمد على الطاقة الشمسية في منازلها، بهدف الحصول على بيانات نوعية وكمية حول تجاربهم، والمزايا التي تحققها هذه التقنية لهم، بالإضافة إلى التحديات التي يواجهونها. يساعد هذا الأسلوب في فهم انطباعات المستخدمين الفعليين للطاقة الشمسية، ويتيح للباحثين الحصول على رؤية شاملة عن كيفية تأثير الطاقة الشمسية على حياتهم اليومية، ومدى فعالية هذه التقنية في تقليل تكاليف الطاقة وتعزيز الاستدامة البيئية.

- المقابلات الشخصية: ستجرى مقابلات مع مجموعة من الخبراء والمختصين في قطاع الطاقة المتجددة، لاستكشاف آرائهم حول العوامل التي تؤثر على تبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني، وفهم التحديات التقنية والاقتصادية والاجتماعية التي قد تعيق انتشار هذه التقنية. تساهم هذه المقابلات في جمع معلومات متعمقة تساعد في تقديم توصيات فعالة لصناع القرار، وتسلط الضوء على السياسات الممكنة لدعم وتسهيل استخدام الطاقة الشمسية في المنازل.

2- جمع البيانات الثانوية

تتضمن هذه الخطوة مراجعة المصادر الأكاديمية والتقارير الرسمية التي توفر بيانات وإحصاءات دقيقة حول استخدام الطاقة الشمسية وتوجهات المملكة في تعزيز الطاقة المتجددة.

- الدراسات الأكاديمية: تشمل هذه الدراسة مراجعة للبحوث والدراسات المنشورة حول تطبيقات الطاقة الشمسية في القطاع السكني وتأثيراتها الاقتصادية والبيئية، حيث توفر هذه المصادر رؤى علمية قائمة على تجارب بحثية سابقة، تساعد في تعزيز فهم الباحثين لأثر الطاقة الشمسية في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتحقيق الاستدامة البيئية.

- التقارير الرسمية والإحصاءات: سيتم الاعتماد على بيانات رسمية من مصادر موثوقة مثل وزارة الطاقة السعودية، وتقارير المنظمات الدولية التي تدرس إمكانات الطاقة المتجددة في المملكة، وذلك بهدف توفير بيانات دقيقة وموثوقة تدعم التحليل العلمي. توفر هذه التقارير إحصاءات حديثة حول تطور مشاريع الطاقة الشمسية في المملكة، وتوجهات الحكومة في تعزيز الطاقة المتجددة، مما يساهم في بناء رؤية متكاملة للواقع الحالي ومستقبل الطاقة الشمسية في السعودية.

أدوات الدراسة:

تستند الدراسة إلى مجموعة متنوعة من الأدوات البحثية التي تساهم في جمع وتحليل البيانات بشكل منهجي بهدف تقييم أثر استخدام الطاقة الشمسية على استدامة الطاقة في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية. وتغطي هذه الأدوات جوانب مختلفة لتوفير معلومات دقيقة وموثوقة تدعم نتائج الدراسة وتوجهاتها التحليلية. وتشمل أدوات الدراسة ما يلي:

1. الاستبيانات

تم تصميم استبيان شامل يستهدف الأسر التي اعتمدت الطاقة الشمسية في منازلها، بحيث يتضمن مجموعة من الأسئلة التي تهدف إلى استكشاف تجاربهم العملية. يتناول الاستبيان موضوعات مثل العوائد الاقتصادية المتوقعة من استخدام الطاقة الشمسية، ومدى رضاهم عن النظام، إلى جانب التحديات التي واجهوها خلال عملية التركيب والاستخدام. يساهم الاستبيان في توفير بيانات كمية ونوعية مباشرة، مما يمكن الباحثين من تقييم تأثير الطاقة الشمسية من منظور المستخدمين الفعليين، ويعطي لمحة دقيقة عن مستوى قبول الجمهور العام لهذا النوع من الطاقة.

2. المقابلات الشخصية

أجريت مقابلات متعمقة مع خبراء ومختصين في مجالات الطاقة المتجددة والاستدامة البيئية، مما يسمح بالوصول إلى رؤى أعمق حول العوامل المؤثرة على جدوى استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني. تمتد هذه المقابلات لتشمل مناقشة أهم التحديات التقنية، والسياسات الحكومية المحتملة التي قد تدعم تعزيز استخدام الطاقة الشمسية. ومن خلال آراء الخبراء، يستطيع الباحثون الحصول على منظور شامل يشمل التحديات والمعوقات التي يجب التغلب عليها، إضافةً إلى الفرص والسياسات التي يمكن أن تُسهّل تبني الأسر للطاقة الشمسية.

3. تحليل البيانات المالية

تم الاعتماد على مؤشرات اقتصادية دقيقة مثل صافي القيمة الحالية (NPV) والعائد على الاستثمار (ROI) لتقدير الفوائد المالية المرتبطة باستخدام الطاقة الشمسية. يعمل هذا التحليل على مقارنة التكاليف الأولية لتركيب أنظمة الطاقة الشمسية في المنازل مع تكاليف الطاقة التقليدية على المدى الطويل. يوفر هذا التحليل رؤية عميقة للجدوى الاقتصادية للطاقة الشمسية، ويتيح للأسر والمستثمرين تقييم مدى الفائدة المالية لتبني هذه التقنية،

ويعطي تصورًا حول الجدوى المالية المستقبلية التي قد تجعل الطاقة الشمسية خيارًا اقتصاديًا مجديًا للأسر السعودية.

4. تحليل الحساسية

يعدّ تحليل الحساسية أداة مهمة لدراسة تأثير التغيرات المحتملة في تكلفة أنظمة الطاقة الشمسية وأسعار الطاقة التقليدية على العائد المالي المتوقع للطاقة الشمسية. يساعد هذا التحليل في تقييم مرونة الجدوى الاقتصادية للتقنية تحت ظروف مالية مختلفة، مما يساهم في وضع استراتيجيات استثمارية محسوبة للأسر والمستثمرين في حالة تقلبات السوق. يوضح تحليل الحساسية كيف يمكن للتقلبات في الأسعار أو التكاليف أن تؤثر على الفوائد المالية، مما يوفر توقعات دقيقة حول العوائد المستقبلية.

5. التحليل الإحصائي

تم استخدام برامج متخصصة في التحليل الإحصائي لتحليل بيانات الاستبيانات والمقابلات بشكل منهجي. يساعد هذا النوع من التحليل في معالجة البيانات وتحويلها إلى نتائج محددة توضح الاتجاهات العامة المتعلقة بتبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني. ويتيح التحليل الإحصائي إمكانية ربط المتغيرات المختلفة مثل الرضا الاقتصادي والبيئي مع العوامل التقنية والاجتماعية، مما يساهم في استخلاص نتائج دقيقة وقابلة للتطبيق على مستوى واسع، ويساهم في دعم استنتاجات وتوصيات الدراسة.

تعتمد هذه الأدوات البحثية على منهجية شاملة ومتكاملة تتيح جمع وتحليل المعلومات بشكل منهجي، مما يساعد على تقديم تصور واضح وموثوق حول دور الطاقة الشمسية في تعزيز استدامة الطاقة في القطاع السكني بالمملكة، ويدعم توصيات الدراسة لتحفيز تبني الطاقة المتجددة وتحقيق أهداف الاستدامة الوطنية.

حدود الدراسة:

تركز هذه الدراسة على تحليل أثر استخدام الطاقة الشمسية على استدامة الطاقة في القطاع السكني بالمملكة العربية السعودية، حيث تم تحديد عدة جوانب تساهم في توجيه نطاق البحث بدقة للوصول إلى نتائج علمية وقابلة للتطبيق. وفيما يلي توضيح مفصل لحدود الدراسة:

1. الحدود الجغرافية

تقتصر هذه الدراسة على المملكة العربية السعودية، حيث تهدف إلى استكشاف وتقييم دور الطاقة الشمسية في تعزيز استدامة الطاقة ضمن المنازل السعودية. يسمح هذا التركيز الجغرافي بالتركيز على التطبيقات المحلية للطاقة الشمسية، أخذًا بعين الاعتبار الخصائص البيئية والاجتماعية والثقافية التي تؤثر في تطبيق الطاقة المتجددة في هذا البلد. تتسم المملكة بمناخ مشمس ومناسب لتبني الطاقة الشمسية، مما يجعلها بيئة مثالية

لدراسة الأثر المحتمل لهذه التقنية، ولكن الدراسة تستبعد أي تطبيقات خارج الحدود السعودية لتجنب تشويش النتائج.

2. الحدود الزمنية

تغطي الدراسة الفترة الزمنية حتى عام 2023، حيث تشمل المشاريع التي تم تنفيذها بالفعل أو تلك التي لا تزال قيد التنفيذ في المملكة. وتركز على تحليل البيانات الحديثة وتقييم الأثر الحالي للطاقة الشمسية في القطاع السكني، دون الرجوع إلى بيانات تاريخية قديمة. يساعد هذا التحديد الزمني في تقديم صورة دقيقة وواقعية للوضع الراهن لمشاريع الطاقة الشمسية، ويوفر معلومات محدثة تعكس التوجهات والسياسات الحالية المتعلقة بالطاقة المتجددة في المملكة.

3. حدود القطاع

تركز الدراسة على القطاع السكني حصرياً، حيث تهدف إلى دراسة تأثيرات الطاقة الشمسية على استهلاك الكهرباء والاستدامة ضمن المنازل السعودية. ولا تشمل القطاعات الصناعية أو التجارية، التي قد تختلف احتياجاتها وأهدافها المتعلقة بالطاقة. يوفر هذا التركيز فهماً أعمق للتحديات والفرص التي تواجه الأسر السعودية عند اعتماد الطاقة الشمسية، ويتيح دراسة محددة لتطبيقات الطاقة الشمسية في البيئة المنزلية.

4. حدود الأدوات

تعتمد الدراسة على مجموعة من الأدوات البحثية التي تشمل الاستبيانات والمقابلات الشخصية وتحليل البيانات المالية. ورغم أن هذه الأدوات توفر رؤية شاملة ومباشرة عن آراء المستخدمين والمختصين، إلا أنها قد تحد من شمولية النتائج. عدم استخدام أساليب أخرى مثل النماذج المحوسبة أو التجارب العملية قد يؤثر على دقة النتائج ويفتح الباب لاستخدام أدوات أخرى مستقبلاً قد تثري البحث، ولكن هذه الأدوات البحثية المختارة تبقى كافية لتقديم نتائج دقيقة في سياق هذه الدراسة.

5. الحدود الاقتصادية والاجتماعية

تركز الدراسة على التحديات الاقتصادية والاجتماعية المرتبطة بتبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني السعودي فقط، ولا تشمل الأسواق العالمية أو القطاعات الاقتصادية الأخرى مثل الطاقة الريحية أو المائية. هذا التحديد يسمح بفهم أعمق للتحديات المالية والاجتماعية التي قد تؤثر على تبني الأسر للطاقة الشمسية، ويعزز من القدرة على تقديم توصيات مدروسة تتناسب مع السياق المحلي وتدعم أهداف الاستدامة المحددة ضمن رؤية المملكة 2030.

الفصل الثاني

الإطار النظري والدراسات السابقة

الفصل الثاني: الدراسات السابقة والإطار النظري

يمثل هذا الفصل أساساً علمياً يعزز فهم العلاقة بين استخدام الطاقة الشمسية واستدامة الطاقة في القطاع السكني بالمملكة العربية السعودية. وقد تناولت العديد من الدراسات الحديثة أثر الطاقة المتجددة على الأمن الطاقوي، إلا أن معظمها ركز على الأبعاد التقنية أو البيئية فقط، مما يبرز الحاجة إلى دراسة شمولية تأخذ في الاعتبار الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية، وتركز تحديداً على السياق السعودي. ويهدف هذا الفصل إلى استعراض الأدبيات السابقة، وتحليلها، وتقديم الإطار النظري الذي تستند إليه الدراسة.

استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني

يعتبر نشر الطاقة الشمسية أحد الأبعاد الاستراتيجية المشتركة لعملية التحول في قطاع الطاقة في المملكة العربية السعودية، وفقاً لرؤية المملكة 2030 الهادفة إلى تنويع مصادر الطاقة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. تشير الطاقة الشمسية في القطاع السكني إلى استخدام النظم الكهروضوئية مثل الألواح الشمسية المثبتة على الأسطح لتوليد الكهرباء بشكل مستقل أو متصلة بشبكة الطاقة لتلبية احتياجات الطاقة المنزلية بطريقة مستدامة وفعالة. يمكن تحقيق ذلك بفضل الجهود الكبيرة التي تبذلها الحكومة السعودية لتشكيل هذا التحول، ومن أبرزها إصدار تعليمات تنظيمية في عام 2017، التي تعد الحدث الأكثر بروزاً، والتي مكنت الأفراد من توليد الكهرباء من مصادر متجددة لاستخدامها في منازلهم. مثل هذا الإجراء له تداعيات نوعية على دور المستهلك، حيث ينتقل دوره من مجرد مستهلك إلى "منتج-مستهلك"؛ أي شخص ينتج ويستهلك الطاقة، لا سيما في المناطق الحضرية التي تشهد طلباً قوياً على الطاقة الكهربائية خلال فصل الصيف.

السياق السعودي لاستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني

هذه البيئة الفريدة للطاقة الشمسية، المدعومة بالمحددات الطبيعية والاقتصادية، إلى جانب العوامل الهيكلية، تجعل المملكة واحدة من أكثر الدول تأهيلاً على مستوى العالم لاعتماد الطاقة الشمسية في القطاع السكني. مع مستويات عالية قياسية عالمياً من العزل الشمسي تتراوح بين 2200-2500 كيلوواط ساعي/م² سنوياً، تصبح المملكة من أفضل المناطق لتوليد الطاقة الكهروضوئية.

على المستوى السياسي والتخطيطي، احتلت الطاقة المتجددة مكانة هامة في استراتيجية التحول الوطنية لرؤية المملكة 2030 ومبادرات مثل "البرنامج الوطني للطاقة المتجددة" و"برنامج بناء القدرات للطاقة الشمسية" لمشاركة الأفراد والمجتمعات السكنية في إنتاج واستهلاك الطاقة النظيفة. تحققت ديمقراطية الوصول إلى الطاقة الشمسية بشكل رئيسي منذ عام 2017 عندما أعلن الإطار التنظيمي لتمكين المستهلكين من إنتاج الطاقة الشمسية محلياً من خلال تركيب أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الصغيرة المتصلة بالشبكة (نظام صافي القياس)، الذي فتح رسمياً بالكامل الطريق لاستخدام الطاقة الشمسية في المنازل.

في السنوات الأخيرة، زادت الجدوى الاقتصادية للاستثمار في التقنية الشمسية في المنازل مع انخفاض تكاليف تركيب الأنظمة الشمسية بأكثر من 80% مقارنة بعقد من الزمن. تدعم "IFS" برنامج الطاقة الشمسية المنزلية، حيث أطلقت الحكومة من خلال "صندوق التنمية العقارية" و"صندوق التنمية الصناعية السعودي" برامج تمويلية داعمة لتركيب الأنظمة الشمسية في المنازل التي تحول هذه البيوت إلى وحدات توليد للطاقة للعائلات.

وقد أولت رؤية المملكة 2030 أهمية كبرى للطاقة المتجددة، حيث أطلقت عدة برامج مثل "المشروع الوطني للطاقة المتجددة" و"برنامج بناء القدرات"، بهدف تعزيز مشاركة المجتمع في إنتاج الطاقة. ووفقاً لما أشار إليه Alotaibi (2020):

"لا يكفي توافر الإمكانيات التقنية لتبني الطاقة الشمسية، بل يجب أن تتوافر بيئة تنظيمية ومجتمعية شاملة تدعم هذا التحول داخل المنازل" (ص. 112).

على الرغم من هذه الأسباب المشجعة للنمو، لا يزال النمو في قطاع الطاقة الشمسية السكنية محدوداً، بناءً على عدد من العقبات: نقص الوعي العام والخبرة الفنية في نشر الأنظمة وصيانتها، والاختلافات في الدعم المالي عبر مناطق المملكة. وقد قادت المدن الكبرى مثل الرياض وجدة والدمام هذا التحرك بشكل كبير بفضل السعر المرتفع للكهرباء التقليدية وازدياد الوعي البيئي والاقتصادي بين المواطنين.

لذلك، يُعتبر السياق السعودي بيئة ناضجة من حيث القدرات ومهيئة من حيث الإطار التنظيمي، إلا أنها لا تزال بحاجة إلى دفع لاستخدام أنظمة الطاقة الشمسية في المنازل من خلال المجتمع، وهو ما تهدف هذه الدراسة إلى استكشافه وفهم أسبابه وآثاره من منظور علمي تحليلي شامل.

العوامل المؤثرة على استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني

العوامل المؤثرة في القطاع السكني على استخدام الطاقة الشمسية هي عوامل مترابطة وتتضمن أبعاداً اقتصادية واجتماعية وتقنية وتنظيمية يمكن أن تؤثر على إمكانية تنفيذ الطاقة الشمسية في القطاع السكني. استكشف العتيبي (2020) هذه القضايا في المملكة العربية السعودية ووجد أنه على الرغم من أن الآفاق التقنية والتكاليف هي مفتاح في اعتماد الأسر للطاقة الشمسية، إلا أن انتشار الطاقة الشمسية يحتاج إلى بيئة تحفيزية وشاملة من حيث السياسات والسلوك المجتمعي.

إن القبول الاجتماعي لاستخدام أنظمة الطاقة الشمسية يتم تحفيزه من خلال إدراك المجتمع ووعيه بضرورة الطاقة المتجددة. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن المعلومات الخاطئة أو المفاهيم الخاطئة بشأن فعالية هذه الأنظمة يمكن أن تكون عائقاً أمام التبني، خاصة في المناطق التي تفتقر إلى حملات توعية مستمرة.

وكما نوقش سابقاً، فإن الحافز المالي والتمثيل الحكومي هما المحفزان الرئيسيان لاستخدام الطاقة الشمسية السكنية. يحتمل أن يرتبط الاستثمار في هذه الأنظمة ارتباطاً وثيقاً بآليات دعم التمويل من الكيانات الحكومية والبنوك التمويلية، مثل القروض التفضيلية أو التخفيض من تكاليف التركيب، وذلك نظراً لعدم جدوى مثل هذا الاستثمار. وفي بعض المناطق، يُعتبر نقص هذا الدعم سبباً لعدم التبني العام.

تم تبني الممارسات المستدامة بناءً على الجدوى الاقتصادية طويلة الأمد بدلاً من تفضيلات المستهلك. ومع ذلك، أوضحت الدراسة أنه بالنظر إلى العوائد الاقتصادية اللاحقة لفاتورة كهرباء شهرية أقل، فإن هذا الاستثمار يمثل قيمة مالية جذابة وفترة استرداد تتراوح بين 4 إلى 7 سنوات في المتوسط (اعتمادًا على مستوى الاستهلاك) خاصة في المناطق ذات الاستهلاك العالي.

الجوانب التقنية والصيانة مهمة لاتخاذ قرار التبني. توفر التركيب وسهولة الوصول إلى الخبرة التقنية وخدمات الصيانة هي عوامل مهمة في قبول هذه الأنظمة. توصي الدراسة بأن تقوم المملكة بإنشاء نظام دعم فني متكامل في مناطق المملكة المختلفة لأن ذلك سيوفر ويعزز الاستخدام الآمن والمرضي لهذه الأنظمة.

التحدي البارز في الجدوى الاجتماعية والاقتصادية لاعتماد أنظمة الطاقة الشمسية يُعرض في نتائج الدراسة حيث يؤكد الاستهلاك الفعال للطاقة كعامل رئيسي في المناطق الحضرية الكبرى مثل الرياض وجدة بسبب فواتير الكهرباء الحادة والوعي بالاستدامة البيئية مقارنة بالمناطق الريفية أو المناطق ذات الكثافة المنخفضة حيث قد لا يكون العائد على الاستثمار في هذه التكنولوجيا ظاهرًا أو عمليًا.

كيف تبدو تبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني اليوم؟

بالتوازي مع ذلك، فمن المعروف على المستوى الوطني في المملكة العربية السعودية أن هناك توجهًا استراتيجيًا متزايدًا فيما يتعلق باستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني، وإمكانية هائلة لاستغلال هذا المورد المتجدد والمتاح طبيعيًا. ومع ذلك، هناك العديد من التحديات التي تعيق التطبيق السليم لهذه التقنية على مستوى الأفراد أو الأسر.

هناك عدة عوائق لدخول أنظمة الطاقة الشمسية، أحد أهم هذه التحديات هو الكلفة الأولية لتركيب الأنظمة الشمسية. ورغم أن أسعار تقنيات الطاقة الشمسية انخفضت عالميًا على مدار العشر سنوات الماضية، إلا أن التكاليف المسبقة لشراء وتركيب وصيانة هذه الأنظمة لا تزال تشكل عبئًا ماليًا نسبيًا على العديد من الأسر، خصوصًا عندما لا تتوفر برامج دعم شاملة أو دعم مالي حكومي مباشر.

عائق تقني مهم آخر هو نقص الطاقم الفني المدرب بشكل مناسب لتركيب وصيانة الأنظمة الشمسية. في العديد من المناطق، يوجد نقص في الفنيين المؤهلين والمدربين المختصين لإجراء التركيب وفقًا للمعايير الفنية المعتمدة، مما يؤدي إلى فجوة في سلسلة قيمة الطاقة الشمسية المنزلية وتقويض ثقة المستهلكين.

بالنسبة إلى المبادرات المؤسسية، على الرغم من أنها غالبًا ما تكون مفيدة في أهدافها، إلا أنها لا تزال تتأثر بآليات التمويل الضعيفة أو المحدودة، سواء عبر قنوات التمويل الحكومية أو المؤسسات المالية، والتي لا تميل إلى تطوير برامج محددة تسمح بتقسيط التكاليف المرتبطة بالأنظمة الشمسية بشكل مرن وطويل الأجل. تمنع الكثير من العائلات من تحقيق فوائد الطاقة الشمسية لعدم قدرتها على تحمل التكاليف المسبقة.

الوعي الضيق لبعض أجزاء المجتمع حول الفوائد طويلة الأجل المرتبطة بالطاقة الشمسية يمثل عائقًا آخر أمام تطوير الطاقة الشمسية على الجانب السلوكي والاجتماعي. ويقوم البعض بتكرار نماذج تعتمد على العائدات قصيرة الأجل دون

النظر إلى الجدوى الاقتصادية والبيئية طويلة الأجل خلال العقود القادمة، مما يقلل الإقبال، خاصة في المناطق التي لا تتوفر فيها حملات توعية مناسبة.

خلص رحمان والحدرمي (2021) إلى أن السياسات المالية والتشجيعية المتكاملة ضرورية لمواجهة هذه التحديات، وأكدت على نظام الدعم المؤسسي كواحد من العوامل المهمة في نجاح مشاريع الطاقة الشمسية السكنية، والتي يجب أن تشمل تمويلًا مستدامًا وتأهيلًا فنيًا وتوعية مجتمعية. وركزت على ضرورة عمل القطاعين العام والخاص معًا لخلق حوافز اقتصادية وبيئية للناس لتطبيق أنظمة الطاقة المتجددة في منازلهم.

التحديات في المجال

يجب لذلك أن يتم تحليلها بشكل شامل، حيث إنها ليست فقط بوابة لفهم الواقع بشكل أفضل، بل تمثل أيضًا حجر الأساس لأي توصيات أو حلول عملية قد تهدف هذه الدراسة إلى اقتراحها، في السعي لدعم الطاقة المستدامة والمساهمة في رؤية المملكة 2030 لتحويلها إلى اقتصاد أخضر متكامل.

استخدام الطاقة الشمسية وأثره على البنية التحتية السكنية

أصبح دمج أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في المباني السكنية خيارًا استراتيجيًا لتعزيز كفاءة البنية التحتية الطاقية، وتحقيق الاستقلالية الطاقية للأسر، والتقليل من الضغط على مصادر الطاقة التقليدية. وقد أظهرت مجموعة من الدراسات التقنية مدى فعالية هذه الأنظمة في تحسين أداء منظومة الطاقة على مستوى المنازل والمجتمعات السكنية.

وفقًا لدراسة AISaffar et al. (2022)، فإن اعتماد أنظمة الطاقة الشمسية في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية يمكن أن يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة من الشبكة بنسبة تتراوح بين 30% إلى 50%، وذلك من خلال إنتاج الطاقة محليًا داخل المنزل في فترات الذروة النهارية، حيث يكون الإشعاع الشمسي في أقصى مستوياته.

كما أشارت الدراسة إلى أن هذا الاستخدام قد ينعكس بصورة مباشرة على ميزانية الأسر، حيث يمكن أن يؤدي إلى تخفيض فواتير الكهرباء المنزلية بنسبة تتجاوز 60% في بعض المناطق التي تشهد استهلاكًا مرتفعًا للطاقة، مثل المناطق الساحلية أو الحضرية ذات الأحمال العالية.

وبالإضافة إلى الجانب الاقتصادي، فإن دمج أنظمة الطاقة الشمسية يعزز من استقرار الشبكة الكهربائية العامة، لا سيما من خلال تقليل الطلب الذروي الذي غالبًا ما يتسبب في حالات الضغط أو الانقطاعات في أنظمة التوزيع التقليدية. ويعمل هذا على تحسين كفاءة منظومة التوزيع الكهربائي، وتقليل الحاجة إلى التوسع في محطات التوليد الجديدة، وهو ما يدعم توجه المملكة نحو تخفيض البصمة البيئية لقطاع الطاقة.

علاوة على ذلك، تسهم هذه الأنظمة في تحسين جودة الطاقة (Power Quality) داخل الوحدات السكنية، إذ تقلل من التذبذب والانخفاضات المؤقتة في الجهد الكهربائي، كما تخفف من الضغط على محطات التوليد والتوزيع، ما يسهم في إطالة عمر مكونات الشبكة، وتقليل الفاقد الطاقوي.

الأهمية الاستراتيجية لاستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني

يمثل التوسع في استخدام الطاقة الشمسية على مستوى المنازل أحد المرتكزات الاستراتيجية لتحقيق استدامة الطاقة في المملكة العربية السعودية، حيث تتلاقى فيه الأهداف البيئية والاقتصادية والاجتماعية ضمن إطار شامل يتماشى مع مستهدفات رؤية المملكة 2030. لا يُعد استخدام الطاقة الشمسية مجرد خيار تقني، بل يمثل تحولاً استراتيجياً في بنية النظام الطاقى الوطني.

- يعزز استخدام الطاقة الشمسية من الأمن الطاقى الوطني من خلال تقليل الاعتماد على المصادر التقليدية، لا سيما النفط والغاز، التي تُعد مورداً غير متجدد وتخضع لتقلبات الأسواق العالمية. إن توسيع الاعتماد على الطاقة المنتجة محلياً من مصادر شمسية مستدامة يقلل من التعرض للمخاطر الجيوسياسية المرتبطة بسلاسل الإمداد الطاقى.
- يُسهم هذا التوجه في دعم التزامات المملكة المناخية الدولية، خاصة اتفاقية باريس للمناخ، من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن قطاع الكهرباء، والذي يُعد من بين القطاعات الأكثر استهلاكاً للوقود الأحفوري. وتشير الدراسات إلى أن اعتماد الطاقة الشمسية في المنازل يمكن أن يخفض البصمة الكربونية للفرد بشكل ملحوظ، بما ينعكس إيجاباً على مؤشرات الأداء البيئي للدولة.
- يشكل قطاع الطاقة الشمسية مصدراً مهماً لخلق فرص العمل، من خلال فتح مجالات جديدة في سوق العمل المحلي تشمل تصميم وتركيب وصيانة الأنظمة الكهروضوئية، إلى جانب الخدمات اللوجستية والدعم الفني والتدريب. وتشير التقديرات إلى أن كل ميغاواط من الطاقة الشمسية المضافة قد يخلق ما يقارب 30 إلى 40 فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة، مما يسهم في تنويع الاقتصاد وتوطين المعرفة.
- ينعكس اعتماد الطاقة الشمسية إيجابياً على جودة الحياة للمواطنين، من خلال تخفيض فواتير الكهرباء، وتمكين الأسر من الاعتماد على مصادر نظيفة ومستدامة، مما يخلق بيئة صحية ويقلل من التلوث الهوائي المرتبط بمحطات التوليد التقليدية.

استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني

يتضح من خلال ما سبق أن استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني يُعد خياراً استراتيجياً مدعوماً بإمكانات طبيعية كبيرة، وسياسات تنظيمية مشجعة، واهتمام متزايد على المستويين الحكومي والمجتمعي. ورغم وجود عدد من التحديات المرتبطة بالتكلفة الأولية، والوعي المجتمعي، والبنية التحتية الفنية، فإن الدراسات تُجمع على أن الفوائد طويلة المدى—سواء الاقتصادية أو البيئية أو الاجتماعية—تفوق هذه المعوقات بشكل كبير.

ويُعد هذا المتغير مدخلاً أساسياً لفهم مدى تأثير أنظمة الطاقة الشمسية على استدامة الطاقة في القطاع السكني، من حيث تقليل الاعتماد على الشبكات التقليدية، وتخفيض الانبعاثات، وتحقيق استقلال طاقى للأسر، وهو ما تركز عليه هذه الدراسة عند تحليل العلاقة بين استخدام الطاقة الشمسية ودرجة استدامة الطاقة في البيئات السكنية السعودية.

هذه المعطيات النظرية والتطبيقية تشكّل أرضية صلبة للانتقال إلى المتغير التابع، ألا وهو استدامة الطاقة، وتحليل أبعادها المختلفة، وقياس مدى تأثيرها باستخدام الطاقة الشمسية كأداة رئيسية لتحقيق التحول نحو أنظمة سكنية مستدامة بيئيًا واقتصاديًا.

استدامة الطاقة في القطاع السكني

تُمثل استدامة الطاقة أحد المرتكزات الجوهرية في الخطاب العالمي بشأن الطاقة والبيئة، وتُعنى بتحقيق التوازن بين تلبية احتياجات الطاقة في الحاضر، والحفاظ على قدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها المستقبلية. وترتدأ أهمية هذا المفهوم في المملكة العربية السعودية بالتزامن مع التحول الاقتصادي والبيئي الذي تقوده الدولة، ضمن أهداف رؤية 2030 الرامية إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتعزيز مصادر الطاقة النظيفة.

وقد عرّف IEA (2022) الاستدامة الطاقية بأنها: "ضمان وصول الجميع إلى طاقة حديثة، موثوقة، ومستدامة بتكلفة ميسورة، دون التأثير سلبيًا على البيئة أو الاقتصاد" (IEA, 2022, p. 13). في السياق السكني، يُقصد باستدامة الطاقة قدرة المنازل على استخدام موارد متجددة ونظيفة، بكفاءة عالية، تسهم في تقليل الأعباء البيئية وتحسين جودة الحياة.

أبعاد استدامة الطاقة في القطاع السكني

تُعد استدامة الطاقة مفهومًا متعدد الأبعاد يتجاوز مجرد تأمين إمدادات الطاقة، ليشمل الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية ذات العلاقة بكيفية إنتاج واستهلاك الطاقة على نحو يضمن تلبية احتياجات الحاضر دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها. وفي السياق السكني، تُعد هذه الأبعاد أدوات تحليلية فعالة لفهم مدى تحقيق الاستدامة داخل الوحدات السكنية، كما تساعد في تقييم السياسات والبرامج المعنية بتعزيز كفاءة الطاقة والاعتماد على مصادر متجددة.

البعد البيئي

يركز على تقليل الانبعاثات وتحسين جودة الهواء من خلال تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية. وقد أشار Alzahrani & Riffat (2023) إلى أن "دمج الطاقة الشمسية في الوحدات السكنية يؤدي إلى خفض فوري في البصمة الكربونية، وتحسين ملحوظ في الأداء البيئي"

ويُعد اعتماد الطاقة الشمسية في المنازل أحد الحلول العملية لتحقيق هذا البعد، لما لها من دور فعال في تقليل البصمة الكربونية، وتعزيز جودة الهواء، والحد من الضوضاء والانبعاثات الناتجة عن محطات التوليد التقليدية.

البعد الاقتصادي

يتعلق بتقليل فواتير الكهرباء وزيادة الكفاءة المالية للأسر، وتعزيز قيمة العقارات. إضافة إلى تقليل أعباء الدعم الحكومي لقطاع الطاقة، ما يتيح توجيه الموارد إلى مشاريع تنموية. دراسة AISaffar et al. (2022) أوضحت أن "تحقيق الجدوى الاقتصادية للطاقة المتجددة في المنازل يتحقق خلال فترة استرداد لا تتجاوز 7 سنوات في معظم المناطق"

السعودية" وبالتالي توجيه هذه الموارد نحو مشاريع تنموية أخرى. ويُعد هذا البعد محفزاً رئيسياً لتبني الطاقة الشمسية، خاصة في ظل ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة في القطاع السكني السعودي.

البعد الاجتماعي

يركز على تحسين نوعية الحياة للسكان من خلال إتاحة الطاقة النظيفة والمستدامة للجميع، وتقليص مظاهر "الفقر الطاقوي"، الذي يُعرّف بعدم قدرة بعض الشرائح الاجتماعية على تحمل تكاليف الحصول على الطاقة الآمنة والمستمرة. كما يشمل هذا البعد توفير بيئة سكنية أكثر راحة وصحة من خلال الاعتماد على مصادر طاقة نظيفة، مع تقليل الاعتماد على مصادر ملوثة قد تؤثر سلباً على صحة السكان وسلامتهم. علاوة على ذلك، يساهم هذا البعد في تمكين المجتمعات من تحقيق استقلالية طاقية تُعزز من أمنهم الاجتماعي.

أهمية استدامة الطاقة في السياق السعودي

نظراً للزيادة السكانية والنمو الحضري المتزايد في المملكة العربية السعودية، تعد الاستدامة الطاقية محوراً رئيسياً في السياسة الوطنية؛ خصوصاً فيما يتعلق بالإسكان، وهو القطاع الأكثر استهلاكاً للطاقة، حيث يستهلك حوالي 50% من إجمالي الكهرباء الوطنية.

تلاعب بعض العوامل دوراً في هذا الاستهلاك المرتفع، ومنها المناخ الحار والنماذج التقليدية للبناء التي تقتصر إلى كفاءة الطاقة، بالإضافة إلى الأجهزة الكهربائية غير الموفرة للطاقة [37، 53].

تحت هذا الواقع، نحتاج إلى إعادة التفكير في كيفية استهلاكنا للطاقة عندما تكون هذه الآلات المستهلكة للطاقة موجودة داخل منازلنا عن طريق تطبيق سياسات وتقنيات معقولة يمكننا من إيجاد توازن بين تلبية احتياجات السكان من الطاقة بشكل يومي دون المساومة على الأهداف طويلة الأمد للتنمية المستدامة.

في هذا الإطار، تمثل الاستدامة الطاقية أداة قوية لإعادة هندسة قطاع الإسكان لتحقيق كفاءة أكبر وقابلية للتحمل واستدامة.

وفقاً لدراسة أجراها الزهراني ورفعت (2023)، تم التأكيد على أن الاستدامة الطاقية في الوحدات السكنية لا يمكن أن تأتي فقط من الجانب البيئي وأن هناك أبعاداً اقتصادية واجتماعية حرجية لتحقيق هذا الهدف.

أكدت الدراسة تمكين أمن الطاقة من خلال استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل أنظمة الطاقة الشمسية الفوتوفولتية، وتقليل الضغط على الشبكات الوطنية، وزيادة الوعي البيئي العام.

خلصت الورقة إلى أن هذه الأنظمة لها وظيفة تقليل كمية الانبعاثات الكربونية، ومع ذلك، فإن هذه الأنظمة التي تساعد على تقليل الفواتير لها أيضاً وظيفة تحسين ظروف البناء لتوفير جودة حياة أفضل.

في دراسة مماثلة، أظهرت السابر وآخرون (2022) أن مصدر الطاقة النظيفة لا يضمن الاستدامة الطاقية السكنية. إنه يعتمد على تضمين حلول تصميم وتقنية مثل أنظمة العزل الحراري الكافية، واستخدام الإضاءة الطبيعية، وتطبيق أنظمة التحكم الذكية في استهلاك الكهرباء.

وأبرزت الدراسة كيف أن تفاعلهم الجماعي شرط مسبق لتحقيق كفاءة طاقة أكبر واستدامة سكنية حقيقية على مستوى الفرد والمجتمع.

تعد الاستدامة الطاقية في السعودية إحدى الركائز الأساسية لضمان تحقيق أهداف رؤية 2030 المتعلقة بمحورها البيئي والاقتصادي. وهي أيضاً نقطة انطلاق لزيادة كفاءة الطاقة في قطاع الإسكان، وتخفيض التكاليف، وزيادة رفاة السكان وضمان الاستخدام العادل والمسؤول للموارد.

التحديات المرتبطة بتحقيق استدامة الطاقة في القطاع السكني

أظهر العمل في إطار هذا الهدف عدداً من الصعوبات الهيكلية والسلوكية التي تعيق انتشار وتطبيق مفهوم استدامة الطاقة في القطاع السكني كما هو مطلوب، على الرغم من الجهود الجبارة التي تبذلها المملكة العربية السعودية للتحويل نحو نظام طاقة مستدام شامل.

- المشكلة الأولى تتبع من كثافة الطاقة للمباني التقليدية، بمعنى آخر من الاعتماد المفرط على أنظمة التكييف والتدفئة، ومستوى العزل الحراري غير الكافي، وتصميم معماري لا يتبع مبادئ البناء المستدام. تُظهر الإحصاءات أن عدداً كبيراً من المنازل القائمة غير كفؤة من ناحية الطاقة، مما يخلق عبءاً إضافياً على شبكة الكهرباء الوطنية.
- لا يوجد التزام بالمعايير البيئية ومعايير كفاءة الطاقة، خاصة في مشاريع الإسكان القديمة التي لم تُبنى وفقاً لأحدث الأكواد الإنشائية ولا تعتمد على مواد أو تقنيات تساهم في تحقيق الاستدامة. هيكلياً، يجعل هذا النقص من الصعب إعادة تأهيل هذه المباني لتعمل بطرق مستدامة عصرية.
- الناس لا يزالون غير مدركين حتى للمفهوم العلمي الأساسي لاستدامة الطاقة من منظور شريحة من السكان، أي أن هناك أشخاصاً يعتقدون أن الاستدامة هي عامل بيئي عام فقط، لأنهم لا يدركون أن هناك جوانب اقتصادية واجتماعية ذات صلة بالاستدامة، مثل توفير في فواتير الطاقة أو تحسين جودة الحياة. يمكن أن يؤثر هذا الجهل على تكييف سلوك الناس مع الحفاظ على الطاقة أو عدم رغبتهم في الاستثمار مقدماً في تقنيات مثل أنظمة الطاقة الشمسية.

استدامة الطاقة والمتغيرات الأخرى

تحقيق الاستدامة في مجال الطاقة هو نتيجة معقدة للتشابك بين عدة عوامل، والتي يعتبر أهمها استخدام مصادر الطاقة المتجددة، خصوصاً الطاقة الشمسية التي تعد واحدة من أهم العوامل التي تساهم بشكل مباشر في تحقيق الاستقرار في الطاقة والبيئة والاقتصاد، وخاصة في القطاع السكني. يتمحور تركيزنا في هذه الدراسة حول هذا التفاعل، والذي يهدف إلى تقييم تأثير استخدام الطاقة الشمسية أو المصادر البديلة بدلاً من التقليدية على استدامة الطاقة في المنازل السعودية.

يرتكز الأساس النظري الرئيسي لهذا التحليل على نظرية التنمية المستدامة، التي تشير إلى أنه يجب أن يكون هناك توازن بين احتياجات التنمية الحالية والموارد البيئية للأجيال المستقبلية. من خلال هذه الأسس، يُعتبر الاستهلاك

المسؤول للموارد والتأثير البيئي طويل الأجل والعدالة في توزيع الطاقة هي الروابط الأقوى التي تُحدد الأنظمة التي سيتم فيها تحقيق الاستدامة أو تعزيز عدم الاستدامة.

تعمل هذه الفرضية أيضًا كإطار للتحليل لفهم تأثير استخدام الطاقة الشمسية على جوانب متعددة من استدامة الطاقة، سواء كان ذلك يتعلق بكفاءة استهلاك الكهرباء أو تخفيض الانبعاثات الضارة أو تحسين الوضع المالي للعائلات (بسبب انخفاض فواتير الطاقة الكهربائية). لذلك، فإن فهم هذا المتغير يعد أمرًا حاسمًا لتقييم نجاح التحول في مجال الطاقة في سياق القطاع السكني وقدرته على الانتقال من نموذج الاستهلاك التقليدي إلى نموذج أكثر استدامة وقائم على الطاقة المتجددة.

بناءً عليه، تسعى المراحل التحليلية اللاحقة لهذه الدراسة إلى تقييم التأثير الحقيقي لاستخدام الطاقة الشمسية على مؤشرات استدامة الطاقة في سياق المنازل السعودية، أي ربط النتائج التجريبية بالنموذج النظري وتقديم مبرر علمي لنتائجهم في ضوء الأدبيات الحالية والنظريات ذات الصلة.

الدراسات السابقة: التحليل والمقارنة والفجوة البحثية

يشكل تحليل الدراسات السابقة خطوة جوهرية في أي دراسة علمية، فهو لا يهدف فقط إلى استعراض ما تم إنجازه في مجال البحث، بل يتعدى ذلك إلى مقارنة المنهجيات والنتائج والنطاقات الزمنية والجغرافية، وتحديد أوجه التداخل والاختلاف مع الدراسة الحالية. ويغطي هذا القسم دراسات تناولت كلاً من استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني، واستدامة الطاقة، لا سيما في السياق السعودي أو في بيئات مشابهة من حيث المناخ والسياسات الطاقية. كما يُركز هذا القسم على تحليل الفجوة البحثية التي تسعى هذه الدراسة إلى سدها.

دراسات تناولت استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني

شهدت السنوات الأخيرة تزايداً ملحوظاً في الاهتمام باستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني داخل المملكة العربية السعودية، وذلك في إطار التحولات الاستراتيجية نحو الاستدامة وتنويع مصادر الطاقة، خصوصاً ضمن أهداف رؤية المملكة 2030. وقد تنوعت الدراسات في هذا المجال ما بين دراسات فنية، واقتصادية، واجتماعية، هدفت جميعها إلى تقييم فرص وتحديات تطبيق الطاقة الشمسية في البيئة السكنية السعودية.

أولاً: الإمكانيات التقنية والجغرافية

أظهرت دراسة أعدها القارني وأوستي (2018) أن المملكة لديها إمكانات ممتازة لتوليد الطاقة الشمسية بسبب المعدل العالي للإشعاع الشمسي السنوي والمساحات الكبيرة المتوفرة على أسطح المباني السكنية. وفي تدعيم للثقة بالطاقة المتجددة، طبقت الدراسة تحليلاً لنظام المعلومات الجغرافية (GIS) للعثور على أفضل الأماكن لتركيب أنظمة الطاقة الشمسية، وخاصةً في المواقع الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية.

وبالمثل، استخدم الصباغ (2020) نموذجاً مالياً لفحص جدوى وضع أنظمة الطاقة الشمسية على أسطح المدن مثل الرياض وجدة. وفقاً للنتائج، أظهرت أن فترة استرداد التكلفة للنظام لا تتجاوز خمس سنوات، مما يعني أن الاستثمار في الطاقة الشمسية في المدى المتوسط هو اقتصادياً مجدياً، خصوصاً في المنازل التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة وذات فواتير كهرباء باهظة.

ثانياً: العوامل المؤثرة على التبني المجتمعي

اجتماعياً، درس العتيبي (2020) العوامل التي تسهم في تبني الطاقة الشمسية من قبل الأسر السعودية، بما في ذلك الاهتمام البيئي، والثقة في التكنولوجيا والمساعدة الحكومية. وقال إن الأسر التي تعيش في مناطق ذات تكلفة كهرباء مرتفعة تكون أكثر احتمالاً لتبني الأنظمة الشمسية.

وفقاً لدراسة أجراها الملهم والفاهد (2021)، فإن الفوائد المقدمة من تبني الطاقة الشمسية ليست فقط محددة بأرقام اقتصادية أو بعوامل بيئية، بل هناك أيضاً عوامل ثقافية وقيمية، مثل التصورات الدينية والاجتماعية للطاقة والمكان. وذكر الباحثون أن الحملات التوعوية ينبغي أن تكون متوافقة مع القيم الثقافية للمجتمع السعودي.

ثالثاً: التحديات الفنية والتشريعية

وفقاً لرحمن والهاشمي (2021)، فإن أحد الحواجز الرئيسية التي تمنع التطبيق الواسع للطاقة الشمسية في القطاع السكني هو تكلفة الاستثمار الأولي الكبيرة بالإضافة إلى المعرفة الفنية المحدودة فيما يتعلق بمتطلبات الصيانة. واقترحت الدراسة الإعلان عن سياسات اقتصادية إيجابية تحفز المواطنين، مثل الإعفاءات الضريبية والقروض المصرفية المدعومة.

بالانتقال إلى الجانب الفني، ذكر الفلاحي والخطيب (2019) أن هناك عوائق فنية مثل عدم وجود تشريعات إلزامية لتركيب الأنظمة الشمسية في المباني السكنية، ومكونات ذات جودة منخفضة في الأسواق المحلية، وآليات صيانة غير فعالة. كما أوصت بتطوير كود بناء للطاقة الشمسية السكنية، متوافق مع أكواد البناء الوطنية.

رابعاً: تحليل الأداء الفعلي والاستفادة الاقتصادية

قامت الدراسة التي أجراها السفير وآخرون (2022) بتقييم تجريبي لبعض المنازل التي تم تركيب أنظمة شمسية لها، ولاحظت أن هذه الأنظمة ساهمت في تقليل استهلاك الكهرباء من الشبكة بنسبة تصل إلى 50%، بالإضافة إلى انخفاض كبير في فاتورة الكهرباء الشهرية في الصيف بشكل خاص.

أظهرت الدراسة أيضاً أنه عند دمج الطاقة الشمسية مع حلول التصميم الذكية مثل العزل الحراري يمكن تحقيق كفاءة مضاعفة للطاقة في المنزل.

الدراسة التي اكتشفت علاقة أجريت بواسطة الخياط (2022) ودرست تأثير أنظمة القياس الصافي المختلفة على تحفيز المواطنين في السعودية للاستثمار في الطاقة الشمسية. جميع هذه العوامل تساهم في تقليل فعالية هذه السياسات في

توجيه القطاع السكني نحو الطاقة المتجددة، وخلصت الدراسة إلى أن السبب هو نقص الحوافز التسعيرية الواضحة والسياسات الداعمة المستدامة.

دراسات تناولت استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني

شهدت السنوات الأخيرة تزايداً ملحوظاً في الاهتمام باستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني داخل المملكة العربية السعودية، وذلك في إطار التحولات الاستراتيجية نحو الاستدامة وتنويع مصادر الطاقة، خصوصاً ضمن أهداف رؤية المملكة 2030. وقد تنوعت الدراسات في هذا المجال ما بين دراسات فنية، واقتصادية، واجتماعية، هدفت جميعها إلى تقييم فرص وتحديات تطبيق الطاقة الشمسية في البيئة السكنية السعودية.

أولاً: الإمكانيات التقنية والجغرافية

القدرات التقنية والجغرافية وفقاً لدراسة أجراها الجارني وأواستي (2018)، فإن المملكة لديها إمكانيات مثالية لتوليد الطاقة الشمسية بسبب المعدلات العالية للإشعاع الشمسي السنوي، بالإضافة إلى أن أسطح المباني السكنية واسعة بما فيه الكفاية. درست البحث تحليل المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد أفضل المناطق المرشحة لأنظمة الطاقة الشمسية، ولكنه ركز بشكل رئيسي على المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية.

تم إجراء دراسات مماثلة في هذا السياق، على سبيل المثال، استخدم الصباغ (2020) نموذجاً مالياً لتقدير جدوى تركيب أنظمة الطاقة الشمسية على الأسطح في مدن مثل الرياض وجدة. ومن النتائج تم التأكيد أن فترة استرداد تكلفة النظام لا تزيد عن خمس سنوات حيث إنه من المجدي اقتصادياً الاستثمار في الطاقة الشمسية على المدى المتوسط حيث إن فواتير الكهرباء في المنازل التي تستهلك قيمة عالية للطاقة تزداد.

ثانياً: العوامل المؤثرة على التبني المجتمعي

حدد العتيبي (2020) العوامل المؤثرة في تبني الأسر السعودية للطاقة الشمسية اجتماعياً، مثل الوعي البيئي، الثقة في التكنولوجيا، ودعم الحكومة. ولكنه وجد أن الأسر في المناطق ذات فواتير الكهرباء المرتفعة أكثر احتمالاً لتركيب الأنظمة الشمسية.

بينت الأبحاث التي أجراها الملهم والفهيد (2021) أن قبول المجتمع للطاقة الشمسية يعتمد على أكثر من العوامل الاقتصادية أو البيئية وحدها، بل يتطلب اعتبارات ثقافية وقيمية — تحديداً، التصورات الدينية والاجتماعية للطاقة والمكان. وأثبتت النتائج أن برامج التوعية يجب أن تكون متوافقة مع القيم الثقافية للمجتمع السعودي.

ثالثاً: التحديات الفنية والتشريعية

تم تحديد الحواجز التقنية بشكل متسق مع الأدبيات. مثلاً، يشير رحمن والهدري (2021) إلى أن أكبر عائق أمام الطاقة الشمسية في القطاع السكني هو التكلفة الإجمالية للتركيب في البداية، جنباً إلى جنب مع نقص المعرفة التقنية بمتطلبات الصيانة.

اقترحت الدراسة إنشاء سياسات مالية مشجعة، مثل الإعفاء من الضرائب والقروض المدعومة للمواطنين.

من الناحية التقنية، تناولت دراسة الفلاحي وخطيب (2019) القضايا التقنية التي تواجه تركيب الطاقة الشمسية في المباني السكنية، بما في ذلك غياب التشريعات الملزمة، والتباين في جودة المكونات المتاحة في السوق، والافتقار إلى آليات الصيانة الفعالة.

واقترحت أن تطوير الكود الوطني للمباني التجارية مع أحكام لنشر الطاقة الشمسية في المباني السكنية هو أمر ضروري.

رابعاً: تحليل الأداء الفعلي والاستفادة الاقتصادية

أجرى الباحثون السافر وآخرون (2022) دراسة تجريبية على عدد من المنازل المثبتة بأنظمة الطاقة الشمسية، والتي أظهرت أن التركيبات الشمسية ساهمت في تقليل استخدام الكهرباء من الشبكة بنسبة تصل إلى 50٪ وخفضت فواتير الكهرباء الشهرية بشكل ملحوظ، وخاصة في فصل الصيف. ووضحت الدراسة أن دمج الطاقة الشمسية مع حلول التصميم مثل العزل الحراري يمكن أن يضاعف كفاءة الطاقة في المنازل.

لدراسة تأثيرات نظام القياس الصافي في تشجيع المواطنين السعوديين على الاستثمار في الطاقة الشمسية، أجرى الخياط (2022) دراسته التي خلصت إلى أن عدم وجود حوافز مالية وعدم وجود سياسات دعم مستدامة يحد من فعالية هذه السياسات في تحويل القطاع السكني نحو الطاقة المتجددة.

توضح كلتا الدراستين وجود توافق علمي حول أهمية وجدوى الطاقة الشمسية في القطاع السكني السعودي، معبرة عن الإمكانيات الجغرافية والاقتصادية، بالإضافة إلى المزايا البيئية. ومع ذلك، لا تزال التحديات قائمة، وخاصة فيما يتعلق بسياسات التمويل، والبنية التحتية التقنية، والوعي المجتمعي، مما يظهر الحاجة إلى نموذج شامل يدمج تفاعل هذه العوامل.

لذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تقديم معرفة أكثر تماسكاً حول إمكانيات استخدام الطاقة الشمسية نحو تحقيق الطاقة المستدامة في البيئة السكنية، من خلال ربط مفاهيم الطاقة الشمسية ضمن نموذج نظري وتحليلي متكامل للاستدامة الطاقوية، مما يفتح فجوة كانت البحوث السابقة تركز غالباً على بعض الجوانب (أي التقنية أو الاقتصادية) دون النظر في مفاهيم أخرى.

دراسات تناولت استدامة الطاقة في السياق السكني

إن استدامة الطاقة في القطاع السكني قد أثارت اهتماماً متزايداً في الدراسات العلمية نظراً للتحديات التي تواجه المملكة العربية السعودية، لا سيما الاستهلاك المرتفع للطاقة، والضغوط البيئية، وضرورة تحسين أمن الطاقة. تعد الكفاءة في استغلال الطاقة، وأنظمة التصميم الذكية، ومصادر الطاقة المتجددة أهدافاً بحثية رئيسية تم توسيع نطاقها في الأدبيات الأخيرة، خاصة في القطاع السكني الذي يُعد من بين القطاعات الأكثر استهلاكاً للطاقة.

أظهرت دراسة (2024) أن تطبيق كود البناء السعودي هو خطوة حاسمة نحو خفض استهلاك الطاقة في الوحدات السكنية. وقد كانت النتائج الإيجابية للالتزام بمعايير الكفاءة في استهلاك الطاقة ونسبة خفض استهلاك الكهرباء تصل إلى ما بين 25% إلى 35% دون التأثير على الجودة التصميمية والرفاهية. وأوصت الدراسة بالتطبيق الواسع للكود في مشاريع التنمية السكنية الجديدة.

في دراسة حديثة أجراها بغداددي وأبو حسين (2025) تم تقييم تأثير أنظمة التظليل الأفقي والرأسي المتكاملة مع الألواح الشمسية في المباني السكنية بالرياض وأبها لاستكشاف المزيد من إمكانيات الطاقة الشمسية ضمن إطار الهندسة المعمارية المتكاملة. وأثبتت النتائج المستخلصة من المحاكاة الرقمية الأداء الحراري والطاقوي الأفضل لأنظمة التظليل المتكاملة من حيث انخفاض الحمل الحراري وتحقيق تخفيض في الطلب على التبريد.

كذلك، تم تنفيذ دراسة أخرى من قبل كداس وآخرون (2024) لنظام ذكي صُمم للتنبؤ باستهلاك الطاقة في مجمعات المدينة السكنية ببشة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. وقد تم التحقق من أن هذه الأنظمة قادرة على التعامل مع الأحمال وتسهيل تكاليف الطاقة الذكية مما يساعد في استدامة الاستهلاك على مستوى الأسر.

علاوة على ذلك، طور الميهندي وآخرون نموذجاً متكاملًا لإدارة الطاقة والمياه لمدينة الرياض استناداً إلى نظام توليد مشترك وتحكم ديناميكي (2025). وقد نجح هذا النموذج في خفض استخدام الطاقة بأكثر من 40% مما يشكل تحولاً رئيسياً لفكرة المجتمعات المستدامة.

أجريت دراسة من قبل العيامي وآخرون (2025) حول تطبيق الأنظمة الكهروضوئية المدمجة في المباني (BIPV)، حيث يساهم تركيب الأنظمة الشمسية مباشرة على عناصر المباني في تقليل الانبعاثات لتحقيق الأهداف البيئية للمملكة في إطار الالتزامات الدولية لاتفاق باريس.

بشكل منفصل، أجرت العليشان (2025) دراسة تناولت التحديات المرتبطة بالمباني القائمة، مشيرةً إلى أن جزءاً كبيراً من المساكن القديمة تقتصر على العزل الحراري وتحتوي على أجهزة منخفضة الكفاءة، مما يعوق تحقيق أهداف استدامة الطاقة. ويستلزم ذلك استخدام برامج تحسين كفاءة الطاقة للمباني.

قدمت دراسة قام بها سليمان وآخرون (متوفرة منذ عام 2025) تحليلاً مقارناً بين التجربة السعودية والبريطانية في بناء الوحدات السكنية منخفضة الاستهلاك للطاقة. أظهرت الدراسة أن المملكة قد حققت تطوراً تقنياً كبيراً ولكن لا يزال من الضروري تعزيز وعي المجتمع وفرض اللوائح والمعايير البيئية بشكل إلزامي.

تُظهر الدراسات السابقة أن استدامة الطاقة السكنية في المملكة لا يمكن معالجتها دون اتباع نهج متكامل يجب أن يشمل التصميم الفعال، والتحكم الذكي، والتقنيات المتجددة، والسياسات التمكينية. ومع ذلك، تبرز الدراسات أن الكتاب المعنيين أكدوا أن جميع جوانب نموذج الاستدامة يجب أن تكون متكاملة وتركز على إزالة الحواجز التشريعية والتقنية، بالإضافة إلى تشجيع ثقافة الاستهلاك المستدام بين السكان.

تُعد هذه الدراسات أساساً رئيسياً يوفر سياقاً لمنازل السعودية، مما يؤدي إلى مزيد من التحليل بشأن استخدام الطاقة الشمسية كمصدر متجدد لتحقيق مؤشرات الاستدامة الطاقوية في المنازل السعودية خلال فترة ما زالت فيها الأطر النظرية والعملية للانتقال إلى الطاقة المستدامة قيد التطوير.

مناقشة الدراسات السابقة: أوجه الاتفاق والاختلاف

من خلال مراجعة وتحليل الدراسات التي تناولت موضوع استدامة الطاقة في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية، يمكن استخلاص عدد من أوجه الاتفاق والاختلاف التي تُشكّل مرجعية معرفية مهمة لتوجيه الدراسة الحالية، وتوضيح موقعها من الأدبيات العلمية السابقة.

أولاً: ما اتفقت عليه الدراسات السابقة

الدراسات السابقة، رغم استخدامها منهجيات مختلفة وتناولها سياقات متباينة، أظهرت توافقاً على عدد من المبادئ التي تحدد الأساس للاستدامة الطاقية في البيئة السكنية. هذا المبدأ ببساطة هو أن الاستدامة لا يمكن تحقيقها عبر مصدر طاقة واحد بحد ذاته، بل يجب أن تكون تقارباً بين الطاقة المتجددة، التصميم الذكي، إدارة الحمولة الذكية وتغيير سلوك المستهلك.

تُشير الدراسات الحديثة (مثل: اللهيم، 2024؛ بغدادي وأبو حسين، 2025) إلى أن أفضل العوامل التي تؤثر على التوفير الطاقوي والكفاءة تتبع المعايير التقنية والتصميمية المساعدة للمعايير التقنية أو المعمارية، مثل العزل الحراري وتوجيه المباني. وقد وضع العيامي وآخرون (2025) هذا الاتجاه، مؤكدين على دمج أنظمة الطاقة الشمسية مبكراً في عملية تصميم المباني ذات الكفاءة الطاقية.

في هذا السياق، أكدت دراسات مختلفة أن هذا القطاع يأتي كالمحور الأول في معادلة التحول الطاقوي في المملكة، ولا سيما أن هذا القطاع يستهلك النسبة الأكبر من الكهرباء بين القطاعات المختلفة، مما يجعله المجال الأكثر ملاءمة لتطبيق استراتيجيات الاستدامة الطاقية. وتبرز الدراسات أهمية دور الأفراد وسلوكهم الاستهلاكي وتُشير إلى أنه مهم بقدر أهمية الخصائص التقنية، حيث إن الوعي العام، والممارسات اليومية في استخدام الطاقة، والقبول الاجتماعي للتقنيات الحديثة هي مكونات حاسمة لنجاح أو فشل سياسات الاستدامة.

وعلاوة على ذلك، تتفق الأدبيات على أن موازنة الأبعاد الثلاثة للاستدامة — البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية — ضرورية لتطوير نماذج فعالة عن استدامة الطاقة. على سبيل المثال، تدعم الدراسات مثل الموجودة في [6] هذه الفكرة (2025)، حيث أُعتبر الرابط بين الطاقة والمياه كنموذج مورد متكامل.

ثانياً: ما اختلفت فيه الدراسات السابقة

بالرغم من هذا الاستنتاج المتشابه نسبياً، اختلفت الدراسات في عدة جوانب منهجية ومضمونية لها تأثيرات على مدى ونطاق نتائجها.

أحد هذه الجوانب هو المنهج البحثي الذي تم استخدامه؛ حيث استخدمت بعض الدراسات الحديثة مثل دراسة كدسه وآخرين أدوات الذكاء الاصطناعي والنمذجة الرقمية لتوقع الاستهلاك وتحليل كفاءة النظام، بينما اعتمدت الأعمال على الأساليب الوصفية التقليدية ودراسة بيانات الميدان دون استخدام النمذجة أو أي تفسير رياضي.

كذلك، اختلفت الدراسات في التغطية الجغرافية والتكوين الديموغرافي الذي ركزت عليه. اختلفت النتائج والتوصيات بسبب التنوعات في الهيكل الحضري، ووعي المجتمع، والبنية التحتية في مدن رئيسية مثل الرياض وجدة مقارنة بمنطقة أصغر مثل محافظة بيشة.

علاوة على ذلك، كان هناك تباين فيما يتعلق بمدى شمولية مفهوم الاستدامة المعروض بما يتماشى مع الحلول المقدمة؛ حيث ذكرت معظم الدراسات الأبعاد الاقتصادية والبيئية للاستدامة، لكنها أغفلت أو أعطت أهمية بسيطة للبُعد الاجتماعي للاستدامة، وهو أحد العناصر الأساسية فيما يتعلق بكفاءة التدخلات في الطاقة المستدامة، خاصة لحلول الطاقة الشمسية في المنازل من قبل المجتمعات.

وبالإضافة إلى ذلك، اكتفت عدة دراسات بالتقييم النظري أو التجريبي لتقنيات محددة دون الربط بهيكل نظري متكامل يظهر كيف تؤثر هذه التقنيات على مؤشر استدامة الطاقة. تحاول الدراسة الحالية حل هذه المشكلة من خلال بناء نموذج يربط بين استخدام الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة البديلة وتحقيق الاستدامة الشاملة في القطاع السكني من منظور يشتمل على كل من النظرية والنهج التطبيقي.

الفصل الثالث

منهجية الدراسة

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

يمثل هذا الفصل الركيزة التطبيقية للدراسة، حيث يعرض المنهجية العلمية التي تم اتباعها من أجل اختبار فرضيات البحث وتحقيق أهدافه. وتستند هذه المنهجية إلى التحديد الدقيق لطبيعة الدراسة، وتصميمها، والمجتمع والعينة المستهدفة، إلى جانب الأدوات المستخدمة في جمع البيانات وتحليلها. كما يوضح الفصل المعايير التي تم الاستناد إليها في اختيار الأساليب الإحصائية المناسبة، وحدود الدراسة سواء الزمانية أو المكانية أو الموضوعية.

وقد تم تصميم هذا الفصل بما يحقق التكامل بين الإطار النظري، ومراجعة الأدبيات السابقة، والواقع الميداني الذي تستند إليه الدراسة، وذلك لضمان الاتساق بين مكونات البحث وتحقيق أعلى درجات المصداقية والموثوقية العلمية.

منهج الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يُعد من أكثر المناهج ملاءمةً لتحليل الظواهر الاجتماعية والاقتصادية المعاصرة، من خلال جمع البيانات الميدانية، وتحليلها إحصائيًا بهدف تفسير العلاقات بين المتغيرات. ويُستخدم هذا المنهج بشكل خاص في الدراسات التي تسعى إلى فهم واقع معين كما هو، والتنبؤ بعلاقاته واتجاهاته المستقبلية.

في هذا السياق، يتوافق المنهج الوصفي التحليلي مع طبيعة الدراسة الحالية التي تسعى إلى تحليل أثر استخدام الطاقة الشمسية في المنازل على استدامة الطاقة في القطاع السكني، وذلك من خلال جمع البيانات من عينة من السكان السعوديين، وتحليلها لمعرفة مدى تأثير استخدام تقنيات الطاقة الشمسية على أبعاد الاستدامة البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية.

أهداف المنهجية في هذه الدراسة:

وصف الواقع الحالي لاستخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني.

قياس مستوى تحقق الاستدامة الطاقية لدى الأسر المشاركة.

تحليل العلاقة الإحصائية بين المتغيرين (استخدام الطاقة الشمسية ← استدامة الطاقة).

اختبار الفرضيات المتعلقة بتأثير الطاقة الشمسية على مؤشرات الاستدامة.

وقد تم تطوير أداة قياس (استبانة) شاملة لقياس المتغيرين، اعتمادًا على مؤشرات علمية مستندة إلى الأدبيات السابقة والنماذج النظرية ذات الصلة.

وبناءً على ذلك، تمثل هذه المنهجية إطارًا متكاملًا لجمع المعلومات الكمية، ومعالجتها إحصائيًا باستخدام حزمة البرامج SPSS، مما يتيح استخلاص نتائج دقيقة تدعم أهداف الدراسة وتسهم في بناء نموذج تفسيري مناسب للسياق السعودي.

مجتمع الدراسة والعينة

مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من جميع الأسر المقيمة في وحدات سكنية داخل المملكة العربية السعودية، وبشكل خاص أولئك الذين تتوفر لديهم الإمكانيّة أو التجربة المباشرة مع استخدام أنظمة الطاقة الشمسية، سواء من خلال تركيب الأنظمة فعليًا في منازلهم، أو من خلال المعرفة المسبقة والاهتمام بالتقنيات المستدامة للطاقة.

وقد تم اختيار هذا المجتمع نظرًا لارتباطه المباشر بموضوع الدراسة، حيث يُمثّل القطاع السكني أحد أكبر القطاعات استهلاكًا للطاقة الكهربائية، وهو ما يجعله بيئة مناسبة لقياس مدى فاعلية الاعتماد على الطاقة الشمسية في تحقيق استدامة الطاقة.

العينة

نظرًا لاتساع مجتمع الدراسة وصعوبة شمول جميع أفرادها، تم الاعتماد على العينة الغرضية (Purposive Sample) التي تم اختيارها وفقًا لمعيار محدد، وهو وجود اهتمام فعلي أو سابق باستخدام الطاقة الشمسية في المنازل، أو المعرفة بها والرغبة في استخدامها.

وتُعد هذه الطريقة مناسبة للدراسات التي تسعى إلى تحليل سلوك أو تجربة فئة محددة ضمن المجتمع الأوسع.

حجم العينة

تم تحديد حجم العينة استنادًا إلى معادلات تحديد العينة الإحصائية، وبما يتناسب مع أهداف الدراسة وإمكانياتها التطبيقية، حيث بلغ حجم العينة (200) مشارك من مناطق حضرية مختلفة (مثل: الرياض، جدة، المدينة المنورة، الدمام). وتمثّل هذه العينة تنوعًا جغرافيًا واقتصاديًا واجتماعيًا يساعد في الوصول إلى نتائج أكثر دقة وشمولية.

خصائص العينة

راعت الدراسة تنوع العينة من حيث:

الجنس (ذكور وإناث)

الفئة العمرية (من 25 إلى 60 عامًا)

مستوى الدخل (من منخفض إلى مرتفع)

نوع السكن (منزل مستقل، شقة، فيلا)

الحالة التقنية (تركيب فعلي للطاقة الشمسية أو معرفة فقط)

وقد تم جمع هذه المعلومات ضمن القسم الأول من الاستبانة لتوظيفها في تحليل الفروق بين الفئات المختلفة لاحقًا.

أداة الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على أداة الاستبانة كوسيلة أساسية لجمع البيانات من عينة الدراسة، وذلك نظرًا لملاءمتها لطبيعة البحث الوصفي التحليلي، وقدرتها على قياس وجهات نظر المشاركين تجاه موضوع الدراسة بطريقة كمية منظمة. وقد تم تصميم الاستبانة لتغطي متغيرين رئيسيين هما:

استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني (المتغير المستقل).

استدامة الطاقة بأبعادها البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية (المتغير التابع).

بناء الأداة

تم إعداد الاستبانة استنادًا إلى مراجعة شاملة للدراسات السابقة ذات الصلة بالطاقة المتجددة واستدامة الطاقة، مع الأخذ بعين الاعتبار نماذج القياس العالمية والتجارب المحلية في تصميم أدوات مماثلة. كما تم الاستفادة من مكونات الأدبيات النظرية مثل نظرية التنمية المستدامة، ونظرية كفاءة الطاقة، في اختيار المحاور والبندود.

مكونات الاستبانة

تتكوّن الاستبانة من ثلاثة محاور رئيسية:

المحور الأول: البيانات الديموغرافية

يشمل مجموعة من الأسئلة حول العمر، الجنس، الدخل الشهري، نوع السكن، والمنطقة الجغرافية، بالإضافة إلى سؤال حول ما إذا كان لدى الأسرة تركيب فعلي لنظام طاقة شمسية.

المحور الثاني: استخدام الطاقة الشمسية في السكن

يتضمن هذا المحور عددًا من البنود التي تقيس:

وعي المشاركين بالطاقة الشمسية.

مدى استخدامهم الفعلي للأنظمة الشمسية.

تصوراتهم حول التكلفة والعائد.

التحديات الفنية أو المجتمعية التي يواجهونها.

المحور الثالث: استدامة الطاقة في السكن

ويقاس هذا المحور أبعاد الاستدامة الثلاثة كما يلي:

البعد البيئي (مثل: تقليل الانبعاثات، تحسين كفاءة الموارد).

البعد الاقتصادي (مثل: تقليل التكاليف الشهرية، الجدوى الاقتصادية).

البعد الاجتماعي (مثل: تحسين جودة الحياة، توفر بيئة صحية).

وقد تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات المشاركين، حيث تراوحت الإجابات بين (1) = لا أوافق بشدة، و(5) = أوافق بشدة.

الصدق والثبات

أولاً: صدق الأداة

تم التأكد من صدق الأداة (Face and Content Validity) من خلال:

العرض على مجموعة من المحكمين الأكاديميين المتخصصين في الطاقة المستدامة والإحصاء التربوي، الذين قاموا بمراجعة البنود من حيث الوضوح والارتباط بالمتغيرات، وتم إجراء التعديلات المقترحة.

التحقق من الارتباط الداخلي بين البنود والدرجة الكلية لكل محور .

ثانياً: ثبات الأداة

تم حساب معامل الثبات باستخدام معادلة ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) على عينة استطلاعية قوامها (30) مشاركاً. وقد أظهرت النتائج ما يلي:

ثبات محور استخدام الطاقة الشمسية = 0.86

ثبات محور الاستدامة البيئية = 0.88

ثبات محور الاستدامة الاقتصادية = 0.84

ثبات محور الاستدامة الاجتماعية = 0.87

الثبات الكلي للأداة = 0.89

وتشير هذه القيم إلى أن الاستبانة تتمتع بمستوى عالٍ من الثبات والاتساق الداخلي، مما يؤهلها للاستخدام الميداني في جمع البيانات وتحقيق أهداف الدراسة.

خطوات جمع البيانات

تم تنفيذ عملية جمع البيانات في هذه الدراسة وفق خطوات منهجية منظمة، تضمن تحقيق أعلى درجات الدقة والموثوقية، وبما يتماشى مع أهداف البحث وتصميمه. وقد تضمنت الإجراءات ما يلي:

إعداد الاستبانة بصيغتها النهائية

بعد الانتهاء من تصميم الاستبانة الأولية ومراجعتها من قبل المحكمين، تم اعتماد الصيغة النهائية للأداة بعد إدخال التعديلات المقترحة من المختصين، وتصميمها إلكترونياً باستخدام نماذج Google Forms، بهدف تسهيل الوصول إلى المشاركين وتوفير استجابات دقيقة وموثقة.

اختيار العينة وتوزيع الأداة

تم اختيار عينة الدراسة البالغ عددها (200) مشارك من مناطق سكنية متنوعة في المملكة العربية السعودية، وراعت العينة تمثيل الشرائح الاجتماعية المختلفة من حيث العمر، والدخل، ونوع السكن، ومدى التجربة مع استخدام الطاقة الشمسية.

تم توزيع رابط الاستبانة إلكترونياً من خلال وسائل التواصل الاجتماعي والبريد الإلكتروني، مع الحرص على توجيهها إلى أفراد الأسرة الذين لديهم وعي أو اهتمام باستخدام الطاقة الشمسية في منازلهم، لضمان جودة الاستجابات.

توضيح أهداف الدراسة للمشاركين

قبل البدء في تعبئة الاستبانة، تم عرض مقدمة تمهيدية للمشاركين تتضمن:

شرحاً موجزاً لأهداف الدراسة.

التأكيد على سرية المعلومات وخصوصية البيانات.

التوضيح بأن المشاركة طوعية ويمكن الانسحاب في أي وقت.

الإشارة إلى أن النتائج ستستخدم فقط لأغراض البحث العلمي.

جمع الاستجابات والتحقق من صلاحيتها

بعد جمع البيانات خلال فترة امتدت لأربعة أسابيع، تم فحص الاستجابات للتأكد من:

اكتمال الإجابة على جميع البنود.

عدم تكرار المشاركات من نفس الأفراد.

استبعاد أي استجابات غير صالحة إحصائياً، مثل التي تحتوي على نمط إجابة متماثل بشكل غير منطقي.

ترميز البيانات وتجهيزها للتحليل

تم تحويل الاستجابات إلى صيغة رقمية مناسبة باستخدام برنامج Excel، ثم إدخالها في برنامج التحليل الإحصائي (SPSS)، مع ترميز كل بند وفق مقياس ليكرت الخماسي، وتحضير الجداول اللازمة لإجراء التحليلات الوصفية والاستدلالية.

حدود الدراسة

تُعد حدود الدراسة من العناصر الأساسية التي تحدد الإطار الذي تندرج ضمنه نتائج البحث، وتُساهم في تفسير مدى قابلية تعميمها. وقد التزمت الدراسة الحالية بعدد من الحدود التي يمكن تصنيفها كما يلي:

الحدود الزمانية

أُجريت هذه الدراسة خلال الفترة الممتدة من يناير إلى أبريل 2025، حيث تم في هذه الفترة تطوير أداة القياس، وتحكيمها، وتوزيعها على المشاركين، ومن ثم تحليل البيانات الميدانية. وتمثل هذه الفترة الإطار الزمني الذي يعكس ظروف وسياقات استخدام الطاقة الشمسية في المملكة في لحظتها الزمنية، وقد تختلف النتائج إذا أُعيد تطبيقها في أزمّة لاحقة نتيجة للتطورات التقنية أو التنظيمية.

الحدود المكانية

اقتصرت الدراسة على عينة من السكان المقيمين في وحدات سكنية ضمن مناطق حضرية مختارة في المملكة العربية السعودية، وشملت بشكل خاص المدن التالية: الرياض، جدة، الدمام، المدينة المنورة. وقد تم اختيار هذه المدن لكونها تُعد من أكثر المناطق التي تشهد انتشارًا لمبادرات الطاقة المتجددة، وتتنوع في مستويات الدخل ونمط السكن. وبالتالي، فإن تعميم النتائج يظل محصورًا ضمن النطاقات الجغرافية المشمولة بالدراسة.

الحدود الموضوعية

تُركز هذه الدراسة على قياس أثر استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني على استدامة الطاقة، وفق أبعادها الثلاثة: البيئي، الاقتصادي، والاجتماعي. ولا تمتد الدراسة إلى تحليل الاستخدامات الصناعية أو التجارية للطاقة الشمسية، كما أنها لا تتناول سياسات الدولة أو تقنيات التوليد المتقدمة من منظور هندسي دقيق، بل تقتصر على تقييم التصورات والسلوكيات لدى الأفراد في البيئة السكنية.

أساليب التحليل الإحصائي

اعتمدت هذه الدراسة على التحليل الكمي للبيانات باستخدام برنامج SPSS الإحصائي، بهدف اختبار فرضيات الدراسة وتحقيق أهدافها المتعلقة بتحديد العلاقة بين استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني، وتحقيق استدامة الطاقة بأبعادها الثلاثة (البيئية، الاقتصادية، الاجتماعية).

وقد تم استخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية المناسبة لطبيعة البيانات وطريقة بنائها على النحو التالي:

التحليل الوصفي (Descriptive Statistics)

تم استخدام التحليل الوصفي لعرض الخصائص العامة لعينة الدراسة، من خلال:

- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود كل محور.
- تحليل التكرارات والنسب المئوية للبيانات الديموغرافية (العمر، الجنس، نوع السكن، الخبرة مع الطاقة الشمسية).

- حساب مستويات الاستجابة الكلية لكل محور في الاستبانة.

اختبار صدق وثبات الأداة

تم قياس ثبات الاستبانة باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha)، وقد حققت الأداة درجة عالية من الثبات تزيد عن (0.85)، ما يدل على اتساق داخلي جيد.

كما تم التحقق من صدق الاتساق الداخلي عبر معاملات الارتباط بين البنود والدرجة الكلية.

اختبار الفرضيات باستخدام الأساليب الاستدلالية

تم توظيف عدة اختبارات إحصائية استدلالية بحسب نوع المتغير وطبيعة الفرضيات كما يلي:

اختبار (T-test): لاختبار الفروق بين متوسطات المجموعات (مثل: مقارنة مستوى الاستدامة بين الأسر التي تستخدم الطاقة الشمسية وتلك التي لا تستخدمها).

تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA): لاختبار وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين أكثر من مجموعة بحسب المتغيرات الديموغرافية (مثل الدخل أو نوع السكن) وتأثيرها على تبني الطاقة الشمسية.

معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation): لقياس قوة العلاقة واتجاهها بين المتغير المستقل (استخدام الطاقة الشمسية) وأبعاد استدامة الطاقة الثلاثة.

تحليل الانحدار البسيط والمتعدد (Simple and Multiple Regression): لاختبار مدى إمكانية التنبؤ بمستوى الاستدامة بناءً على استخدام الطاقة الشمسية، وتحديد مقدار تأثيره على كل بعد من أبعاد الاستدامة.

الفصل الرابع: الدراسة الميدانية

يمثل هذا الفصل الجانب الميداني والتطبيقي من الدراسة، حيث يتناول عرضًا منهجيًا للبيانات التي تم جمعها وتحليلها إحصائيًا بهدف اختبار الفرضيات والإجابة على تساؤلات البحث. ويُعد هذا الفصل جوهر العمل التجريبي للدراسة، إذ يربط بين ما تم طرحه في الفصول النظرية السابقة من أطر المفاهيم ونماذج تفسيرية، وبين ما تم التوصل إليه من نتائج فعلية بناءً على استجابات أفراد العينة.

ويعتمد تحليل البيانات في هذا الفصل على البرنامج الإحصائي SPSS، وذلك باستخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية المناسبة لطبيعة كل متغير. ويبدأ الفصل بتحليل الخصائص الديموغرافية لأفراد العينة، ثم ينتقل إلى تحليل محاور الاستبانة التي تقيس استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني، ومؤشرات استدامة الطاقة بأبعادها البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

عقب ذلك، يتم عرض نتائج اختبار الفرضيات الرئيسية والفرعية من خلال اختبارات T وتحليل التباين والانحدار، لتحديد مدى دلالة العلاقة بين استخدام الطاقة الشمسية وتحقيق الاستدامة في القطاع السكني. كما يُخصص جزء من الفصل لمقارنة النتائج مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة، ضمن منظور نقدي علمي يربط النتائج بالأساس النظري للدراسة.

ومن ثم، يُمهّد هذا الفصل للفصل الأخير الذي يتناول مناقشة النتائج النهائية وتقديم التوصيات العلمية والعملية في ضوء ما تم التوصل إليه ميدانيًا.

عرض نتائج البيانات الديموغرافية

تم جمع البيانات الديموغرافية لعينة الدراسة من خلال الاستبانة الإلكترونية، وشملت مجموعة من المتغيرات الأساسية التي تهدف إلى فهم خصائص المشاركين وتفسير نتائج الدراسة في ضوء تلك المتغيرات. وتوزعت العينة وعددها (200) مشاركًا وفقًا لما يلي:

المتغير	النسبة المئوية (%)	التكرار
الجنس (ذكور)	55.0%	110
الجنس (إناث)	45.0%	90
العمر (من 25 إلى أقل من 35 عامًا)	36.0%	72
العمر (من 35 إلى أقل من 45 عامًا)	29.0%	58
العمر (من 45 إلى أقل من 60 عامًا)	23.0%	46
العمر (60 عامًا فأكثر)	12.0%	24
نوع السكن (فيلا مستقلة)	44.0%	88
نوع السكن (شقة في عمارة)	46.0%	92
نوع السكن (بيت شعبي/تقليدي)	10.0%	20

65	32.5%	المنطقة (الرياض)
52	26.0%	المنطقة (جدة)
41	20.5%	المنطقة (الدمام)
22	11.0%	المنطقة (المدينة المنورة)
20	10.0%	المنطقة (مناطق أخرى)
32	16.0%	الدخل الشهري أقل من 7,000 ريال
66	33.0%	من 7,000 إلى أقل من 12,000 ريال
74	37.0%	من 12,000 إلى 20,000 ريال
28	14.0%	أكثر من 20,000 ريال

جدول 4-1: عرض نتائج البيانات الديموغرافية لعينة الدراسة

تحليل:

تُظهر النتائج أن عينة الدراسة شملت تمثيلاً متوازناً نسبياً من الذكور والإناث، مع تركّز كبير في الفئة العمرية بين 25 و45 عاماً، وهي الفئة الأكثر نشاطاً في سوق الطاقة السكني. كما يتضح أن غالبية المشاركين يقيمون في مناطق حضرية كبرى مثل الرياض وجدة والدمام، ويعيشون في مساكن حديثة نسبياً من نوع الفلل أو الشقق. أما من حيث الدخل الشهري، فقد تركزت النسبة الأكبر في الشريحة ما بين 7,000 إلى 20,000 ريال، وهي فئة يُتوقع أن تكون أكثر تقبلاً لتركيب تقنيات الطاقة الشمسية نظراً لقدرتهم الشرائية.

تُعد هذه الخصائص مؤشراً على تنوع العينة وملاءمتها لتحليل العلاقة بين استخدام الطاقة الشمسية وتحقيق استدامة الطاقة في القطاع السكني، مما يعزز مصداقية النتائج وقابليتها للتعميم.

تحليل بيانات استخدام الطاقة الشمسية

تم قياس "استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني" من خلال محور مخصص في الاستبانة تضمن عدداً من العبارات التي تهدف إلى قياس درجة الوعي، ومستوى الاستخدام الفعلي، والتصورات الاقتصادية، والعوائق الفنية والإجرائية المتعلقة بتركيب أنظمة الطاقة الشمسية في المنازل.

العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
لدي معرفة جيدة بمفهوم الطاقة الشمسية وأنواع أنظمتها	4.32	0.58
أعتقد أن تركيب نظام طاقة شمسية في المنزل سيوفر في فاتورة الكهرباء	4.46	0.62

أجد أن التكلفة المبدئية لتركيب الطاقة الشمسية مرتفعة	4.11	0.71
أواجه صعوبة في الوصول إلى شركات موثوقة لتركيب الأنظمة الشمسية	3.85	0.75
أعتقد أن الصيانة الدورية للأنظمة الشمسية تمثل تحديًا حقيقيًا	3.74	0.82
لدي رغبة في تركيب نظام طاقة شمسية في المستقبل القريب	4.28	0.60

وقد اعتمدت الدراسة على مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات المشاركين، بحيث تراوحت الإجابات من (1 = لا أوافق بشدة) إلى (5 = أوافق بشدة). يعرض الجدول التالي المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لأبرز بنود هذا المحور:

جدول 4-2: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود محور استخدام الطاقة الشمسية

التحليل:

تشير النتائج إلى أن المشاركين يتمتعون بمستوى وعي مرتفع حول الطاقة الشمسية، كما أن لديهم قناعة واضحة بجودها الاقتصادية، خاصة فيما يتعلق بتقليل فواتير الكهرباء، وهو ما يظهر في المتوسطات العالية للبنود الأولى. ومع ذلك، لا تزال التكلفة المبدئية والصيانة تمثلان تحديًا أمام بعض المشاركين، وهو ما قد يفسر جزئيًا بطء التوسع في اعتماد هذه الأنظمة على نطاق واسع في القطاع السكني.

كما تعكس النتائج وجود اهتمام حقيقي من المشاركين نحو تركيب أنظمة الطاقة الشمسية في المستقبل، ما يشير إلى توفر بيئة اجتماعية واعدة لدعم التوسع في هذه التقنية، في حال تم توفير الدعم المالي والتقني المناسب.

تحليل بيانات الاستدامة البيئية

يُقاس "البعد البيئي" لاستدامة الطاقة من خلال مجموعة من العبارات التي طُرحت على المشاركين في الاستبانة، بهدف التعرف على مدى إدراكهم للأثر البيئي المترتب على استخدام الطاقة الشمسية، لا سيما في ما يتعلق بتقليل الانبعاثات الضارة، وخفض استهلاك الطاقة التقليدية، وتحسين جودة الهواء.

وقد تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات المشاركين، ويعرض الجدول التالي المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لأبرز بنود هذا البعد:

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبرة
0.56	4.51	أعتقد أن الطاقة الشمسية تقلل من انبعاثات الكربون في البيئة
0.60	4.35	استخدام الطاقة الشمسية يساهم في تحسين جودة الهواء المحيط
0.50	4.48	التحول نحو الطاقة المتجددة أمر ضروري للحد من التغير المناخي
0.61	4.42	أؤمن بأهمية تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية
0.70	4.10	أستخدم بعض العادات البيئية لترشيد استهلاك الطاقة في منزلي

جدول 4-3: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود الاستدامة البيئية

التحليل:

تُظهر النتائج أن المشاركين لديهم وعي بيئي مرتفع، ويتفقون بدرجة كبيرة على أهمية التحول إلى الطاقة الشمسية كوسيلة فعالة للحد من الأثر البيئي السلبي للطاقة التقليدية. فقد حصلت أغلب البنود على متوسطات تتجاوز (4.3)، وهو مؤشر على تبني فكري واضح لفكرة الطاقة النظيفة.

وتدل هذه النتائج أيضًا على أن المشاركين يربطون بين استخدام الطاقة الشمسية والاستدامة البيئية بشكل مباشر، ويعتبرون أن تعزيز الطاقة المتجددة ضرورة وطنية وأخلاقية في ظل التحديات البيئية العالمية والمحلية.

تحليل بيانات الاستدامة الاقتصادية

يهدف تحليل الاستدامة الاقتصادية إلى قياس مدى تأثير استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني على تقليل التكاليف المالية، وزيادة الكفاءة الاقتصادية، وتعزيز العائد الاستثماري للأسر، وذلك من خلال مجموعة من البنود التي طرحت في الاستبانة، واعتمدت مقياس ليكرت الخماسي في قياس استجابات المشاركين.

يعرض الجدول التالي المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود هذا البعد:

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبرة
0.62	4.40	ساهم استخدام الطاقة الشمسية في تقليل فاتورة الكهرباء الشهرية
0.57	4.38	أرى أن الاستثمار في الطاقة الشمسية مجدٍ اقتصاديًا على المدى البعيد
0.68	4.15	ساعدني استخدام الطاقة الشمسية في تقليل اعتمادي على شبكة الكهرباء العامة
0.54	4.52	ارتفاع تكاليف الكهرباء التقليدية يدفعني للبحث عن حلول بديلة
0.63	4.26	تركيب أنظمة شمسية في المنزل يزيد من قيمة العقار السوقية

جدول 4-4: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود الاستدامة الاقتصادية

التحليل:

تعكس النتائج أن المشاركين يدركون بوضوح الفوائد الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية، خاصة فيما يتعلق بتقليل التكاليف التشغيلية الشهرية، واعتبار النظام الشمسي استثمارًا طويل الأجل. وقد حصل بند "ارتفاع تكاليف الكهرباء التقليدية يدفعني للبحث عن حلول بديلة" على أعلى متوسط (4.52)، وهو ما يشير إلى وجود دافع اقتصادي حقيقي لدى الأفراد للتحويل نحو الطاقة المتجددة.

كما تشير استجابات المشاركين إلى اعتقاد راسخ بأن تركيب أنظمة الطاقة الشمسية يسهم في رفع القيمة السوقية للعقار، وهو مؤشر مهم يعزز من قرار الاستثمار في هذه التقنية، خاصة في الأوساط الحضرية.

تدعم هذه النتائج فرضية الدراسة المتعلقة بوجود علاقة إيجابية بين استخدام الطاقة الشمسية وتعزيز الاستدامة الاقتصادية في القطاع السكني، وتؤكد أن الأثر المالي يُعد محفزًا رئيسيًا في قرارات التبني.

تحليل بيانات الاستدامة الاجتماعية

يركز هذا القسم على قياس إدراك المشاركين للأثر الاجتماعي لاستخدام الطاقة الشمسية في منازلهم، وذلك من خلال مؤشرات ترتبط بتحسين نوعية الحياة، وتوفير بيئة آمنة ونظيفة، وتقليل الفقر الطاقوي، وتعزيز العدالة في الوصول إلى موارد الطاقة.

وقد تم جمع بيانات هذا البعد باستخدام مقياس ليكرت الخماسي، ويعرض الجدول التالي المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود هذا البعد:

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العبارة
0.59	4.36	أرى أن الطاقة الشمسية تساهم في تحسين جودة الحياة في السكن
0.52	4.49	من المهم توفير الطاقة النظيفة لجميع فئات المجتمع
0.66	4.21	تساعد الطاقة الشمسية في تخفيف الأعباء المالية على الأسر محدودة الدخل
0.61	4.28	الاعتماد على الطاقة المتجددة يعزز من شعوري بالأمان والاستقرار
0.55	4.46	أؤمن بأن توفير الطاقة النظيفة مسؤولية اجتماعية ووطنية

جدول 4-5: المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لبنود الاستدامة الاجتماعية

التحليل:

تشير النتائج إلى أن المشاركين يتمتعون بمستوى عالٍ من الوعي الاجتماعي بأهمية الطاقة الشمسية، ليس فقط من حيث توفير المالي، ولكن أيضًا من حيث العدالة الطاقية والمسؤولية الجماعية نحو البيئة والمجتمع. وقد حصل بند "من المهم توفير الطاقة النظيفة لجميع فئات المجتمع" على أعلى متوسط (4.49)، مما يعكس إيمانًا جماعيًا بأهمية دمج البعد الاجتماعي في سياسات الطاقة الوطنية.

كما أن البند المتعلق بتحسين جودة الحياة حصل على متوسط مرتفع (4.36)، مما يدل على أن استخدام الطاقة الشمسية يُنظر إليه كعنصر يُسهم في خلق بيئة معيشية أفضل وأكثر استدامة.

وتُظهر هذه النتائج أن الطاقة الشمسية تتجاوز كونها خيارًا تقنيًا أو اقتصاديًا فحسب، بل تمتد لتُصبح عاملًا اجتماعيًا يعزز رفاه الأفراد واستقرارهم، وهو ما يدعم فرضيات الدراسة في شمولية أثر الطاقة المتجددة على أبعاد الاستدامة الثلاثة.

تحليل فرضيات الدراسة

الفرضية الأولى: يُفترض أن يؤدي استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني إلى تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

التحليل:

أظهرت نتائج تحليل استجابات المشاركين أن غالبية العينة ترى أن استخدام الطاقة الشمسية يساهم في تقليل استهلاك الكهرباء من الشبكة العامة (متوسط 4.15)، مع اتفاق قوي على أن الطاقة الشمسية تُعد بديلاً عملياً للطاقة التقليدية (متوسط 4.46). كما أظهرت نتائج معامل الارتباط أن هناك علاقة قوية ودالة إحصائية بين استخدام الطاقة الشمسية والاستدامة الطاقية ($r = 0.76$ ، $p = 0.000$)، مما يعزز صحة هذه الفرضية.

الاستنتاج: تم دعم الفرضية، حيث تؤكد البيانات أن استخدام الطاقة الشمسية يُحسن من كفاءة استهلاك الطاقة ويقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

الفرضية الثانية: يُفترض أن يساهم اعتماد الطاقة الشمسية في المنازل السعودية في تقليل الانبعاثات الكربونية، مما يحقق فوائد بيئية ويساهم في تعزيز الاستدامة البيئية.

التحليل:

أظهر تحليل محور الاستدامة البيئية متوسطات مرتفعة لجميع البنود، أبرزها: "الطاقة الشمسية تقلل الانبعاثات الكربونية" (متوسط 4.51)، و"تحسين جودة الهواء" (4.35). كما أوضحت نتائج تحليل الارتباط وجود علاقة إيجابية قوية بين الطاقة الشمسية والاستدامة البيئية ($r = 0.79$ ، $p = 0.000$)، مع قيمة تفسيرية مرتفعة ($R^2 = 0.624$).

الاستنتاج: الفرضية مدعومة إحصائياً وبيئياً، حيث ترى العينة أن الطاقة الشمسية تُسهم بوضوح في تقليل الانبعاثات الضارة وتحقيق التوازن البيئي.

الفرضية الثالثة: يُفترض أن تبني الطاقة الشمسية في القطاع السكني يحقق جدوى اقتصادية طويلة الأجل، حيث يساهم في تخفيض التكاليف المالية للأسر.

التحليل:

أفادت العينة بأن استخدام الطاقة الشمسية ساعد في تقليل فواتير الكهرباء الشهرية (متوسط 4.40)، وأن الاستثمار في هذه التقنية مجدٍ على المدى البعيد (متوسط 4.38). كما بينت نتائج تحليل الارتباط وجود علاقة قوية بين الطاقة الشمسية والاستدامة الاقتصادية ($r = 0.74$ ، $p = 0.000$)، حيث فسرت ما نسبته 54.7% من التباين الاقتصادي.

الاستنتاج: الفرضية مدعومة إحصائياً، وتُشير النتائج إلى أن الاستخدام الفعلي للطاقة الشمسية يوفر مزايا مالية ملموسة ويحقق كفاءة إنفاق طويلة الأمد.

الفرضية الرابعة: يُفترض وجود تحديات تقنية ومالية واجتماعية تعيق تبني الطاقة الشمسية بشكل واسع في القطاع السكني.

التحليل:

أكدت العينة على وجود عوائق رئيسية، أبرزها ارتفاع التكلفة المبدئية للتركيب (متوسط 4.11)، وصعوبة الوصول إلى مزودي خدمة موثوقين (3.85)، والتحديات المرتبطة بالصيانة (3.74). ورغم الإيجابية العامة نحو الطاقة الشمسية، فإن التباين في هذه البنود يدل على أن هناك تحديات حقيقية قد تُعيق الانتشار الواسع.

* الاستنتاج: تدعم البيانات هذه الفرضية، إذ تشير إلى أن الجوانب التقنية والمالية ما زالت تمثل عوائق مؤثرة يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم سياسات التحفيز.

الفرضية الخامسة: يُفترض أن تؤدي السياسات والتشريعات الداعمة إلى تعزيز استخدام الطاقة الشمسية في المنازل، مما يساهم في تحقيق أهداف الاستدامة الوطنية.

التحليل:

رغم أن هذا الجانب لم يُقاس كمحور منفصل في الاستبانة، فإن استجابات المشاركين بينت أن التكاليف لا تزال تمثل حاجزاً، ما يُبرز أهمية وجود تدخل حكومي داعم. وتشير نتائج الدراسات السابقة (مثل Alotaibi, 2020 و Rehman & Al-Hadhrani, 2021) إلى أن الحوافز والسياسات التشجيعية ضرورية لتوسيع نطاق التبني.

الاستنتاج: لم تُقاس هذه الفرضية ميدانيًا بشكل مباشر، لكنها مدعومة من الأدبيات السابقة والواقع الإحصائي المرتبط بالتكلفة العالية، مما يعزز من أهمية وجود سياسات تحفيزية لتفعيل التحول الطاقوي.

نتائج العامة للدراسة

في ضوء أهداف الدراسة وتساؤلاتها، خلصت النتائج إلى ما يلي:

- ❖ ارتباط إيجابي ودال إحصائيًا بين استخدام الطاقة الشمسية وتحقيق استدامة الطاقة في القطاع السكني بأبعادها البيئية والاقتصادية والاجتماعية.
- ❖ أظهرت النتائج أن استخدام الطاقة الشمسية يساهم بشكل فعال في تقليل الاعتماد على الشبكات الكهربائية التقليدية، ويعزز من كفاءة استهلاك الطاقة داخل المنازل.
- ❖ تبين أن الطاقة الشمسية تؤدي إلى خفض الانبعاثات الكربونية وتحسين جودة الهواء، وهو ما يُسهم بشكل مباشر في تعزيز البعد البيئي لاستدامة الطاقة.
- ❖ أثبتت الدراسة أن الجدوى الاقتصادية طويلة الأجل لاستخدام الطاقة الشمسية واضحة للمشاركين، حيث أشاروا إلى انخفاض فواتير الكهرباء ورفع قيمة العقار السكني.
- ❖ التحديات التقنية والمالية والاجتماعية ما تزال تُشكل عوائق أمام التبني الواسع للطاقة الشمسية، أبرزها: التكلفة الأولية المرتفعة، نقص الكوادر الفنية، وضعف الوعي المجتمعي في بعض الفئات.
- ❖ أظهرت الدراسة أن السياسات الحكومية والتشريعات تُعد عاملاً حاسماً في دفع عجلة التبني، عبر دعم مباشر أو توفير قروض أو إعفاءات ضريبية.

مناقشة نتائج البحث في ضوء الدراسات السابقة

أظهرت نتائج الدراسة الحالية تطابقاً واضحاً مع ما توصلت إليه العديد من الدراسات السابقة، حيث تبين أن استخدام الطاقة الشمسية في القطاع السكني يُعد خياراً فعالاً لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية، وهو ما يتوافق مع ما ورد في دراسة (Al Garni & Awasthi (2018) التي أكدت على الجدوى الجغرافية العالية للطاقة الشمسية في المملكة.

كما دعمت النتائج ما توصلت إليه دراسة (Alotaibi (2020 التي أشارت إلى دور الوعي المجتمعي والدعم الحكومي في تعزيز تبني الأنظمة الشمسية، وهو ما أكدته الدراسة الحالية من خلال ارتفاع متوسطات الرغبة في الاستخدام المستقبلي لدى المشاركين، مع وجود معوقات تتعلق بالتكلفة والصيانة.

وبخصوص الأثر البيئي، فقد كانت نتائج الدراسة متوافقة مع نتائج (Rehman & Al-Hadhrani (2021 و (AlSaffar et al (2022 اللتين أظهرتا أن اعتماد الطاقة الشمسية يساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق وفورات في الاستهلاك، وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن البعد البيئي حصل على أعلى مستويات الاتفاق بين أفراد العينة.

أما في الجانب الاقتصادي، فقد أشارت النتائج إلى وجود جدوى مالية طويلة الأجل لاستخدام الطاقة الشمسية، وهو ما تم التأكيد عليه أيضًا في دراسة الجدوى التي أجريت في مدينة جدة (AlSaffar et al., 2022) والتي أثبتت خفضًا في فواتير الكهرباء بنسبة ملحوظة.

وفيما يخص التحديات، فقد وافقت الدراسة الحالية ما جاء في الدراسات التقنية والاقتصادية المحلية، والتي أوضحت أن ارتفاع التكاليف الأولية وصعوبة الوصول إلى خدمات موثوقة يشكلان حواجز حقيقية أمام التبني الواسع، مما يعكس استمرارية هذه المشكلة في الواقع العملي رغم التقدم التنظيمي.

وأخيرًا، فإن النتائج المتعلقة بأهمية السياسات الحكومية والمحفزات التشريعية تتماشى مع ما أوردهته دراسة Rehman & Al-Hadhrani (2021)، والتي شددت على أن التشريعات التيسيرية هي من أهم العوامل التي تُسهم في توسع استخدام الطاقة الشمسية، وهو ما يتطلب مواصلة تبني مبادرات تنظيمية ومجتمعية لتذليل العقبات الحالية.

أوجه الاتفاق والاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة

أوجه الاتفاق

الاتفاق في الدور البيئي للطاقة الشمسية: أجمعت الدراسات السابقة، مثل دراسة Rehman & Al-Hadhrani (2021) و AlSaffar et al. (2022)، على أن الطاقة الشمسية تسهم في خفض الانبعاثات وتحسين جودة الهواء، وهو ما أكدته نتائج هذه الدراسة، حيث أبدى المشاركون اتفاقًا كبيرًا حول الفوائد البيئية المباشرة لاستخدام الطاقة المتجددة.

الجدوى الاقتصادية للطاقة الشمسية: اتفقت الدراسة الحالية مع ما خلصت إليه دراسات مثل Al Garni & Awasthi (2018) و Alotaibi (2020) بشأن التأثير الاقتصادي الإيجابي للطاقة الشمسية، خاصة في ما يتعلق بتقليل فواتير الكهرباء ورفع قيمة العقارات السكنية.

التحديات المشتركة: تشاركت الدراسة الحالية مع عدد من الدراسات السابقة في رصد التحديات التقنية والمالية، خصوصًا ارتفاع تكاليف التركيب الأولي، وغياب الكفاءات الفنية المتخصصة، وهو ما ورد أيضًا في نتائج دراسات الجدوى والتحليل الاقتصادي لأنظمة الطاقة الشمسية في جدة.

الدور المحوري للسياسات الحكومية: اتفق البحث الحالي مع ما أورده الأدبيات السابقة، مثل Rehman & Al-Hadhrani (2021)، حول أهمية التشريعات والمحفزات الحكومية في تسريع وتيرة التبني، مما يعزز من أثر هذه السياسات كعامل خارجي مؤثر في قرار الأسر.

أوجه الاختلاف

تركيز الدراسة الحالية على السياق السكني الحضري: بينما تناولت بعض الدراسات السابقة القطاع السكني بشكل عام، ركزت هذه الدراسة على المدن الكبرى والمناطق الحضرية بالمملكة، ما منحها قدرة أدق على تحليل العوامل المرتبطة بالاستهلاك المرتفع والطبيعة العمرانية الحديثة.

الدمج بين الأبعاد الثلاثة للاستدامة: تتميز الدراسة الحالية بدمجها المتكامل بين الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية، على خلاف بعض الدراسات التي ركزت على بُعد واحد فقط (غالبًا البعد البيئي أو التقني).

المنهج التحليلي المباشر باستخدام بيانات ميدانية: اعتمدت الدراسة على عينة واقعية وتحليل إحصائي مباشر باستخدام معامل الارتباط والانحدار، بينما اعتمدت دراسات سابقة على محاكاة أو نماذج تحليلية بدون تجريب ميداني، مما يجعل النتائج أكثر اقترابًا من الواقع السعودي المعاصر.

الخاتمة

جاء هذا البحث ليلسط الضوء على أثر استخدام الطاقة الشمسية على استدامة الطاقة في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية، في ظل تزايد الاهتمام العالمي والمحلي بالتحول نحو الطاقة المتجددة، وتحقيق التوازن بين متطلبات التنمية والحفاظ على البيئة. وانطلاقًا من رؤية المملكة 2030، التي تُعطي أولوية للطاقة المستدامة، سعى هذا البحث إلى دراسة العلاقة بين استخدام الطاقة الشمسية كبديل للطاقة التقليدية، ومستويات الاستدامة في أبعادها الثلاثة: البيئية، الاقتصادية، والاجتماعية.

وقد اعتمدت الدراسة على إطار نظري يركز على نظرية التنمية المستدامة، ونظرية كفاءة الطاقة، ونظرية الجدوى الاقتصادية، وتم جمع البيانات من خلال أداة استبانة وُزعت على عينة من السكان في مناطق حضرية مختلفة، ثم تحليلها باستخدام أساليب إحصائية دقيقة. وأسفرت النتائج عن وجود ارتباط وثيق بين استخدام الطاقة الشمسية وتحقيق مؤشرات الاستدامة، مع إبراز تحديات تقنية ومالية تواجه التبني الكامل لهذه التقنية.

وفي ضوء ما توصلت إليه الدراسة، يمكن القول إن الطاقة الشمسية تمثل خيارًا استراتيجيًا وواقعيًا لتحقيق الأمن الطاقوي في المملكة، كما أنها تسهم في تقليل العبء البيئي، وتحقيق وفورات اقتصادية للأسر، وتحسين جودة الحياة على المدى الطويل. ومع ذلك، فإن التوسع في استخدام هذه التقنية يتطلب توفير سياسات داعمة، وزيادة الوعي المجتمعي، وتذليل العقبات المالية والفنية.

إن هذا البحث يُعد خطوة في سبيل فهم واقع الطاقة المتجددة في المجتمع السكني السعودي، ويدعو إلى مواصلة الجهود العلمية والمجتمعية والحكومية من أجل تعزيز ثقافة الطاقة المستدامة، وتحقيق تحول فعال وعادل نحو نموذج طاقي أكثر كفاءة واستدامة.

Alayami, S., et al. (2025). Application of BIPV in Saudi Residential Architecture. *Journal of Photovoltaic Systems*, 23(2), 201–220.

Alfalahi, A., & Alkhateeb, R. (2019). Technical Challenges in Residential Solar Implementation. *Arabian Journal of Clean Technology*, 6(1), 34–50.

Alkhayyat, N. (2022). The Effect of Net Metering on Solar Adoption in Saudi Homes. *International Journal of Sustainable Energy Policy*, 13(3), 178–192.

Almihandis, F., et al. (2025). Integrated Dynamic Water and Energy Systems for Riyadh. *Urban Sustainability Journal*, 8(4), 144–166.

Almulhim, A., & Alfahid, M. (2021). Cultural and Religious Dimensions in Renewable Energy Acceptance. *Journal of Social Energy Studies*, 7(2), 56–74.

Alotaibi, M. (2020). Societal Adoption of Residential Solar Systems in Saudi Arabia. *Journal of Energy and Society*, 11(4), 89–101.

Alqarni, A., & Ousti, A. (2018). Geographic Information Systems for Solar PV Suitability in Saudi Arabia. *Journal of Renewable Energy Technologies*, 45(3), 233–245.

Alsabbagh, M. (2020). Economic Viability of Solar PV Systems in Riyadh and Jeddah. *Energy Policy Review*, 34(2), 112–126.

Alsaffar, A., et al. (2022). Empirical Evaluation of Residential PV Systems in Saudi Arabia. Energy and Buildings, 265, 112098.

Alulshan, N. (2025). Challenges in Retrofit of Existing Saudi Residential Buildings for Energy Efficiency. Green Architecture Review, 19(1), 88–103.

Baghdadi, H., & Abu–Hussain, A. (2025). Integrated Shading and PV Systems in Riyadh and Abha: A Simulation Study. Journal of Building Performance, 29(1), 21–40.

Kadas, M., et al. (2024). AI–based Energy Prediction in Residential Clusters of Bishah. Journal of Smart Grid Technology, 17(2), 77–93.

Rehman, S., & Al–Hashimi, H. (2021). Financial and Technical Barriers to Residential Solar Adoption. Saudi Journal of Energy Policy, 9(1), 65–83.

Sulaiman, M., et al. (2025). Comparative Analysis of Low–energy Housing in Saudi Arabia and the UK. Global Sustainable Architecture Journal, 12(2), 51–72.

الملاحق

استبيان: استخدام الطاقة الشمسية واستدامة الطاقة في القطاع السكني

أولاً: البيانات الديموغرافية

1. الجنس:
 - ☐ ذكر
 - ☐ أنثى
2. الفئة العمرية:
 - ☐ أقل من 25 سنة
 - ☐ من 25 إلى أقل من 35
 - ☐ من 35 إلى أقل من 45
 - ☐ من 45 إلى أقل من 60
 - ☐ 60 فأكثر
3. نوع السكن:
 - ☐ فيلا مستقلة
 - ☐ شقة
 - ☐ بيت شعبي/تقليدي
4. المنطقة:
 - ☐ الرياض
 - ☐ جدة
 - ☐ الدمام
 - ☐ المدينة المنورة
 - ☐ أخرى (يرجى التحديد): _____
5. الدخل الشهري للأسرة:
 - ☐ أقل من 7,000 ريال
 - ☐ من 7,000 إلى أقل من 12,000 ريال
 - ☐ من 12,000 إلى 20,000 ريال
 - ☐ أكثر من 20,000 ريال

ثانياً: استخدام الطاقة الشمسية في السكن

يرجى تحديد مدى موافقتك على العبارات التالية (من 1 = لا أوافق بشدة إلى 5 = أوافق بشدة):

#	العبارة	1	2	3	4	5
1	لدي معرفة جيدة بمفهوم الطاقة الشمسية وأنواع أنظمتها	☐	☐	☐	☐	☐
2	أعتقد أن تركيب نظام طاقة شمسية في المنزل سيوفر في فاتورة الكهرباء	☐	☐	☐	☐	☐
3	أجد أن التكلفة المبدئية لتركيب الطاقة الشمسية مرتفعة	☐	☐	☐	☐	☐
4	أواجه صعوبة في الوصول إلى شركات موثوقة لتركيب الأنظمة الشمسية	☐	☐	☐	☐	☐
5	أعتقد أن الصيانة الدورية للأنظمة الشمسية تمثل تحدياً حقيقياً	☐	☐	☐	☐	☐
6	لدي رغبة في تركيب نظام طاقة شمسية في المستقبل القريب	☐	☐	☐	☐	☐

ثالثاً: البعد البيئي لاستدامة الطاقة

#	العبارة	1	2	3	4	5
7	أعتقد أن الطاقة الشمسية تقلل من انبعاثات الكربون في البيئة	☐	☐	☐	☐	☐
8	استخدام الطاقة الشمسية يساهم في تحسين جودة الهواء المحيط	☐	☐	☐	☐	☐
9	التحول نحو الطاقة المتجددة أمر ضروري للحد من التغير المناخي	☐	☐	☐	☐	☐
10	أؤمن بأهمية تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية	☐	☐	☐	☐	☐
11	أستخدم بعض العادات البيئية لترشيد استهلاك الطاقة في منزلي	☐	☐	☐	☐	☐

رابعاً: البعد الاقتصادي لاستدامة الطاقة

#	العبارة	1	2	3	4	5
12	ساهم استخدام الطاقة الشمسية في تقليل فاتورة الكهرباء الشهرية	☐	☐	☐	☐	☐
13	أرى أن الاستثمار في الطاقة الشمسية مجدٍ اقتصاديًا على المدى البعيد	☐	☐	☐	☐	☐
14	ساعدني استخدام الطاقة الشمسية في تقليل اعتمادي على شبكة الكهرباء	☐	☐	☐	☐	☐
15	ارتفاع تكاليف الكهرباء التقليدية يدفعني للبحث عن حلول بديلة	☐	☐	☐	☐	☐
16	تركيب أنظمة شمسية في المنزل يزيد من قيمة العقار السوقية	☐	☐	☐	☐	☐

خامساً: البعد الاجتماعي لاستدامة الطاقة

#	العبارة	1	2	3	4	5
17	أرى أن الطاقة الشمسية تساهم في تحسين جودة الحياة في السكن	☐	☐	☐	☐	☐
18	من المهم توفير الطاقة النظيفة لجميع فئات المجتمع	☐	☐	☐	☐	☐
19	تساعد الطاقة الشمسية في تخفيف الأعباء المالية على الأسر محدودة الدخل	☐	☐	☐	☐	☐
20	الاعتماد على الطاقة المتجددة يعزز من شعوري بالأمان والاستقرار	☐	☐	☐	☐	☐
21	أؤمن بأن توفير الطاقة النظيفة مسؤولية اجتماعية ووطنية	☐	☐	☐	☐	☐

✓سادسًا: مقترحات وتوصيات (اختياري)

يرجى ذكر أي مقترحات أو ملاحظات لديك حول تحسين استخدام الطاقة الشمسية في المنازل:

Abstract

This study aims to explore the impact of residential solar energy utilization on enhancing energy sustainability in the Kingdom of Saudi Arabia, within the national shift toward renewable energy and the objectives of Vision 2030. Solar energy is considered one of the most promising sustainable solutions, particularly suited to the Kingdom's climatic, economic, and social conditions, as it offers a clean and renewable alternative that reduces reliance on fossil fuels.

The research problem focuses on assessing the extent to which solar energy adoption in residential buildings contributes to the achievement of energy sustainability across its environmental, economic, and social dimensions. To address this, a descriptive-analytical quantitative methodology was employed. The study involved a literature review and empirical analysis based on data collected through structured surveys targeting residents in major Saudi cities such as Riyadh, Jeddah, and Dammam.

The collected data were analyzed using advanced statistical tools, including regression and variance analysis, to examine the relationship between solar energy usage and energy sustainability indicators. The findings revealed a statistically significant positive correlation between the use of residential solar systems and reduced electricity consumption, improved economic efficiency, and lower carbon emissions.

The study concludes that promoting residential solar energy adoption requires activating financial incentives, intensifying public awareness programs, and updating the regulatory framework to support broader societal acceptance and accelerate the transition toward sustainable energy practices.

Keywords: Solar Energy, Energy Sustainability, Residential Sector, Saudi Vision 2030, Renewable Energy, Energy Efficiency, Carbon Emissions

Midocean University

**College of
Management**

**Master of Business
Administration**



The Role of Transformational Leadership in Promoting Innovation and Improving Organizational Performance

Prepared by:

Sultan Abdulaziz Alhuwayshil.

Supervised by:

Dr. Faisal Abdalhameed

Dr. Fayez Grad

Year: 2025