

عنوان البحث

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

إعداد الطالب/

سلطان بن عبدالعزيز الهويشل

إشراف/

د. الفيصّل عبد الحميد

د. فايز جرّاد

العام الدراسي:

٢٠٢٤

## 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 ٢٠٣٠، 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 ٢٠٣٠ 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 ٥٠٪ من احتياجاتها الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام ٢٠٣٠، 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 ٢٧٨ 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 ٣٠٠ ميجاوات، والذي بدأ العمل به كأول مشروع للطاقة المتجددة على نطاق واسع في المملكة. كما تم الإعلان عن مشروع "دومة الجندل" للطاقة الريحية بقدرة ٤٠٠ ميجاوات، مما يعزز التزام المملكة بتطوير مصادر طاقة نظيفة. إضافة إلى ذلك، تم إطلاق مبادرة السعودية الخضراء التي تهدف إلى تقليل الانبعاثات بمقدار ٢٧٨ مليون طن سنوياً بحلول عام ٢٠٣٠ من خلال مشاريع ضخمة للتشجير، مما يشمل زراعة ١٠ مليارات شجرة على مدى عقود، وإعادة تأهيل ٤٠ 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 ٢٠٦٠. 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 والمنتهدي 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 ٤٠٪ من إجمالي الكهرباء المنتجة، و ٧٠٪ من هذا الاستهلاك يُوجّه نحو التبريد، وهو ما

يشكل ضغطاً على الشبكة الكهربائية ويتطلب حلاً مستداماً [4]. في ضوء التحولات البيئية العالمية وأهداف رؤية ٢٠٣٠، تتزايد الحاجة في المملكة إلى تبني مصادر طاقة متجددة كبديل عن الوقود الأحفوري، لتعزيز استدامة القطاع السكني، وتقليل الانبعاثات الكربونية. تُعد 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 لتركييب 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 ٢٠٣٠ الرامية إلى تحقيق استدامة الطاقة. علاوة على ذلك، تُعد 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 ٤٠٪ من الكهرباء باستخدام النفط، وهو معدل يفوق المعدل العالمي بكثير، مما يزيد من الضغوط البيئية ويعوق تحقيق الاستدامة. ويضاف إلى ذلك أن حوالي ٧٠٪ 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 ٢٧٨ 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 ٢٠٣٠ 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، تُعدُّ 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 ٢٠٣٠ :تهدف الدراسة إلى اقتراح حلول عملية من شأنها دعم سياسات الطاقة المتجددة في المملكة، مما يتيح للمملكة تحقيق تقدم ملموس نحو رؤية ٢٠٣٠. 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 الملزمة التي قد تدعم وتعزز من استخدام الطاقة الشمسية في المنازل لتحقيق أهداف الاستدامة الوطنية ورؤية ٢٠٣٠؟

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 ٢٠٣٠ 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 يُسهم في خفض مستويات الانبعاثات الكربونية، والتي تعتبر أحد أهم العوامل التي تؤثر سلبًا 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 بقبول 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 ٢٠٣٠ 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 ٢٠٣٠ 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 ٢٠١٧ 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 ٢٠٣٠.

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 ٢٠٢١ إلى ٢٠٣٠. 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.

## ١. 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 ٢٠٣٠ 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.

## ٢. 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.

## ٣. 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 ملاءمة 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 ٢٠٣٠. 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:

#### ١- 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.

#### ٢- 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:

### ١. 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.

### ٢. 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.

### ٣. 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.

#### ٤. 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.

#### ٥. 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:

#### ١. 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.

## ٢. الحدود الزمنية

تغطي الدراسة الفترة الزمنية حتى عام ٢٠٢٣، 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.

## ٣. 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.

## ٤. 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.

## ٥. 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 ٢٠٣٠.

١. Rehman, S., Bader, M. A., & Al-Moallem, S. A. (2017). Economic feasibility of developing solar power projects in residential buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 206–214.
٢. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394–398.
٣. López-Rodríguez, M. A., & Santiago, I. (2018). Energy efficiency and renewable energy integration in buildings: Overview and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 311–318.
٤. Dincer, I., & Acar, C. (2015). The role of energy efficiency and renewable energy in sustainable development. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10(3), 370–381.
٥. Blanco, H., & Faaij, A. (2018). A review at the role of storage in energy systems with a focus on power to gas and long-term storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1049–1086.
٦. Soliman, M. H., El-Essawy, M. A., & Ahmed, R. R. M. (2021). Improving energy efficiency in residential buildings (Study of social housing in The New City of Fayoum). *Fayoum University Journal of Engineering*, 4(2), 104–120.