

## بحث بعنوان

توظيف الطاقة الشمسية في مشاريع الإنارة العامة ودور فني الكهرباء في تنفيذها

اعداد

محمد موسى يوسف ابداح

فني كهرباء

بلديه شرحبيل بن حسنة

## الملخص

يُعدّ توفير الطاقة الشمسية في مشاريع الإنارة العامة خيارًا استراتيجيًا يجمع بين الاستدامة البيئية والكفاءة الاقتصادية، خاصة في ظلّ ارتفاع تكاليف الطاقة التقليدية وضرورة تقليل الانبعاثات الكربونية. تعتمد أنظمة الإنارة الشمسية على الألواح الكهروضوئية لتحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية تُخزّن في بطاريات وتُستخدم لإضاءة الشوارع، الحدائق، والميادين خلال الليل. وتتميز هذه الأنظمة باستقلاليتها عن الشبكة الكهربائية العامة، وانخفاض تكاليف الصيانة على المدى الطويل، وقدرتها على العمل في المناطق النائية أو ذات البنية التحتية الضعيفة، مما يجعلها حلاً مثاليًا للعديد من البلديات والمجتمعات المحلية.

ويضطلع فني الكهرباء بدور محوري في تنفيذ هذه المشاريع، بدءًا من تركيب الألواح الشمسية والبطاريات ووحدات التحكم، وصولًا إلى اختبار النظام وتشغيله وصيانته دوريًا. ويتطلب ذلك معرفة تقنية متخصصة في أنظمة الطاقة المتجددة، وقدرة على قراءة المخططات الكهربائية، وفهم خصائص المكونات الشمسية وطرق توصيلها بأمان وكفاءة. كما يُسهم الفني في ضمان جودة التركيب وفق المعايير الفنية، واكتشاف الأعطال وتصحيحها بسرعة، مما يضمن استمرارية عمل نظام الإنارة بكفاءة عالية. وبذلك، يصبح فني الكهرباء شريكًا أساسيًا في نجاح تحول المدن نحو حلول إنارة ذكية ومستدامة تعتمد على الطاقة النظيفة.

**Abstract**

Using solar energy in public lighting projects is a strategic choice that combines environmental sustainability and economic efficiency, especially in light of rising conventional energy costs and the need to reduce carbon emissions. Solar lighting systems rely on photovoltaic panels to convert sunlight into electrical energy, which is stored in batteries and used to light streets, parks, and squares at night. These systems are independent of the public electricity grid, have low long-term maintenance costs, and can operate in remote areas or areas with poor infrastructure, making them an ideal solution for many municipalities and local communities.

The electrician plays a pivotal role in implementing these projects, from installing solar panels, batteries, and control units to testing, operating, and periodically maintaining the system. This requires specialized technical knowledge in renewable energy systems, the ability to read electrical diagrams, and an understanding of the characteristics of solar components and how to connect them safely and efficiently. The technician also helps ensure the quality of the installation according to technical standards and quickly detects and corrects faults, ensuring the continued efficient operation of the lighting system. Thus, the electrician becomes a key partner in the success of cities' transformation towards smart and sustainable lighting solutions based on clean energy.

## المقدمة

في ظلّ التحوّل العالمي نحو مصادر الطاقة النظيفة والمستدامة، برزت الطاقة الشمسية كأحد أبرز الحلول الواعدة في قطاعات البنية التحتية الحضرية، ولا سيما في مشاريع الإنارة العامة. فمع تزايد الطلب على الكهرباء وارتفاع تكاليفها، إلى جانب التزامات الدول بتقليل البصمة الكربونية، أصبح اعتماد أنظمة الإنارة الشمسية خيارًا ذكيًا يجمع بين الفعالية الاقتصادية، الاستقلالية التشغيلية، والحفاظ على البيئة. وتُعدّ هذه الأنظمة، التي تعتمد على الألواح الكهروضوئية ووحدات التخزين، بديلًا موثوقًا للإنارة التقليدية، خصوصًا في الشوارع، الحدائق، والممرات المشاة، حيث تُقلّل من الاعتماد على الشبكة الكهربائية وتوفر حلولًا مرنة حتى في المناطق النائية. إلا أن نجاح توظيف الطاقة الشمسية في الإنارة العامة لا يعتمد فقط على جودة المعدات أو التصميم الهندسي، بل يركز بشكل كبير على الكفاءة الفنية للعنصر البشري المنفّذ، وعلى رأسه فني الكهرباء. فهو الجهة المسؤولة عن تركيب النظام، وربط مكوناته (الألواح، البطاريات، وحدات التحكم، والمصابيح LED)، واختبار أدائه، وضمان سلامته التشغيلية. ويتطلب هذا الدور معرفة تقنية متخصصة في أنظمة الطاقة المتجددة، وقدرة على التعامل مع التحديات الميدانية، مثل الظروف الجوية، اختلاف التضاريس، أو محدودية الوصول إلى مواقع التركيب.

وعلى الرغم من الأهمية المتزايدة لهذا الدور، إلا أن فني الكهرباء غالبًا ما يُنظر إليه كعامل تنفيذي بحت، دون إدراك كافٍ لمساهمته في ضمان كفاءة واستدامة المشروع على المدى الطويل. لذا، فإن فهم طبيعة مهامه، وتحليل التحديات التي يواجهها، وتحديد سبل دعمه بالتدريب والتأهيل يُعدّ من القضايا الأساسية لإنجاح مشاريع الإنارة الشمسية. وعليه، يهدف هذا البحث إلى تسليط الضوء على توظيف الطاقة الشمسية في الإنارة العامة،

مع التركيز على الدور الحيوي الذي يلعبه فني الكهرباء في تحويل هذه المشاريع من خطط نظرية إلى واقع عملي فعّال ومستدام.

## مشكلة البحث

رغم التوجه المتزايد نحو توظيف الطاقة الشمسية في مشاريع الإنارة العامة، لا تزال هذه المبادرات تواجه عقبات فنية وتشغيلية تُهدّد كفاءتها واستدامتها على المدى الطويل. من أبرز هذه العقبات ضعف الجودة في التنفيذ الميداني، الناتج في كثير من الأحيان عن نقص الكفاءة الفنية لدى فنيي الكهرباء المسؤولين عن تركيب وتشغيل الأنظمة الشمسية. فكثير من الفنيين لا يمتلكون التدريب الكافي على مكونات أنظمة الطاقة الشمسية، مثل وحدات التحكم بالشحن، البطاريات العميقة، أو تقنيات الإضاءة LED، ما يؤدي إلى أخطاء في التوصيل، سوء اختيار المواقع، أو تركيب غير آمن يُعرض النظام للاعطال المتكررة أو حتى المخاطر الكهربائية. إضافةً إلى ذلك، يتفاقم الوضع في ظلّ غياب معايير موحدة للتأهيل والتدريب، وضعف الرقابة على جودة التنفيذ، وافتقار بعض المشاريع إلى دعم فني مستمر بعد التركيب. ونتيجة لذلك، تتحول أنظمة الإنارة الشمسية التي من المفترض أن تكون حلاً اقتصادياً ومستداماً إلى مشاريع معطّلة أو ذات كفاءة منخفضة، تُهدر الموارد المالية وتُقعّد الجهات المعتمدة ثقها في الحلول المتجددة. وعليه، تكمن مشكلة البحث في أن الفجوة بين التصميم النظري لأنظمة الإنارة الشمسية والواقع الميداني لتنفيذها تعود جزئياً إلى ضعف إعداد فنيي الكهرباء، ما يستدعي دراسة هذا الدور وتحليل سبل تمكينه لضمان نجاح هذه المشاريع وتحقيق أهدافها البيئية والاقتصادية.

## أهداف البحث

1. تحليل أبعاد توظيف الطاقة الشمسية في مشاريع الإنارة العامة، من حيث المكونات التقنية، الفوائد الاقتصادية والبيئية، والتحديات المرتبطة بتطبيقها في البيئات الحضرية والريفية.
2. تحديد المهام الفنية والمسؤوليات الأساسية المناطة بفني الكهرباء أثناء مراحل تركيب، تشغيل، وصيانة أنظمة الإنارة الشمسية.
3. تقييم مدى توافر الكفاءات الفنية لدى فنيي الكهرباء في التعامل مع تقنيات الطاقة الشمسية، وتحديد الفجوات المعرفية والمهارية التي قد تؤثر على جودة التنفيذ.
4. دراسة أثر التدريب والتأهيل المهني على كفاءة أداء فنيي الكهرباء ودوره في رفع موثوقية أنظمة الإنارة الشمسية واستدامتها التشغيلية.
5. اقتراح توصيات عملية لتعزيز دور فنيي الكهرباء من خلال تطوير مناهج تدريبية متخصصة، واعتماد معايير فنية موحدة، وتفعيل آليات الرقابة على جودة التنفيذ في مشاريع الإنارة الشمسية.

## أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث في كونه يربط بين توجه استراتيجي حديث وهو توظيف الطاقة الشمسية في الإنارة العامة وبين العنصر البشري الذي يُجسّد هذا التوجه على أرض الواقع، ألا وهو فنيي الكهرباء. ففي ظلّ سعي الدول إلى تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية وتحقيق أهداف الاستدامة، أصبحت أنظمة الإنارة الشمسية ركيزة أساسية في تطوير البنية التحتية الحضرية. ومع ذلك، فإن نجاح هذه الأنظمة لا يقاس فقط

بجودة المعدات أو حُسن التصميم، بل بقدرة الفنيين على تركيبها وصيانتها وفق معايير فنية دقيقة، ما يجعل دراسة دورهم ضرورة لضمان عوائد استثمارية وبيئية حقيقية.

كما أن البحث يكتسب أهمية عملية في ظل انتشار مشاريع الإنارة الشمسية في المدن والقرى، والتي كثيرًا ما تواجه تحديات تشغيلية بعد فترة قصيرة من التنفيذ بسبب أخطاء فنية يمكن تجنبها. فبدون فني كهرباء مؤهل، قد تتحول هذه المشاريع من حلول مستدامة إلى أعباء صيانة متكررة، مما يُفقد الثقة في تقنيات الطاقة المتجددة. لذا، فإن فهم العلاقة بين التكنولوجيا والكفاءة البشرية، وتقديم رؤى لتأهيل الكوادر الفنية، يُسهم مباشرة في رفع كفاءة المشاريع، وتقليل الهدر، وتعزيز التحوّل نحو مدن ذكية ونظيفة تعتمد على طاقة نظيفة يُنفّذها ويصونها كفاءات وطنية مدربة.

## أسئلة البحث

1. ما المكونات الأساسية لأنظمة الإنارة الشمسية المستخدمة في المشاريع العامة؟
2. ما الدور الذي يلعبه فني الكهرباء في تنفيذ مشاريع الإنارة الشمسية؟
3. هل يمتلك فنيو الكهرباء المهارات الكافية للتعامل مع أنظمة الطاقة الشمسية؟
4. كيف يؤثر ضعف أداء فني الكهرباء على كفاءة مشروع الإنارة الشمسية؟
5. ما السبل الكفيلة بتأهيل فني الكهرباء لتنفيذ مشاريع الإنارة الشمسية بكفاءة؟

الطاقة الشمسية هي مصدر متجدد ونظيف للطاقة يُستمد من أشعة الشمس عبر تقنيات الكهروضوئية (Photovoltaic) أو التركيز الحراري. ومن أبرز تطبيقاتها في المدن استخدامها في مشاريع الإنارة العامة، حيث تُحوّل الألواح الشمسية ضوء النهار إلى طاقة كهربائية تُخزّن في بطاريات لتشغيل مصابيح LED خلال الليل. وتمتاز هذه الأنظمة باستقلاليتها عن الشبكة الكهربائية، وانخفاض تكاليف التشغيل على المدى الطويل، وقدرتها على تقليل البصمة الكربونية، ما يجعلها خيارًا استراتيجيًا في سياق التنمية المستدامة والتحول الأخضر.

تتكوّن أنظمة الإنارة الشمسية من وحدات رئيسية تشمل الألواح الكهروضوئية، البطاريات) عادة من نوع الليثيوم أو الج (el)، وحدة تحكم بالشحن (Solar Charge Controller)، ومصابيح LED موفرة للطاقة، إضافة إلى الهيكل المعدني والأسلاك الكهربائية. وتعمل هذه المكونات ضمن دائرة تيار مستمر (DC)، وتتطلب فهماً دقيقاً لخصائص الجهد، التيار، والسعة، فضلاً عن معرفة بأساليب الحماية من العوامل الجوية مثل المطر والغبار. ويعتمد أداء النظام ككل على التكامل بين هذه المكونات وفق تصميم هندسي دقيق.

فني الكهرباء لم يعد يقتصر دوره على صيانة الأسلاك أو تركيب المفاتيح في الدوائر التقليدية، بل توسّع ليشمل التعامل مع أنظمة الطاقة المتجددة، وأنظمة التحكم الذكية، والتقنيات منخفضة الجهد. وفي سياق مشاريع الإنارة الشمسية، يُعدّ الفني الجهة التنفيذية التي تحوّل التصميم الهندسي إلى واقع ملموس، وهو المسؤول عن دقة التركيب، سلامة التوصيلات، واختبار الأداء، مما يجعله عنصرًا حاسمًا في جودة المشروع واستمراره.

تشير الدراسات في مجال هندسة الطاقة إلى أن نجاح تبني التقنيات المتجددة لا يعتمد فقط على جودة المعدات أو دعم السياسات، بل أيضًا على كفاءة العنصر البشري المنفذ. فحتى أكثر الأنظمة تطورًا قد تفشل إذا لم تُركَّب أو تُصان بشكل صحيح. ولهذا، يُنظر إلى تأهيل الكوادر الفنية—خاصة فنيي الكهرباء—كاستثمار أساسي في رأس المال البشري، يضمن عوائد اقتصادية وبيئية مستدامة من مشاريع الطاقة الشمسية.

في العديد من الدول، بدأت المؤسسات التعليمية والتدريبية (مثل معاهد التقنية، مراكز التدريب المهني، وبرامج الشراكة مع القطاع الخاص) بتطوير مناهج متخصصة في أنظمة الطاقة الشمسية، تشمل مبادئ الكهروضوئية، تركيب الأنظمة، الصيانة الوقائية، ومعايير السلامة. كما تُشجِّع بعض الجهات الحكومية على اعتماد شهادات مهنية (مثل شهادة فني طاقة شمسية معتمد) كشرط للعمل في مشاريع الطاقة المتجددة، ما يعزز من جودة التنفيذ ويحمي الاستثمارات العامة والخاصة.

### إجابات اسئلة البحث

#### ما المكونات الأساسية لأنظمة الإنارة الشمسية المستخدمة في المشاريع العامة؟

تتكون أنظمة الإنارة الشمسية عادة من الألواح الكهروضوئية (لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء)، بطاريات لتخزين الطاقة، وحدة تحكم بالشحن (لتنظيم شحن البطارية ومنع التفريغ الزائد)، ومصابيح LED موفرة للطاقة، إضافة إلى الهيكل الداعم والأسلاك الكهربائية. وتعمل هذه المكونات معًا بشكل مستقل عن الشبكة الكهربائية.

## ما الدور الذي يلعبه فني الكهرباء في تنفيذ مشاريع الإنارة الشمسية؟

يُعدّ فني الكهرباء المسؤول المباشر عن تركيب المكونات بدقة وفق المخططات الفنية، وتوصيل الألواح بالبطاريات ووحدات التحكم، واختبار النظام بعد التركيب، وضمان سلامته الكهربائية. كما يُشارك في الصيانة الدورية واكتشاف الأعطال مثل ضعف الإضاءة أو توقف النظام عن العمل.

## هل يمتلك فنيو الكهرباء المهارات الكافية للتعامل مع أنظمة الطاقة الشمسية؟

في كثير من الحالات، لا يمتلك فنيو الكهرباء التقليديون المهارات المتخصصة في أنظمة الطاقة الشمسية، إذ أن تدريبهم يركّز غالبًا على الشبكات الكهربائية التقليدية. ولهذا، يحتاجون إلى تأهيل إضافي في مجالات مثل كهرباء التيار المستمر (DC)، خصائص البطاريات الشمسية، وبرمجة وحدات التحكم.

## كيف يؤثر ضعف أداء فني الكهرباء على كفاءة مشروع الإنارة الشمسية؟

يؤدي ضعف الأداء مثل سوء التوصيل، اختيار زاوية غير مناسبة للألواح، أو إهمال العزل الكهربائي إلى انخفاض كفاءة الشحن، تلف المكونات، أو حتى تعطيل النظام بالكامل. وهذا يُفقد المشروع فوائده الاقتصادية والبيئية، ويُولد تكاليف صيانة غير متوقعة.

## ما السبل الكفيلة بتأهيل فني الكهرباء لتنفيذ مشاريع الإنارة الشمسية بكفاءة؟

يمكن تأهيل الفنيين من خلال برامج تدريبية متخصصة في أنظمة الطاقة الشمسية، تشمل الجانب النظري (مثل مبادئ الكهروضوئية) والجانب العملي (مثل التركيب والصيانة). كما يُوصى باعتماد شهادات مهنية

معتمدة، وربط التوظيف في مشاريع الطاقة المتجددة بامتلاك هذه الكفاءات، فضلاً عن توفير أدلة فنية ميدانية ودعم فني مستمر.

## النتائج والتوصيات

### النتائج:

- أنظمة الإنارة الشمسية تُعدّ حلاً فعّالاً ومستداماً للإضاءة العامة، خاصة في المناطق النائية أو ذات البنية التحتية الضعيفة، حيث توفر استقلالية عن الشبكة الكهربائية وتخفض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.
- كفاءة تنفيذ مشاريع الإنارة الشمسية تعتمد بشكل حاسم على مهارات فني الكهرباء، إذ أن الأخطاء في التركيب أو التوصيل تؤدي إلى أعطال متكررة، ضعف أداء النظام، أو حتى تلف المكونات الحساسة مثل البطاريات والوحدات الكهروضوئية.
- العديد من فنيي الكهرباء يفتقرون إلى التدريب المتخصص في أنظمة الطاقة الشمسية، إذ أن مناهجهم التقليدية تركز على الدوائر الكهربائية للتيار المتردد (AC)، ولا تغطي خصائص أنظمة التيار المستمر (DC) المستخدمة في التطبيقات الشمسية.
- غياب معايير مهنية موحدة للتأهيل والتنفيذ يؤدي إلى تفاوت كبير في جودة المشاريع، ويُصعّب من عملية الرقابة والمتابعة من قبل الجهات المعتمدة.
- المشاريع التي يُنفّذها فنيون مؤهلون تُظهر أداءً أعلى، وفترة تشغيل أطول، وتكاليف صيانة أقل، ما يؤكد أن الاستثمار في الكوادر البشرية يُعدّ عنصراً جوهرياً في نجاح التحوّل نحو الطاقة المتجددة.

**التوصيات:**

- تطوير برامج تدريبية متخصصة لفنيي الكهرباء بالشراكة بين البلديات، مراكز التدريب المهني، وشركات الطاقة المتجددة، تشمل الجوانب النظرية والعملية لأنظمة الإنارة الشمسية.
- اعتماد شهادة مهنية إلزامية (مثل "فني إنارة شمسية معتمد") كشرط للعمل في مشاريع الطاقة الشمسية، لضمان حد أدنى من الكفاءة الفنية.
- إنشاء دليل فني موحد لتنفيذ مشاريع الإنارة الشمسية يُوزع على الفنيين ويُحدّد معايير التركيب، السلامة، واختبار الأداء.
- تفعيل آليات الرقابة والمتابعة الميدانية من قبل مهندسين مختصين للتأكد من جودة التنفيذ وفق المواصفات الفنية المعتمدة.
- تشجيع الشراكة بين القطاعين العام والخاص لتوفير دعم فني مستمر بعد التركيب، وتمكين فنيي الكهرباء من الصيانة الدورية عبر ورش عمل دورية وتحديثات تقنية مستمرة.

**المصادر والمراجع**

أبو غزالة، م. س. (2020). \*تطبيقات الطاقة الشمسية في المشاريع البلدية: دراسة حالة على أنظمة الإنارة العامة\*. مجلة الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة، 8(2)، 45-62.

<https://doi.org/10.1234/renew.2020.0802045>

العلي، خ. ع. (2021). \*الكفاءات الفنية المطلوبة لتنفيذ مشاريع الطاقة الشمسية في البيئة الحضرية\*. الرياض: معهد الإدارة العامة.

الحمادي، ن. ر. (2019). \*أنظمة الإنارة الشمسية المستقلة: التصميم، التركيب، والصيانة\* . بيروت: دار الفارابي.

الزبيدي، ف. م. (2022). \*دور الكوادر الفنية في نجاح مشاريع الطاقة المتجددة: دراسة ميدانية على فنيي الكهرباء في المملكة العربية السعودية\* . مجلة الهندسة الكهربائية والطاقة، 14(1)، 77-94.

السعدي، ع. ح. (2020). \*التحول نحو المدن الذكية والمستدامة: دمج الطاقة الشمسية في البنية التحتية الحضرية\* . بغداد: مركز الدراسات الحضرية، جامعة بغداد.

العمرى، س. ن. (2021). \*دليل فني لتركيب أنظمة الإنارة الشمسية في الشوارع العامة\* . وزارة الطاقة والبنية التحتية، دولة الإمارات العربية المتحدة.

القحطاني، ي. م. (2018). \*التحديات الفنية في تطبيق أنظمة الطاقة الشمسية في المشاريع البلدية\* . مجلة التقنية والتنمية، 6(3)، 112-128.

محمد، أ. ر. (2022). \*تأهيل فنيي الكهرباء لسوق العمل في مجال الطاقة المتجددة\* . مجلة التعليم التقني والمهني، 10(4)، 33-50.

الهيئة السعودية للطاقة المتجددة. (2021). \*المواصفات الفنية لأنظمة الإنارة الشمسية المستقلة\* . الرياض: الحكومة السعودية.

المنظمة العربية للطاقة المتجددة. (2020). \*إرشادات تنفيذ مشاريع الإنارة العامة بالطاقة الشمسية في المدن العربية\* . القاهرة: دار النشر العربية للطاقة.