إنارة الطرق والشوارع بالطاقة الشمسية

أ. هدى يوسف السويحلي

كلية الهندسة، جامعة الزيتونة

المستخلص:

تشكل انارة الشوارع جزءاً مهماً من الاستهلاك العالمي للطاقة، حيث يُقدر بحوالي 15% من الاستهلاك الإجمالي، ويسهم هذا الاستهلاك بنحو 5% من اجمالي انبعاثات الكربون. تدرك الحكومات إن زيادة استخدام الطاقات المتجددة من شأنه ان يوفر مليارات الدنانير سنوياً، وتكتمل هذه المنفعة الاقتصادية بخيار الطاقة الشمسية الصديقة للبيئة.

تناولت الدراسة العوامل المحفزة لاعتماد تقنيات الطاقة الشمسية في انارة الشوارع والطرق من خلال المقارنة بينها وبين الإضاءة التقليدية.

أجريت الدراسة على شارع (الرشاح) وهو شارع حيوي بمنطقة جنزور، ليبيا ويبلغ طوله 3500 متر ويفتقر هذا الشارع حتى للإنارة التقليدية، وقد أظهرت الدراسة انه من الممكن توفير 189 ميجاوات من الطاقة المستهلكة وتجنب كمية من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون تصل الى 32 طن سنوياً، من خلال اعتماد 175 وحدة انارة شمسية.

الكلمات المفتاحية: الشمس ـ انارة ـ بيئة.

1. المقدمة

تعتبر الطاقة الشمسية مصدراً نظيفاً ومتجدداً للطاقة، يمكن استغلاله بشكل فعال في توفير الانارة اللازمة للشوارع والطرق ويعد هذا النوع من الانارة بديلاً مستداماً للإنارة التقليدية كما انه يعتبر استثماراً ذكياً على المدى الطويل.

1-1 مشكلة الدراسة

تعدً إنارة الطرق والشوارع من العناصر الأساسية للبنية التحتية الحضارية، حيث تسهم لتحسين السلامة المرورية وتوفير الامن للمشاة والمركبات ومع ذلك، تعاني بعض المناطق الحيوية من غياب الانارة التقليدية مما يؤدي الى زيادة معدلات الحوادث والجريمة وفي ظل التوجه العالمي نحو الطاقة النظيفة، تهدف هذه الدراسة الى تحليل إمكانية تطبيق نظام انارة الطرق بالطاقة الشمسية.

2-1 أهداف الدراسة

الهدف الرئيسي لهذه الورقة البحثية هو توضيح أهمية التحول الى تقنيات الطاقة الشمسية في انارة الشوارع حيث يسهم هذا التحول في توفير استهلاك الكهرباء والحفاظ على البيئة.

3-1 منهجية الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي والميداني من خلال:

- مراجعة الدراسات السابقة المتعلقة بإنارة الطرق بالطاقة الشمسية للاستفادة من الخبرات والتجارب السابقة.
- جمع البيانات حول أنظمة الانارة التقليدية وانارة الطاقة الشمسية ومقارنتها.
- إجراء دراسة ميدانية: تتضمن زيارة الجهات ذات الصلة.

4-1 الدراسات السابقة

دراسة بعنوان تصميم مقترح لمصابيح الشوارع بالطاقة الشمسية، ماليزيا (ليون بوك واخرون، 2018) توصلت هذه الدراسة البحثية الى ان مصابيح الشوارع الشمسية اكثر كفاءة من الإضاءة التقليدية بالإضافة الى انها اكثر امان [10]

دراسة بعنوان انارة الشوارع باستخدام الطاقة الشمسية ببلدية الزاوية، (عبد الباري واخرون، 2019) توصلت الدراسة الى ان التوفير في الطاقة الكهربائية باستخدام

أعمدة الانارة بالطاقة الشمسية ببلدية الزاوية يكفي قرابة 400 منزل على أساس ان الاستهلاك الشهري للمنزل 1500 كيلووات ساعة [8].

2. منظومة الانارة بالطاقة الشمسية

تتكون أنظمة الانارة الشمسية من 5 مكونات أساسية هي:

- **الالواح الشمسية**

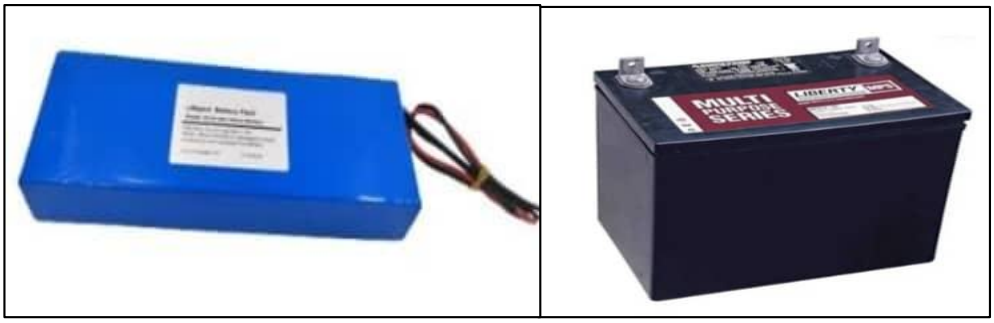
تتنوع الالواح الشمسية بين نوعين: احداهما أحادية البلورية والأخرى متعددة البلورية واللوحة الشمسية هي وحدة كهروضوئية تستخدم الاشعاع الشمسي لتوليد الكهرباء.

شكل (1) أنواع الخلايا الشمسية المتواجدة بالأسواق [1]

- **البطارية**

تستخدم البطارية لتخزين الطاقة الكهربائية التي تم جمعها من الالواح الشمسية لاستخدامها عندما لا يكون هناك ضوء شمس متاح.

يوجد أنواع عديدة من البطاريات المستخدمة في انارة الشوارع بالطاقة الشمسية واعتباراً من عام 2024 أصبحت بطارية (LIFEPO4) ليثيوم فوسفات الحديد هي الأكثر شيوعاً، حيث تتمتع بكثافة طاقة عالية وحجم صغير وعمر خدمة طويل.



شكل (2) أفضل أنواع البطاريات المستخدمة في الانارة الشمسية [2].

- **مصابيح (LED)**

تتمتع مصابيح LED بعمر افتراضي طويل وكفاءة كهربائية أكبر من المصابيح المتوهجة وتحقق اعلى معايير الجودة في جميع انحاء العالم.

شكل (3) مصابيح LED المستخدمة في الانارة الشمسية [3]

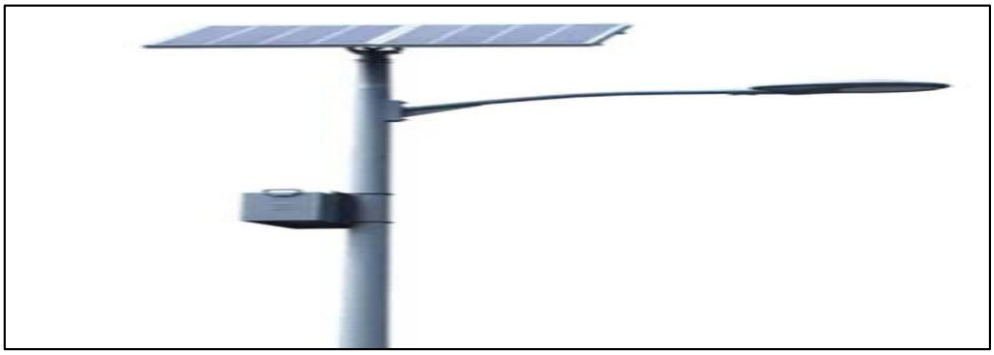
- **وحدة التحكم**

وحدة التحكم هي المكون الأساسي لنظام اضاءة الطرق بالطاقة الشمسية، وتستخدم للإدارة عملية شحن البطارية وتفريغها، وحمايتها من الشحن والتفريغ الزائد.

شكل (4) وحدة التحكم المستخدمة في الانارة الشمسية [3].

- **وحدة الانارة**

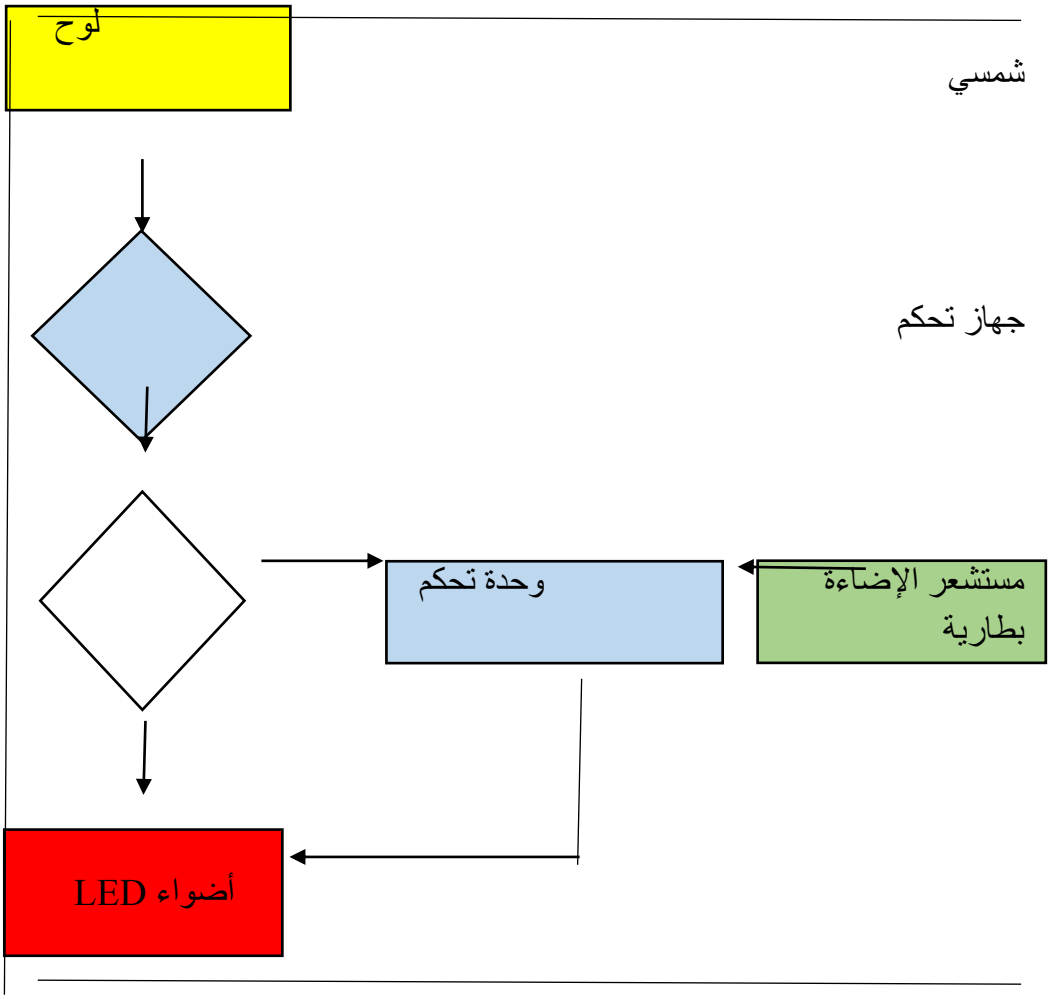
هو الهيكل الذي ترتكز عليه جميع مكونات النظام الشمسي للإنارة.



شكل (5) عمود انارة شمسية.

3. آلية عمل منظومة انارة الطرق بالطاقة الشمسية

عندما تسقط اشعة الشمس على اللوح الشمسي فإن الفوتونات الصادرة عن ضوء الشمس تنقل الطاقة الى الالكترونات الموجودة في المادة المصنوع منها اللوح الشمسي، مما يتسبب في تحرير هذه الالكترونات من روابطها الذرية ونتيجة لدلك، يتم توليد تيار كهربائي وتصبح هذه الالكترونات المحررة بمثابة شريان الحياة لضوء LED الذي يعمل بالطاقة الشمسية.



شكل (6) آلية عمل منظومة انارة الطرق بالطاقة الشمسية.

4. أنواع أنظمة الطاقة الشمسية الضوئية

- **أنظمة متصلة بالشبكة**

تكون هذه الأنظمة متصلة بشبكة الكهرباء حيث يمكن سحب الكهرباء من الشبكة عندما يكون انتاج الطاقة الشمسية غير كاف.

- **أنظمة مستقلة عن الشبكة**

تعمل هذه الأنظمة بشكل مستقل عن شبكة الكهرباء، حيث تشمل بطاريات لتخزين الكهرباء للاستخدام خلال فترات الليل.

5. مقارنة بين النظام التقليدي والنظام الشمسي

يوضح جدول (1) مقارنة بين النظام التقليدي والنظام الشمسي لإنارة الطرق:

انارة شمسية		انارة تقليدية
تكون تكلفة الانارة الشمسية الأولية عالية ولكنها تعتبر استثماراً طويل الاجل	**التكلفة**	تحتاج الانارة التقليدية الى توصيل كهرباء من مصادر خارجية مما يؤدي الى تكاليف تشغيل عالية
تستمد طاقتها من الطاقة الشمسية المجانية	**استهلاك الطاقة**	تستهلك كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية
صيانة اقل نسبياً	**الصيانة**	تتطلب صيانة دورية وتغيير مصابيح الانارة بانتظام
صديقة للبيئة	**التأثير البيئي**	ذات تأثير سلبي بسبب انبعاثات الكربون
تعمل بشكل مستقل عن الشبكة	**الاستقلالية**	تعتمد على استمرار توفر الكهرباء من الشبكة
أسهل في التركيب لأنها لا تحتاج الى اسلاك او حفر خنادق تحت الأرض، مطلوب فقط أساس خرساني لتركيب عمود	**تكلفة التركيب**	تتطلب حفر خنادق ومد اسلاك تحت الأرض لتوصيلها بالشبكة
12 فولت \ تيار مستمر امن على الانسان لا يسبب أي حوادث صدمات كهربائية	**السلامة**	240 فولت \ تيار متردد قد يؤدي الى صعق كهربائي

جدول (1) مقارنة بين النظام الشمسي والنظام التقليدي لإنارة الطرق.

6. تحليل لتكلفة الإضاءة التقليدية

يبين جدول (2) تحليل لتكلفة الإضاءة التقليدية لعدد 1000 وحدة اضاءة:

1000	عدد الوحدات	1
250	قدرة (W)	250
12	مدة العمل (ساعة)	12
360 × 12 × 1000 × 0.25 = 1,080,000	استخدام الطاقة السنوي (كيلووات. ساعة)	360 × 12 × 0.25 = 1080
270000	التكلفة السنوية لكل كيلووات ساعة (دينار ليبي)	1080 × 0.25 = 270

جدول (2) تحليل تكلفة الإضاءة التقليدية

7. انارة الشوارع بالطاقة الشمسية والبيئة

ان انارة الشوارع بالطاقة الشمسية لها تأثير كبير على الاستدامة البيئية، إذ تقلل من الحاجة الى الوقود الاحفوري، كما أنها غير متصلة بشبكة الكهرباء، ومن خلال استغلال الطاقة الشمسية المتجددة، فأنها تعمل دون انبعاث غازات ضارة مما يساهم في بناء نظام بيئي أكثر صحة وتتوافق هذه المنفعة البيئية مع الجهود العالمية لمكافحة تغير المناخ وتقليل اثار الكربون.

- كل كيلووات ساعة ينتج عنه 0.24 كيلوجرام من ثاني أكسيد الكربون [4]، بعد حساب الطاقة المستهلكة من أعمدة الشوارع التقليدية والتي كانت 1080 كيلووات ساعة للعمود الواحد سنوياً تكون كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة من عمود اضاءة يعمل لمحطة كفاءتها 70% ما يقارب 181 كيلوجرام من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

8. دراسة الحالة

نجحت بعض الدول في تنفيذ نظام الانارة الشمسية للطرق ومن هذه الدول:

- الشارقة: بلغ عدد أعمدة الانارة التي تعمل بالطاقة الشمسية في عدة مناطق 1350 عموداً على مساحة تجاوزت 30 كيلومتراً [5]

- المغرب: شهدت مدن مغربية عديدة تطورات كبيرة في اعتماد الانارة بالطاقة الشمسية وفي مدينة (شفشاون) تم تنفيذ مشروع نموذجي لإضاءة الشوارع باستخدام أكثر من 300 عمود انارة يعمل بالطاقة الشمسية، مما أسهم في تقليل استهلاك الطاقة بنسبة 40% وتحسين كفاءة الإضاءة [6]
- الصومال: تساهم انارة الشوارع بالطاقة الشمسية في اعادة الامن والسلامة الى الصومال [9]
- ليبيا: نجحت شركة انسياب ليبيا سولار لمنظومات الطاقة الشمسية [7] في تنفيذ مشروع انارة شمسية لطريق بطول 3 كيلومترات تقريباً بمنطقة شنطير، كما هوا موضح في شكل (7) وجدول (3).

قدرة مصباح LED	(W) 60
عدد الاعمدة	120 عمود
مسافة بين الاعمدة	24 متر
النوع	صف واحد \ فردي
نوع اللوحة	All in one ssls

جدول (3) مواصفات مشروع اضاءة شمسية بمنطقة شنطير ليبيا [8]

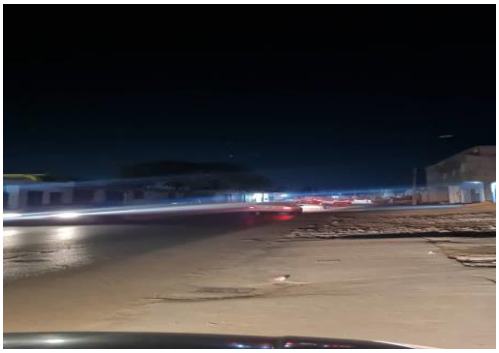
شكل (7) انارة شمسية بمنطقة شنطير ليبيا [8].

1.8 النموذج المستهدف للدراسة

تم زيارة شارع (الرشاح) بمدنية جنزور، ليبيا، والذي يمتد على طول 3500 متر كما هوا موضح في شكل (8). يربط هذا الشارع بين عدة طرق حيوية، ويفتقد الى أعمدة الانارة التقليدية، حيث تعتمد الحركة فيه ليلاً على انارة المركبات والمحلات للرؤية ويوضح جدول (4) وما يحتاجه هذا الشارع كنموذج مستهدف للإنارة بالطاقة الشمسية.

طول الشارع (متر)	3500
عرض الشارع (متر)	12-11
عدد الاعمدة المستهدف	175
طول العمود (متر)	10
المسافة بين الاعمدة (ضعف طول العمود) (متر)	20
ما يمكن توفيره من الطاقة سنوياً (كيلووات ساعة)	189000
كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الممكن تجنبه سنوياً (طن)	32

جدول(4) مواصفات نموذج مستهدف للانارة بالطاقة الشمسية



شكل (8) شارع بمدينة جنزور كنموذج مستهدف للإنارة الشمسية

2.8 التحديات الحالية

- غياب الانارة مما يزيد من احتمالية الحوادث الليلية.
- ضعف الرؤية للمشاة والسائقين.
- ارتفاع معدلات الجريمة خلال اليل.

3.8 الفوائد المتوقعة

- تحسين مستوى الأمان للسائقين والمشاة.
- توفير كبير في تكاليف الطاقة والصيانة.
- تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق الاستدامة البيئية.

9. النتائج

توصلت هذه الدراسة الى النتائج التالية:

1. من خلال اعتماد 175 وحدة انارة شمسية، يمكننا توفير 189 ميجاوات من الطاقة المستهلكة وتجنب انبعاث 32 طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً.
2. توفير تكاليف حفر الخنادق تحت الأرض لتوصيل الاسلاك.
3. الحد من استنزاف مصادر الطاقة غير المتجددة، وهي خطوة جيدة لتطبيق الترشيد في استهلاك الطاقة.

10. التوصيات

1- لتعزيز استخدام التقنيات الشمسية في ليبيا، يمكن للحكومة تشجيع الاستثمار في التكنلوجيا الشمسية من خلال توفير الدعم التقني والمالي للأفراد والشركات.

2- تعزيز الوعي بفوائد الطاقة الشمسية ومردودها الاقتصادي، وإقامة دورات تدريبية في مجال تركيب وصيانة أعمدة الانارة الشمسية.

11. المراجع

[1] أنواع الخلايا الشمسية المتواجدة بالأسواق\ www.electrobrahim.com

[2] أفضل بطاريات اضاءة الشوارع بالطاقة الشمسية\ info@luxmanlight.com

[3] أفضل 10 مصابيح LED لشوارع تعمل بالطاقة الشمسية، ستيفن ليانج، ديسمبر- 2024 \ www.vorlane.com

[4] الاقتصاد والبيئة والطاقات والابتكارات والمجتمع \ www.econologie.com

[5] عصام الدين عوض، 1350 عمود إنارة يعمل بالطاقة الشمسية في الشارقة، نوفمبر- 2018 \ www.albayan.ae

[6] تستاوت علي، الانارة الشمسية في المغرب نحو مدن مستدامه، يناير – 2025 \ www.aljalya.ma

[7] شركة انسياب ليبيا سولار\ info@solar-libya.com

[8] عبد الباري، إبراهيم (2019)، انارة الشوارع باستخدام الطاقة الشمسية ببلدية الزاوية، المؤتمر الهندسي الثاني لنقابة المهن الهندسية بالزاوية لسنة 2019

[9] u.s.Agency(2017). Transforming Lives، Report for International Development، solar street lights bring safety and business back to SOMALIA.

[10] Liew Pok Huai and Assoc. Prof. Dr. Hj. Zainal Abidin B. Hj. Akasah\ UTHM- 2018