حلول الطاقة المستدامة للمواكب الخدمية وطريق الزائرين خلال الزيارة الأربعينية

أ. د. حسن شاكر مجدي
قسم الهندسة الكيميائية والصناعات النفطية/كلية المستقبل الجامعة
dr.hasanshker@uomus.edu.iq

ا. م. د. علي ادهم
مركز التدريب وورش العمل/ الجامعة التكنولوجية
aliadham12@gmail.com

ا. م. د. ليث جعفر حبيب
مركز التدريب وورش العمل/الجامعة التكنولوجية
Laith.J.Habeeb@uotechnology.edu.iq

الملخص

تمثل زيارة الأربعينية، التي تعد من أكبر التجمعات الدينية في العالم، تحديًا فريدًا من حيث الطلب على الطاقة. حيث يشهد العراق في هذه الزيارة توافد ملايين الزوار إلى كربلاء المقدسة. من أجل توفير طاقة نظيفة ومستدامة للمواكب الحسينية والمؤسسات الخدمية على مدار الساعة، يتطلب الأمر حلولًا مبتكرة وفعالة. يعرض هذا البحث استخدام مزيج من الطاقة المستدامة والنظيفة وسوف نستخدم الطاقة الشمسية والطاقة الحركية كحل مستدام لتلبية احتياجات الطاقة خلال ذروة الزيارة. حيث تعمل الطاقة الشمسية على توفير الطاقة خلال النهار، بينما توفر الطاقة الحركية الناتجة عن حركة الزوار مصدرًا إضافيًا للطاقة خلال فترة الليل وايضا نهارا. استخدام مزيج من الطاقة يقلل الكلفة الكلية للمشروع وذلك بتقليل استخدام البطاريات الباهظة الثمن. علاوة على ذلك، يناقش هذا البحث كيفية تخزين هذه الطاقة وإمكانية إعادتها إلى الشبكة الوطنية ما عدا ايام الزيارة مما يعتبر موردا اقتصاديا للجهة التي تنفذها والتي تساهم في تحسين كفاءة النظام الكهربائي الوطني بشكل عام. لذا سوف تكون نتائج خدمات الزيارة الاربعينية مستمرة في العطاء في تقديم خدمة للجميع وبتواصل مستمر.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المستدامة، الزيارة الأربعينية، الطاقة النظيفة، الطاقة الشمسية، الطاقة الحركية، تخزين الطاقة، الشبكة الوطنية، الاستدامة البيئية، المواكب الخدمية، طريق الزائرين، العراق.

Abstract:

The Arbaeen pilgrimage, one of the largest religious gatherings in the world, presents a unique challenge in terms of energy demand. During this event, millions of pilgrims converge on the holy city of Karbala, Iraq. Providing clean and sustainable energy for the Hussainiya service tents and support institutions around the clock requires innovative and efficient solutions, This research explores the use of a hybrid system of sustainable and clean energy sources, specifically integrating solar and kinetic energy, to meet the energy demands during the peak of the pilgrimage. Solar energy will be utilized during daylight hours, while kinetic energy generated by pilgrims' movement can supplement power needs during both night and daytime,The adoption of such a hybrid system significantly reduces overall project costs by minimizing reliance on expensive battery storage systems. Moreover, the study discusses methods for storing the generated energy and the potential to reintegrate it into the national power grid outside the pilgrimage period. This provides an economic benefit for the implementing entities and contributes to improving the overall efficiency of the national electricity system ,Therefore, the outcomes of this sustainable energy model will ensure the continuity of services during the Arbaeen pilgrimage and extend their benefits beyond the event itself.

Keywords:Sustainable energy, Arbaeen pilgrimage, clean energy, solar power, kinetic energy, energy storage, national grid, environmental sustainability, service tents, pilgrims' route, Iraq.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
w w w . a r b n j . c o m
المجلد الثالث - العدد الأول- السنة الثالثة

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
ربيع الأول - ١٤٤٧هـ ايلول - ٢٠٢٥م

المقدمة

خلفية الزيارة الأربعينية

-الأهمية الدينية: الزيارة الأربعينية هي ذكرى استشهاد الإمام حسين عليه السلام، ويشارك فيها ملايين المسلمين الشيعة من جميع أنحاء العالم. تشهد هذه الزيارة العديد من المواكب الحسينية، المسيرات الدينية، والعديد من المؤسسات الخدمية(Climate-related hazards)

-الطلب على الطاقة: خلال هذه المناسبة، يتزايد الطلب على الطاقة بشكل كبير، حيث تستمر الزيارة لعدة أيام ويزداد استهلاك الطاقة لمواكبة احتياجات الزوار، (Naveenkumar et al., ٢٠٢٢).

شكل رقم ١: صورة توضح الاعداد الهائلة للزوّار.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

التحديات الحالية في توفير الطاقة

- انقطاعات التيار الكهربائي: يعاني العراق بشكل عام من نقص في الطاقة الكهربائية، وفي مناسبات كبيرة مثل الزيارة الأربعينية، تحدث انقطاعات متكررة في التيار الكهربائي، مما يؤثر على تقديم الخدمات وسلامة الزوار((Johnson & Arino، ٢٠١٩)).
- (Patel et al.، ٢٠٢٢)
- التأثير البيئي: الاعتماد على وسائل توليد الطاقة التقليدية، وخاصة الوقود الأحفوري، يزيد من التحديات البيئية ويسهم في التلوث وتغير المناخ، (Zhang et al., 2021)

شكل رقم ٢: صورة توضح كمية استهلاك الطاقة الكهربائية.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
ربيع الأول - ١٤٤٧هـ ايلول - ٢٠٢٥م

أهداف البحث

يسعى هذا البحث إلى تقديم حل مبتكر ومزدوج باستخدام الطاقة الشمسية والطاقة الحركية لتوفير طاقة مستدامة للمواكب الخدمية وطريق الزائرين خلال الزيارة الأربعينية، مما يضمن توفير طاقة موثوقة بشكل مستمر ويقلل من الأثر البيئي ويعزز الاستدامة في قطاع الطاقة.

صورة توضح التصور المستقبلي لطريق الزائرين.

حلول الطاقة الشمسية في التجمعات الدينية او الفعاليات الكبرى

- دراسات حالة لاستخدام الطاقة الشمسية

في الفعاليات الكبرى مثل الحج في المملكة العربية السعودية والزيارة الأربعينية في العراق، يعتبر توفير الطاقة المستدامة تحديًا بسبب العدد الكبير للزوار وتزايد الطلب على الطاقة. تشير الدراسات إلى أن استخدام الطاقة المتجددة أصبح حلاً فعالًا لضمان استدامة الطاقة خلال هذه الفعاليات. فمثلًا، أظهرت دراسة حول الطاقة الشمسية في الحج أن الطاقة الشمسية تلعب دورًا مهمًا في توفير الطاقة للمساجد والمرافق الخدمية خلال موسم الحج. كما تم استخدام الطاقة الشمسية أيضًا في مهرجانات دينية أخرى حول العالم، بما في ذلك في الهند خلال احتفالات دينية كبرى، (Johnson & Arino, (2019)) (Wang et al., 2022)

- التحديات في تطبيق الطاقة الشمسية

على الرغم من المزايا العديدة للطاقة الشمسية، إلا أن هناك تحديات تتعلق بتخزين الطاقة واستخدامها ليلاً. تتعامل الدراسات مع هذه التحديات من خلال حلول مثل استخدام بطاريات الطاقة الشمسية المتطورة أو تقنيات تخزين الطاقة الزائدة عبر الأيام المشمسة لتغطي فترات الليل، (Wu et al., 2021) (Al-Badi et al., 2022)

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الاول - السنة الثالثة

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
ربيع الأول - ١٤٤٧هـ ايلول - ٢٠٢٥م

توليد الطاقة الحركية في الأماكن العامة والأحداث

- مبادئ حصاد الطاقة الحركية

تجمع بعض الفعاليات بين الطاقة الشمسية والطاقة الحركية. تُستخدم الطاقة الحركية التي يتم جمعها من حركة الزوار في الأماكن العامة كمصدر للطاقة. على سبيل المثال، في بعض الفعاليات مثل المهرجانات الرياضية الكبرى أو التجمعات الدينية في الدول الغربية، يتم استخدام أنظمة لتحويل الحركة إلى طاقة، مثل أنظمة حصاد الطاقة الحركية التي تستخدم تقنيات كهرومغناطيسية أو بيزو كهربائية (Wang et al., 2022)

شكل رقم ٤: صورة توضح كمية الحركة الغير مُستفاد منها.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

- **التقنيات المستخدمة في حصاد الطاقة الحركية**

يعد حصاد الطاقة الحركية من أبرز المجالات الواعدة في استدامة الطاقة، حيث يتم تحويل الطاقة الناتجة عن حركة الأجسام أو الأشخاص إلى طاقة كهربائية قابلة للاستخدام. وفي السياقات الكبيرة مثل الفعاليات العامة أو المواكب الدينية (مثل الزيارة الأربعينية)، يمكن استخدام هذا النوع من الطاقة لتوليد طاقة نظيفة ومستدامة. توجد عدة تقنيات تستخدم في حصاد الطاقة الحركية والتي تعتمد على مبدأ تحويل الحركة إلى طاقة كهربائية. فيما يلي استعراض لأهم هذه التقنيات (Zhang et al., 2021)

- **التقنيات الكهروضغطية** (Piezoelectric Devices):

تعتبر التقنيات الكهروضغطية من أقدم وأكثر التقنيات شيوعًا في حصاد الطاقة الحركية. تستخدم هذه التقنية المواد الكهروضغطية التي تولد شحنة كهربائية عند تعرضها لضغط أو إجهاد ميكانيكي. يتم تثبيت هذه المواد في الأسطح التي تتعرض للحركة بشكل مستمر مثل الأرصفة أو الممرات في الفعاليات الكبرى أو المسارات التي يسير عليها الزوار.

آلية العمل: عندما يتم الضغط على المادة الكهروضغطية (مثل السير عليها)، يتم توليد شحنة كهربائية يمكن تخزينها في بطاريات أو استخدامها مباشرة لتشغيل الأجهزة.

المزايا:

- لا تتطلب أي مصدر طاقة إضافي.
- يمكن دمجها في البنية التحتية، مثل الأرضيات أو الألواح المدمجة.
- فعالة في الأماكن التي تشهد حركة كبيرة مثل المعارض أو الفعاليات الجماعية.

العيوب:

- الكفاءة منخفضة نسبيًا مقارنة بالتقنيات الأخرى مثل الطاقة الشمسية.

- قد تكون تكلفة المواد عالية.

مثال تطبيقي:

تستخدم بعض الجامعات والمراكز التجارية الأرضيات الكهروضغطية التي تولد طاقة كهربائية من حركة المشاة لتشغيل إضاءة الممرات أو شحن الأجهزة المحمولة

- أنظمة التحفيز الكهرومغناطيسي (ElectromagneticInductionSystems):

تعتبر أنظمة التحفيز الكهرومغناطيسي من التقنيات المتقدمة التي تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية عن طريق استخدام مغناطيسات تتحرك عبر ملفات نحاسية، مما يولد تيارًا كهربائيًا.

آلية العمل:

في هذه الأنظمة، يُحرك مغناطيس داخل ملف كهربائي عند تعرضه لقوة حركية، مما يؤدي إلى توليد التيار الكهربائي. هذه التقنية يمكن استخدامها على الأرصفة أو في الممرات التي يسير عليها الأشخاص أو المركبات.

المزايا:

- يمكن استخدامها في البيئات الحضرية التي تشهد حركة مستمرة مثل المدن الكبرى.
- تتمتع بكفاءة أعلى من التقنيات الكهروضغطية.
- يمكن استخدامها لتوليد كميات أكبر من الطاقة مقارنة بالتقنيات الأخرى.

العيوب:

- الحاجة إلى مساحة أكبر لتثبيت الأنظمة مقارنة بالتقنيات الكهروضغطية.
- التكلفة الأولية للتثبيت قد تكون مرتفعة.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

مثال تطبيقي:

تستخدم بعض المدن الكبرى أنظمة التحفيز الكهرومغناطيسي في الطرق السريعة لحصاد الطاقة من حركة المرور، حيث تقوم أنظمة الكهرومغناطيس بتوليد الكهرباء التي تُستخدم لإنارة الشوارع أو تشغيل إشارات المرور.

شكل رقم ٥

صورة توضح التنظيم الذي يمكن الاستفادة منه في حصاد الطاقة.

أ.أنظمة حصاد الطاقة من حركة الإنسان (Human Kinetic Harvesting Systems):

تعتمد هذه الأنظمة على تحويل حركة الأفراد إلى طاقة كهربائية. تم استخدام هذه الأنظمة في بعض المشاريع التي تهدف إلى تحويل الطاقة الناتجة عن المشي إلى طاقة كهربائية، سواء عن طريق الضغط أو التقنيات الميكانيكية الأخرى،(Wang et al.,

(2022) (Zhang et al., 2021) (Behabtu et al., 2020

آلية العمل:

هذه الأنظمة قد تشمل أجهزة ميكانيكية مثل الدواسات أو أرضيات مرنة أو أحذية تولد طاقة أثناء السير. يمكن أيضًا أن تستخدم تقنيات الكهرومغناطيسية لتحويل الحركة المتولدة من المشي إلى طاقة كهربائية.

المزايا:

- تكامل سهل مع البنية التحتية الحضرية.
- مستدامة جدًا لأنها تعتمد فقط على حركة الأشخاص.

العيوب:

- توليد كمية صغيرة من الطاقة مقارنة بمصادر أخرى مثل الطاقة الشمسية.
- قد تكون الكفاءة محدودة نظرًا لتنوع الحركة البشرية.

مثال تطبيقي:

تم تطوير أحذية ذكية تحتوي على أجهزة لتوليد الطاقة أثناء المشي، مما يتيح استخدام هذه الطاقة لشحن الأجهزة المحمولة أو تشغيل مصابيح الإضاءة.

- التقنيات الحديثة (مثل الأجهزة النانوية):

بجانب التقنيات التقليدية، هناك العديد من التطورات التكنولوجية الحديثة التي تستفيد من الأجهزة النانوية لتحسين عملية حصاد الطاقة الحركية. هذه الأجهزة تدمج بين المواد النانوية والتقنيات الكهروضغطية أو الكهرومغناطيسية لزيادة كفاءة حصاد الطاقة،(Naveenkumar et al., 2022 (Wang et al., 2022)

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

آلية العمل:

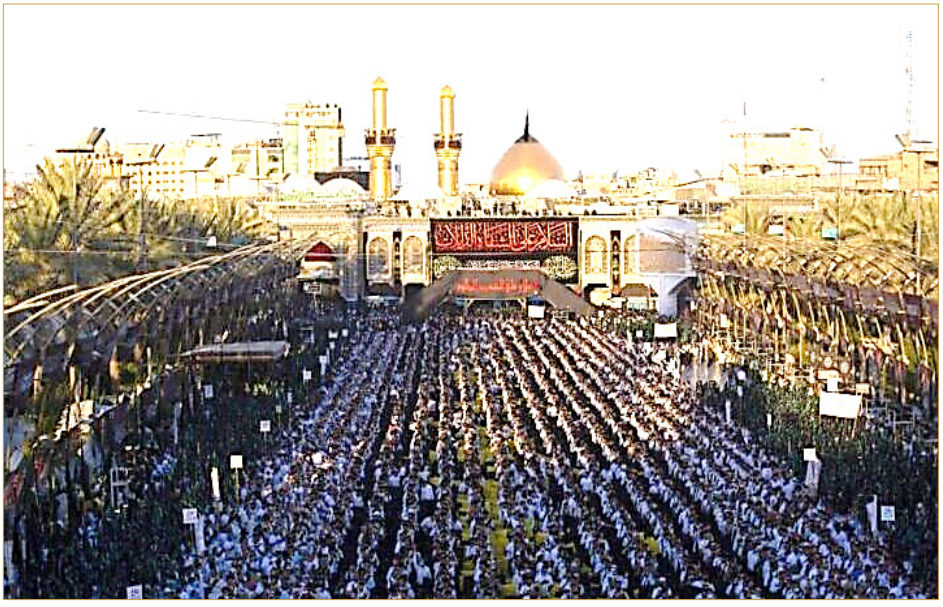
الأجهزة النانوية يمكنها تعزيز استجابة المواد الكهروضغطية لزيادة الفعالية في تحويل الحركة إلى طاقة.

المزايا:

- زيادة الكفاءة وتوفير الطاقة بشكل أفضل.
- إمكانية التوسع في التطبيقات واستخدامها في مناطق صغيرة.

العيوب:

- تكلفة عالية في التصنيع.
- التحديات التقنية المرتبطة بتطوير الأجهزة النانوية لتكون فعالة في البيئات العملية.



شكل رقم ٦

صورة توضح بعض الأماكن التي من الممكن وضع الأجهزة فيها.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
ربيع الأول - ١٤٤٧هـ ايلول - ٢٠٢٥م

التطبيقات العملية:

- في الفعاليات العامة: يمكن استخدام هذه التقنيات في الفعاليات الدينية مثل الزيارة الأربعينية، حيث توجد حركة كثيفة للزوار. يمكن دمج الأرضيات الكهروضغطية أو أنظمة التحفيز الكهرومغناطيسي في الممرات أو الشوارع لتوليد الطاقة واستخدامها في تشغيل الإضاءة أو تزويد الأجهزة الكهربائية للطوارئ.
- في المدن الذكية: يُمكن استخدام تقنيات حصاد الطاقة الحركية لتشغيل الأجهزة الصغيرة مثل أجهزة الاستشعار أو الكاميرات الأمنية في الأماكن العامة دون الحاجة إلى الاعتماد على شبكة الكهرباء الرئيسية، (6, 14-18).(Zhang et al., 2021) ((Wang et al., 2022) (Mustafa & Bashir, 2014

الأنظمة الهجينة للطاقة

- دمج الطاقة الشمسية مع الطاقة الحركية:في الزيارة الأربعينية، يمكن دمج الطاقة الشمسية مع الطاقة الحركية عبر أنظمة هجينة لضمان تلبية احتياجات الطاقة خلال فترات الذروة. كما يُظهر بعض الباحثين إمكانية دمج الطاقة الشمسية والطاقة الحركية مع الشبكات الوطنية مما يساهم في خفض تكاليف الطاقة، (Wu et al., 2021)
- حلول تخزين الطاقة:لا تقتصر الحاجة للطاقة على الأنظمة المحلية فقط، بل تتطلب أيضًا حلولًا لتخزين وتوزيع الطاقة على مدار الساعة. البطاريات الشمسية وأنظمة المكثفات الفائقة تعد من الحلول الفعالة لتخزين الطاقة وإدارتها في فترات الذروة، (Wu et al., 2021) (Wang et al., 2022) (Samdani, 2003)

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

شكل رقم ٧

صورة توضح التصور المستقبلي لمظلات الطاقة الشمسية لحماية الزائرين.

المنهجية

جمع البيانات

-أنماط حركة الزوار: جمع بيانات حول عدد الزوار، سرعة المشي المتوسطة، والمسارات الرئيسية التي يسلكها الزوار. (Buonomano et al., 2018) (Ibrahim & Ilinca, 2013) (Ma & Wang, 2020)

-تقييم الطلب على الطاقة: إجراء مسح لتحديد احتياجات الطاقة للمواكب الخدمية، محطات الطاقة المؤقتة، والأماكن الخدمية الأخرى مثل المستشفيات المؤقتة والإضاءة, (Fei et al., 2021) Carrillo et al., 2019))

تصميم نظام الطاقة الهجين

- تصميم الطاقة الشمسية: تقدير كمية الطاقة الشمسية المطلوبة بناءً على مساحة منطقة الزيارة وعدد ساعات الشمس اليومية خلال فترة الأربعينية، (3-4, 23-25)
- نظام حصاد الطاقة الحركية: تصميم الأنظمة اللازمة لالتقاط الطاقة الناتجة عن حركة الزوار، بما في ذلك تحديد المواقع المناسبة (مثل الطرق والجسور) لتثبيت أنظمة حصاد الطاقة الحركية، (7-8, 25-28).(Wang, Zhang, &) (Wu et al., 2021) (Jiao, 2024) (Barnes & Levine, 2011) (Ruhnau & Qvist, 2022

التكامل مع الشبكة الوطنية

- الاتصال بالشبكة: تحليل جدوى ربط أنظمة الطاقة هذه مع الشبكة الوطنية، بما في ذلك المتطلبات الفنية والفوائد المحتملة، (3-4)(Al-Badi, Al-Farsi, Al-Abri, & Al-Mamari, 2022) (Wang, Yuan, Sun, & Wennersten, 2022)
- تخزين الطاقة وإدارتها: مناقشة حلول تخزين الطاقة مثل وحدات البطاريات أو المكثفات الفائقة، وكيفية إدارة تدفق الطاقة بين مصادر الطاقة المختلفة والشبكة الوطنية، (١٢-١٣)(Naveenkumar et al., 2022) (Behabtu et al., 2020)

تقنيات حصاد الطاقة

أنظمة الطاقة الشمسية

- الألواح الفوتوفولطية: استخدام الألواح الشمسية لتحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية، مع التركيز على الألواح الأنسب للأماكن المفتوحة والأحداث الكبرى،(Wu et al., 2021) (Wang et al., 2022)
- المحولات والبطاريات الشمسية: كيفية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة قابلة للاستخدام وتخزينها لاستخدامها لاحقًا، (Ma & Wang, 2020)حساب الطاقة

الناتجة من الألواح الشمسية باستخدام المعادلة التالية:

$E_{solar} = I \times \eta \times A \times N$

حيث:

$I = 5$ kWh/m²/day (الاشعاع الشمسي)

$\eta = 0.18$ (كفاءة الالواح الشمسية)

$A = 20$ m² (مساحة الالواح لكل موكب)

$N = 1000$ (عدد المواكب)

الناتج: $E_{solar} = 18{,}000$ kWh

تقنيات حصاد الطاقة الحركية

- **أنظمة بيزوكهربائية:** تقنيات لتحويل الإجهاد الميكانيكي (من الأقدام) إلى طاقة كهربائية (Wang, Yuan, Sun, & Wennersten, 2022)
- **أنظمة كهرومغناطيسية:** تقنيات لحصاد الطاقة من الحركة باستخدام التحفيز الكهرومغناطيسي، (Zhang et al., 2021).
- **دراسات حالة:** استعراض لحالات ناجحة لتقنيات حصاد الطاقة الحركية في الأماكن العامة أو الفعاليات. حساب الطاقة الناتجة من حركة الزوار حسب المعادلة:

$E_{kinetic} = S \times P \times e / 1000$

حيث:

$S = 10{,}000$ زائر لكل خطوة

$P = 5{,}000{,}000$ زائر

$e = 0.005$ Wh لكل خطوة

الناتج: $E_{kinetic} = 250{,}000$ kWh

ويمكن عمل مقارنة بالطاقة الشمسية والحركية والمجموع الكلي كما هو موضح في الجدول والرسم البياني:

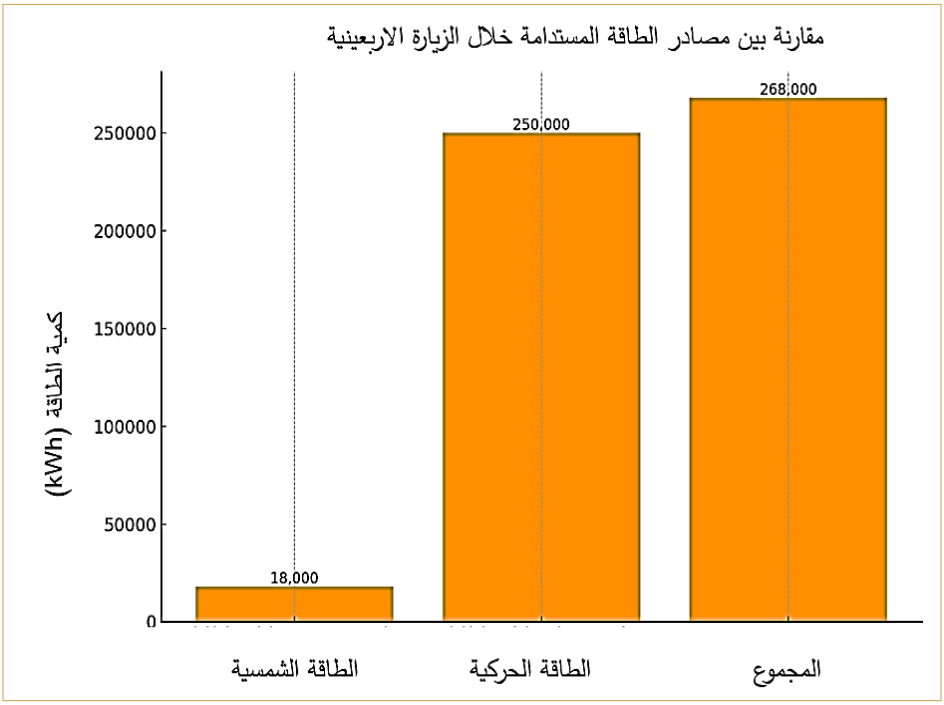
مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
ربيع الأول - ١٤٤٧هـ ايلول - ٢٠٢٥م

جدول رقم ١

مقارنة بين الطاقة الشمسية والحركية والمجموع الكلي.

المصدر	المعادلة المستخدمة	النتيجة (kWh)
الطاقة الشمسية فقط	الإشعاع الشمسي × الكفاءة × المساحة × عدد المواكب	18,000
الطاقة الحركية فقط	عدد الزوار × عدد الخطوات × طاقة/خطوة ÷ ١٠٠٠	250,000
المجموع (الشمسية + الحركية)	الطاقة الشمسية + الطاقة الحركية	268,000



شكل رقم ٨

مقارنة بين الطاقة الشمسية والحركية والمجموع الكلي.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

تخزين وتوزيع الطاقة

- تخزين الطاقة في البطاريات: أنواع البطاريات المناسبة لتخزين الطاقة من الأنظمة الشمسية والحركية، (Wu et al., 2021) (Wang, Yuan, Sun, & Wennersten, 2022)
- الاتصال بالشبكة الوطنية: الحلول التقنية لدمج الطاقة المخزنة مع الشبكة الوطنية باستخدام أنظمة ذكية لتوزيع الطاقة، (Naveenkumar et al., 2022) (Behabtu et al., 2020) مثال على ما يمكن تشغيله بهذه الطاقة:

جدول رقم ٢

الأجهزة الممكن تشغيلها واستهلاكها.

عدد الساعات الممكن تشغيلها	الاستهلاك المتوسط (kWh/ ساعة)	الجهاز
أكثر من ١٠ ملايين ساعة	٠,٠١	مصباح LED (10 واط)
أكثر من ٣ ملايين ساعة	٠,٠٤	مروحة صغيرة (٤٠ واط)
أكثر من ١,٨ مليون ساعة	٠,١٥	ثلاجة صغيرة (١٥٠ واط)
268,000 ساعة تقريبًا	١,٠	سخان ماء صغير (١٠٠٠ واط)
١,٣ مليون ساعة	٠,٢	شاشة عرض كبيرة (٢٠٠ واط)

ملاحظة: يمكن توزيع هذه الطاقة لتشغيل آلاف الأجهزة عبر مئات المواكب، مما يضمن خدمة مستدامة للزائرين خلال موسم الزيارة.

ادناه جدول بالطاقة المتولدة والمعادلات المستخدمة خلال الليل والنهار:

جدول رقم ٣

الطاقة المتولدة والمعادلات المستخدمة خلال الليل والنهار.

النتيجة (kWh)	المعادلة المستخدمة	المصدر
18,000	الإشعاع الشمسي × الكفاءة × المساحة × عدد المواكب	الطاقة الشمسية
125,000	عدد الزوار × عدد الخطوات × طاقة/خطوة × (١٢/ ٢٤) ÷ ١٠٠٠	الطاقة الحركية (نهار)
125,000	عدد الزوار × عدد الخطوات × طاقة/خطوة × (١٢/ ٢٤) ÷ ١٠٠٠	الطاقة الحركية (ليل)
143,000	طاقة شمسية + طاقة حركية (نهار)	المجموع (نهار)
125,000	طاقة حركية (ليل)	المجموع (ليل)

تحليل الجدوى

الجدوى التقنية

- اعتبارات تصميم النظام: حساب الكمية المحتملة من الطاقة التي يمكن توليدها من مصادر الطاقة الشمسية والحركية بناءً على الظروف الجغرافية واللوجستية، 2022 (Wang et al).
- تحديات التثبيت: تحديد العوائق المحتملة لتطبيق هذا النظام، مثل توفر المساحات، تكاليف التثبيت، وجاهزية البنية التحتية، (Wu et al., 2021)

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

الجدوى الاقتصادية

- تحليل التكاليف والفوائد: مقارنة التكاليف الأولية لإنشاء أنظمة الطاقة الشمسية والحركية مع الفوائد الطويلة الأمد مثل خفض تكاليف الطاقة، تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وإمكانية بيع فائض الطاقة إلى الشبكة الوطنية، (Badi-Al et al., 2022)
- فرص التمويل: استعراض مصادر التمويل المحتملة مثل المنح الحكومية، المساعدات الدولية، واستثمارات القطاع الخاص في مشاريع الطاقة المستدامة، (Naveenkumar et al., 2022) (Wang et al., 2022))

التأثير البيئي

- تقليل البصمة الكربونية: تقدير الحد من انبعاثات الكربون من خلال استخدام الطاقة الشمسية والحركية بدلاً من المولدات التي تعتمد على الوقود الأحفوري، (Patel, Shah, & Trivedi, 2022)
- أهداف الاستدامة: مطابقة المشروع مع الأهداف العالمية للاستدامة، بما في ذلك أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، (Wang et al., 2022)

النتائج والمناقشة

تأثير المشروع على الزيارة

- توفر الطاقة: كيف ستضمن الحلول المقترحة توفر الطاقة بشكل مستمر للمواكب والمؤسسات الخدمية خلال أوقات الذروة.
- الطاقة الحركية تُمثل حوالي ٩٣٪ من إجمالي الطاقة المستدامة، وهي ناتجة مباشرة من حركة الزائرين دون تكلفة تشغيلية.
- الطاقة الشمسية تُمثل حوالي ٧٪، وتُعد مصدرًا ثابتًا خلال النهار.
- استخدام المصدرين معًا يؤدي إلى تعزيز الاستقرار والاستمرارية في تغذية المواكب

بالطاقة، ويقلل من الاعتماد على البطاريات المكلفة.

- تحسين تجربة الزوار: تحسين تجربة الزوار من خلال توفير إضاءة موثوقة، خدمات صحية، وبنية تحتية أخرى أساسية.

إمكانيات التوسع

- **قابلية التكرار**: استكشاف كيفية تكرار هذا النموذج في تجمعات دينية أخرى أو أحداث كبرى في العراق أو منطقة الشرق الأوسط.
- **الفوائد الطويلة الأمد**: مناقشة الاستدامة الطويلة الأمد للنظام والإمكانات المستقبلية للتطوير والابتكار في توليد الطاقة النظيفة.

الخاتمة

تعد الزيارة الأربعينية فرصة فريدة لتنفيذ نظام طاقة مستدام ونظيف وموثوق يمكن أن يلبي احتياجات الطاقة للمواكب الخدمية وطريق الزائرين. من خلال دمج الطاقة الشمسية مع الطاقة الحركية، يوفر الحل المقترح وسيلة فعالة لتأمين الطاقة خلال الزيارة، مع تقليل الأثر البيئي وتعزيز أهداف الاستدامة.

التوصيات للبحث المستقبلي

- تحسين كفاءة الطاقة: دراسة كيفية تحسين تقنيات حصاد الطاقة الحركية لزيادة كفاءتها.
- تكامل مع الشبكة الذكية: بحث إمكانية تكامل هذه المصادر المتجددة مع أنظمة الشبكة الذكية لتحسين إدارة الطاقة.
- التوسع في المشروع: استكشاف إمكانية توسيع هذا النموذج ليشمل مدن أو مناطق أخرى في العراق.

References

2. Johnson, B.A., & Arino, Y. (2019). Climate-related hazards as a factor affecting the siting of solar power plants: A case study of flooding in ASEAN. OSF Preprints. https://osf.io/3x4aw/download.
3. Elkins, H. M., & Allen, J. S. (2021). Public lament and intra-faith worship in an Appalachian context. Religions, 13(7), 620. https://doi.org/10.3390/rel13070620.
4. Wang, W., Yuan, B., Sun, Q., & Wennersten, R. (2022). Application of energy storage in integrated energy systems—A solution to fluctuation and uncertainty of renewable energy. Journal of Energy Storage, 55, 105428. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X22008210.
5. Al-Badi, A., Al-Farsi, A., Al-Abri, T., & Al-Mamari, M. (2022). Economic analysis of a hybrid energy system for rural electrification in the Hasik area, Oman. Journal of Energy and Development. https://journalofenergyanddevelopment.org/index.php/journalofenergyanddevelopment/article/download/7/1.
6. Patel, J. D., Shah, R., & Trivedi, R. H. (2022). Effects of energy management practices on environmental performance of Indian small-and medium-sized enterprises. Journal of Cleaner Production. https://bradscholars.brad.ac.uk/bitstream/handle/10454/18727/patel_et_al_2022.pdf?sequence=5.
7. Zhang, N., Gu, H., Lu, K., Ye, S., Xu, W., Zheng, H., & Song, Y. (2021). A universal single electrode droplet-based electricity generator (SE-DEG) for water kinetic energy harvesting. Nano Energy, 81, 105633. https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2021.105633.
8. Wu, C., Zheng, S., Wang, Z., Chen, R., Hu, X., & Chen, J. (2021). Discussion on ammonia as one of the energy storage media of solar energy in China. Energy Strategy Reviews, 35, 100654. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X21000833.
9. Wang, Y., Zhang, X., & Jiao, L. (2024). Molecular photoelectrochemical energy storage materials for coupled solar batteries. Accounts of Chemical Research. https://doi.org/10.1021/acs.accounts.4c00222.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

10. Wang, Z., Hölzel, H., & Moth-Poulsen, K. (2022). Status and challenges for molecular solar thermal energy storage system-based devices. Chemical Society Reviews, 51, 5558-5593. https://doi.org/10.1039/d1cs00890k.

11. Ma, Q., & Wang, P. (2020). Underground solar energy storage via energy piles. Applied Energy, 269, 115040. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919320483.

12. Fei, L., Yin, Y., Yang, M., Zhang, S., & Wang, C. (2021). Wearable solar energy management based on visible solar thermal energy storage for full solar spectrum utilization. Energy Storage Materials, 38, 187-196. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405829721003603.

13. Behabtu, H. A., Messagie, M., Coosemans, T., & Berecibar, M. (2020). A review of energy storage technologies' application potentials in renewable energy sources grid integration. Sustainability, 12(24), 10511. https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10511.

14. Naveenkumar, R., Ravichandran, M., & Selvaraj, M. (2022). Review on phase change materials for solar energy storage applications. Environmental Science and Pollution Research, 29, 22317–22339. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17152-8.

15. Wang, Y., Quan, Z., Xu, Z., Zhao, Y., & Wang, Z. (2022). Heating performance of a novel solar–air complementary building energy system with an energy storage feature. Solar Energy, 239, 280-291. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X22001591.

16. Amin, S. M., Negnevitsky, M., Franklin, E., & Alam, K. S. (2023). Development of a PV/Battery Micro-Grid for a data center in Bangladesh: Resilience and Sustainability analysis. Sustainability, 15(22), 15691. https://doi.org/10.3390/su152215691.

17. Liu, B., & Zhang, J. (2020). A review on the integration of probabilistic solar forecasting in power systems. Solar Energy, 205, 54-75. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X20307982.

18. Shi, Z., Wang, W., Huang, Y., Li, P., & Wu, Q. (2020). Simultaneous

optimization of renewable energy and energy storage capacity with the hierarchical control. CSEE Journal of Power and Energy Systems, 6(4), 795-806. https://ieeexplore.ieee.org/iel7/7054730/9691304/08993691.pdf.

19. Mustafa, M. W., & Bashir, N. (2014). Energy storage systems for renewable energy power sector integration and mitigation of intermittency. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 449–458. https://www.academia.edu/download/112540280/j.rser.2014.04.00920240318-1-a327hf.pdf.

20. Sánchez, A., Zhang, Q., Martín, M., & Vega, P. (2022). Towards a new renewable power system using energy storage: An economic and social analysis. Energy Conversion and Management, 250, 114891. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114891.

21. Buonomano, A., Calise, F., d'Accadia, M. D., & Vicidomini, M. (2018). A hybrid renewable system based on wind and solar energy coupled with an electrical storage: Dynamic simulation and economic assessment. Energy, 154, 70–87. https://www.academia.edu/download/94763213/j.energy.2018.05.00620221124-1-zj77j9.pdf.

22. Wang, W., Shi, Y., Zhang, C., Li, R., Wu, M., & Zhuo, S. (2022). Conversion and storage of solar energy for cooling. Energy & Environmental Science, 15, 3699-3709. https://doi.org/10.1039/d1ee01688a.

23. Semadeni, M. (2003). Energy storage as an essential part of sustainable energy systems: a review on applied energy storage technologies. CEPE Working Paper. https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/147415/eth-26428-01.pdf.

24. Ibrahim, H., & Ilinca, A. (2013). Techno-economic analysis of different energy storage technologies. https://www.intechopen.com/chapters/42273.

25. Carrillo, A. J., González-Aguilar, J., & Romero, M. (2019). Solar energy on demand: A review on high temperature thermochemical heat storage systems and materials. Chemical Reviews, 119(6), 3417–3455. https://digital.csic.es/bitstream/10261/220440/3/Chemical_Reviews_TCS_2nd_revision_v6_AJC.pdf.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
المجلد الثالث - العدد الأول - السنة الثالثة

26. Barnes, F., & Levine, J. (2011). Large Energy Storage Systems Handbook. Taylor & Francis Group. https://lib.zu.edu.pk/ebookdata/Engineering/Energy%20System/Large%20Energy%20Storage%20Systems%20Handbook%20by%20Frank%20S.%20Barnes,%20Jonah%20G.%20Levine%20.pdf.

27. Krishan, O. (2019). An updated review of energy storage systems: Classification and applications in distributed generation power systems incorporating renewable energy resources. International Journal of Energy Research, 43(4), 1367–1391. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/er.4285.

28. Becerra, V., Khanna, S., & Espargilliere, H. (2021). A general framework for multi-criteria based feasibility studies for solar energy projects: Application to a real-world solar farm. Energies, 14(8), 2204. https://doi.org/10.3390/en14082204. https://www.mdpi.com/1996-1073/14/8/2204/pdf.

29. Ruhnau, O., & Qvist, S. (2022). Storage requirements in a 100% renewable electricity system: Extreme events and inter-annual variability. Environmental Research Letters, 17(3), 034037. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4dc8. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac4dc8/pdf.