مسارات المشاة الذكية لتحويل طاقة المشي لزوار الحرمين والطاقة الشمسية لطاقة كهربية

أيمن محمد مصطفي
معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى
كلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا

الملخص

الطاقة عنصر أساسي في أي مجتمع متحضر حيث يمثّل الوقود الأحفوري (النفط، والفحم، والغاز الطبيعي) حوالي ٩٠ في المائة الطاقة المستهلكة في اليوم. أصبحت مشكلة نضوب الوقود الأحفوري بالإضافة إلى ما يسببه من تلوث بيئي، أحد أهم المشاكل العالمية مما كان له من تأثير في المؤتمرات والمؤسسات المعنية، بما في ذلك منظمة أوبك والوكالة الدولية للطاقة، حيث أوصت ودعت إلى الابتكار والاعتماد المتزايد على المدن الذكية مع البنية التحتية المستدامة، فضلا عن التخفيف من انبعاثات الكربون. يعتبر الحرمين الشريفين (في مكة المكرمة والمدينة المنورة) من أكثر الأماكن المدرجة في القائمة العالمية لأعلى معدّل زيارة. حيث يتجمع الملايين من الحجاج والمعتمرين داخل وحول ساحاتها في نفس الوقت. وهذا يلزم توفير كميات كبيرة من الطاقة والتي يتم استهلاكها في عمليات الإضاءة، والسلالم المتحركة، وتكييف الهواء، وغيرها من الاحتياجات التشغيلية الأخرى. أظهرت الدراسة وجود عنصرين هامين متوفرين في كل المساجد، ولكن لم يتم استغلالها لتوليد الطاقة النظيفة هما: الطاقة الحركية الناتجة عن مشي الزوار (حاليا ٨ مليون زائر للحج والعمرة، ليصبح ١٥ مليون سنوياً بعد الانتهاء من مشاريع التنمية) والطاقة الشمسية، حيث تعتبر المملكة العربية السعودية الثانية في البلدان العربية (بعد الجزائر) في كمية الإشعاع الشمسي. يهدف هذا البحث إلى اقتراح استخدام مسارات المشاة الذكية لتوليد الطاقة الخضراء واستخدام الطاقة الشمسية للمساهمة في الحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري وانبعاثاته الملوثة للبيئة.

الكلمات المفتاحية: الاستدامة- مسارات المشاة- الطاقة المستدامة

١. مقدمة

الطاقة هي أحد المقومات الرئيسية للمجتمعات المتحضرة. ويعتبر الوقود الاحفوري الذي يتمثل في النفط والفحم والغاز الطبيعي يشكل ٩٠٪ من الطاقة المستخدمة اليوم ولأنه مصدر قابل للنضوب، ويسبب مشكلات التلوث البيئي. فقد اهتم العالم بهذه المشكلة وطالبت توصيات المؤتمرات والمؤسسات المعنية وفي مقدمتها منظمة أوبك والوكالة الدولية للطاقة وغيرها بأهمية الابتكار في هذا المجال والتوسع في الاعتماد على المدن الذكية ذات البنية التحتية المستدامة والتخفيف من انبعاث الكربون. وزاد استهلاك الطاقة العالمي بنحو ٥٠٪ خلال العقدين الماضيين، ومن المتوقع أن ينمو نحو ٤٠٪ في العقدين المقبلين، مما سبق يتضح أهمية التحديات التي تواجهها الدول في هذا المجال، وضرورة التعامل معها لاستمرار النمو المستدام.

١-١- المشكلة البحثية: الحرم المكي والحرم النبوي يعتبران من أعلى المباني كثافة في العالم حيث يتجمع بداخلهم والساحات المحيطة بهم عدة ملايين في وقت واحد مما يتطلب توفير طاقة كبيرة للإنارة والسلالم المتحركة والتكييف والمراوح وباقي المتطلبات التشغيلية. ويوجد عنصران هامان متوفران في كلا الحرمين الشريفين ولكن لا يتم توظيفهم لتوليد الطاقة النظيفة وهما طاقة الحركة الناتجة من المشي للزوار (٨ مليون حاج ومعتمر في الوضع الحالي وبعد أعمال التطوير ستصل إلى ١٥ مليون حاج ومعتمر في السنة) والطاقة الشمسية.

١-٢- هدف البحث: يتمثل الهدف الرئيسي للبحث في المساهمة في توليد الطاقة الخضراء بالاعتماد على طاقة حركة الزوار والطاقة الشمسية للمساهمة في التقليل من الاعتماد على الطاقة الاحفورية وانبعاثاتها البيئية الملوثة للبيئة عن طريق مسارات المشاة الذكية.

١-٣- المنهجية البحثية:

- دراسة الطاقة المتجددة (التعريف – الأهمية).
- دراسة مكة المكرمة واستراتيجياتها نحو التوجه للمدن الذكية.

- شرح فكرة المسار الذكي للمشاة في الحرمين الشريفين وعناصر الطاقة المتجددة التي يعتمد على ها (الطاقة الشمسية – الطاقة الكهروضغطية).
- دراسة التجارب الدولية التي تمت في مجال الطاقة الشمسية والطاقة الكهروضغطية ودراسات الجدوى لها.
- وضع نتائج وتوصيات لكيفية تأثير هذا النظام على منظومة الحج والعمرة .

١-٤- النتائج المتوقعة لتطبيق فكرة البحث للتأثير على منظومة الحج والعمرة:

- تحويل مباني الحرمين إلى مباني خضراء مستدامة.
- الاستفادة من الطاقة الخضراء المتمثلة في الطاقة الشمسية والطاقة الحركية للزوار والعمل على توفير موارد البترول للأجيال القادمة.
- تطوير منظومة إدارة الحشود عن طريق المعرفة الدقيقة لكثافات المشاة بالتطبيقات الذكية لنظام البلاطات الكهروضغطية.

٢- الطاقة المتجددة (التعريف و الأهمية):

٢-١- ماهية الطاقة المتجددة:

هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ(الطاقة المستدامة) ومصادر الطاقة المتجددة تختلف جوهريا عن الوقود الأحفوري من بترول وفحم والغاز الطبيعي، أو الوقود النووي ، ولا تنشأ عن الطاقة المتجددة في العادة مخلفات كثاني أكسيد الكربون أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة الانحباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري أو المخلفات الذرية الضارة الناتجة من مفاعلات القوي النووية، وتنتج الطاقة المتجددة من الرياح والمياه والشمس، كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمدّ والجزر وكذلك من المحاصيل الزراعية.

٢-٢- أهمية الطاقة المتجددة:

في مؤتمر كيوتو باليابان اتفق معظم رؤساء الدول على تخفيض إنتاج ثاني أكسيد الكربون في الأعوام القادمة وذلك لتجنب التهديدات الرئيسية لتغير المناخ بسبب التلوث واستنفاد الوقود الأحفوري ، والطاقة المتجددة لم تعد من قبيل الرفاهية المجتمعيّة بقدر تحولها إلى ضرورة من ضرورات التنمية المعاصرة، كون الطاقة المتجددة باتت شرطاً أساسياً من شروط استدامة هذه التنمية ويضطلع برنامج الأمم المتحدة للطاقة وهو مجموعة تنسيق من ٢٠ وكالة من وكالات الأمم المتحدة بمبادرة عالمية جديدة (الطاقة المستدامة للجميع،٢٠١٢)، وتشرك المبادرة الحكومات والقطاع الخاص، وشركاء المجتمع المدني - على الصعيد العالمي - في العمل من أجل تحقيق ثلاثة أهداف رئيسية بحلول عام ٢٠٣٠:

- كفالة إمكانية حصول الجميع على خدمات الطاقة الحديثة.
- الحد من كثافة الطاقة بنسبة ٤٠ في المائة.
- زيادة استخدام الطاقة المتجددة على نطاق عالمي بنسبة ٣٠ في المائة (الأمم المتحدة،٢٠١٢).

٢-٣- مكة المكرمة والطاقة:

السعودية تقع ضمن الحزام الشمسي وتعتبر ثاني دولة عربية بعد الجزائر في كمية أشعة الشمس المتساقطة على ها طوال السنة، وقال رئيس لجنة الطاقة الشمسية في أمانة العاصمة المقدسة، إن جهود السعودية في تعزيز أهمية الطاقة تمخض عنها اجتماع الرياض وإعلانه إستراتيجية عربية في تنمية الطاقة المستدامة، مشيرا إلى عكوف الأمانة على التواصل مع عدة جهات خارج السعودية وداخلها لمشاهدة الإنتاج العالمي وما توصلت إليه التقنية العالمية في الطاقة الشمسية (مستقبل الطاقة البديلة، ٢٠١٥).

وأشار البار في كلمة ضمن ملتقى (مستقبل الطاقة البديلة ،٢٠١٥) إلى مسعى أمانة مكة المكرمة لتحقيق مشروع ضخم لتفعيل مصادر الطاقة المتجددة، يتمثل في المحطة الشمسية الأولى على مستوى المملكة. حددت أمانة العاصمة المقدسة لـ«الشرق الأوسط» عام ٢٠٢٧، كسقف زمني تنتهي

فيه لجنة الطاقة الشمسية من إنهاء مشروع مكة المكرمة «المدينة الخضراء» كأول مدينة سعودية تنتج الطاقة الكهربائية بالكامل عن طريق الطاقة الشمسية، بتكلفة ٥٣٣ مليون دولار.

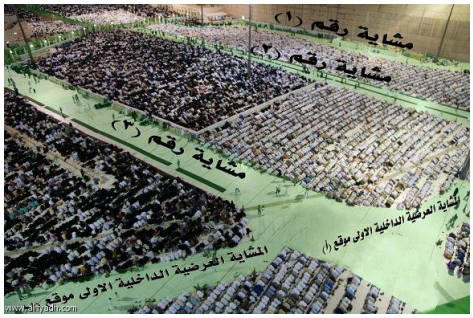
٢-٤- الطاقة المتجددة والتكلفة :

أشار الدكتور حمزة غلمان أن تطور كلفة إنتاج الطاقة المتجددة تسير نحو الانخفاض عبر التاريخ، فطاقة الرياح كانت تعادل ٣٢ سنتاً أميركياً في ١٩٨٠، وانخفضت إلى ثمانية سنتات بعد ثمانية أعوام، ومن المتوقع أن تصل إلى ثلاث سنتات في ٢٠٣٠(مستقبل الطاقة البديلة، ٢٠١٥). وفي المملكة العربية السعودية تم إنشاء مدينة الملك عبد اللّه للطاقة الذرية والمتجددة التي من احد أهدافها الرئيسية تطوير تقنيات من شأنها توليد الطاقة المتجددة في المملكة بتكلفة مساوية أو أقل من معدلات أسعار البيع (تحقيق التكافؤ في الشبكة المحلية) مع مزيج متنوع من الطاقة للحمل الأساسي بحلول عام ٢٠٣٠(مدينة الملك عبد اللّه للطاقة المتجددة،٢٠١٥).

مما سبق يتضح لنا التوجه الاستراتيجي للمملكة في إنتاج الطاقة المتجددة للحفاظ على الموارد البترولية للأجيال المستقبلية، وبأهمية الابتكار في هذا المجال والتوسع في الاعتماد على المدن الذكية ذات البنية التحتية المستدامة والتخفيف من انبعاثات الكربون.

٣- مسار المشاة الذكي كأحد الأفكار العملية التي تدعم التوجه نحو المدينة الذكية:

يتكون مسار المشاة التقليدي في ساحات الحرم من الأرضيات الرخامية ولا يوجد سقف مظلل للمشاة إثناء الشمس ويتم تحديد جوانب المسار إما بجنود الشرطة أو بالحواجز أو بالاثنين معا كما يتضح بشكل (٢،١)، أما فكرة المسار الذكي تعتمد على الأرضيات التي تنتج الكهرباء عن طريق تحويل طاقة المشي إلى طاقة كهربية (البلاطات الكهروضغطية) وكذلك سقف المسار الذي يعتمد على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية (الخلايا الشمسية) كما في شكل (٣).

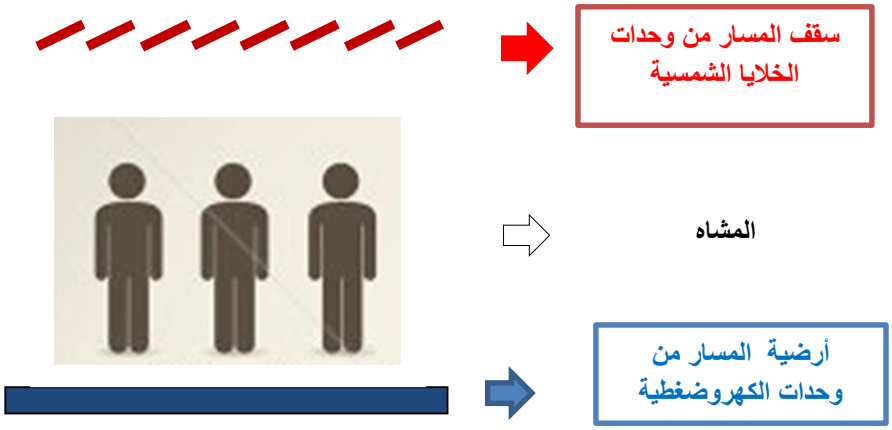


شكل (١) مسارات المشاة في ساحة الحرم المصدر

www.alriyadh.com

شكل (٢) كيفية تحديد مسارات المشاة

المصدر : www.alriyadh.com



الوضع المقترح للمسار الذكي واستخدام الأرضيات الكهروضغطية والخلايا الشمسية - المصدر: الباحث

٤- التجارب الدولية التي توضح نجاح أساليب الطاقة المستخدمة في المسار الذكي:

وسيتم دراسة المشروعات التي استخدمت الطاقة الشمسية والطاقة الحركية لبيان جدواها كما يلي:

٤-١- ألواح الطاقة الشمسية:

انتشـــرت في الســـنوات القليلة الماضـــية فكرة جديدة في أوروبا والولايات المتحدة لتحويل مواقف السـيارات إلى محطات لتوليد الطاقة الشـمسـية، ولجأت العديد من الشـركات الكبرى إلى تطبيق الفكرة بهدف تبريد السيارات واستغلال الطاقة الشمسية كما في شكل (٤) و (٥) .

شكل (٤) استخدام الخلايا الشمسية كمظلات

المصدر: www.baseballthinkfactory.org

شكل (٥) الغابة الشجرية بالخلايا الشمسية

المصدر:www.inhabitat.com

من بين هذه الشركات شركة "ديل" الأميركية لصناعة الكمبيوتر التي حرصت على تركيب لوحات توليد الطاقة الشمسية في مواقف السيارات لموظفيها (٥٠ سيارة) شكل (٦) وتقول الشركة أنها نجحت في توليد ١٣٠ كيلو وات من الطاقة الشمسية، وهو ما يكفي للتعويض عن ١٤٥ ألف جنيه إسترليني من انبعاث غازات الاحتباس الحراري سنويا.

كما تستغل هذه المواقف لشحن السيارات الكهربائية شكل (٧) وهي وسيلة ذكية لتوفير الظل للسيارات من أجل راحة السائقين من جهة والاستفادة من الطاقة الفائضة من جهة أخرى .وبدراسة لتكلفة هذه المظلات الحديثة فإن قيمة المظلات والخلايا الشمسية سيعود إلى خزينة الشركة خلال أقل من ثلاث سنوات مع الاستفادة من المظلة في الحفاظ على سلامة سيارات موظفيها وبعد ذلك ستحصل الشركة على طاقة كهربائية مجانية لشحن سياراتها وإضاءة مواقفها ليلاً لسنوات طويلة في المستقبل(alternative-energy,2015)

شكل (٦) الخلايا الشمسية كمظلات

المصدر:www.alternative-energy-news.info

شكل (٧) شحن العربات الكهربائية

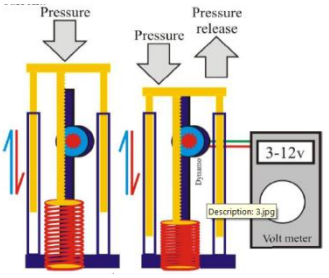
المصدر:www.alternative-energy-news.info

٤-٢- البلاطات الكهروضغطية:

ظهر هذا النظام عام ٢٠٠٩ في المملكة المتحدة وتم تطبيقه في أكثر من ١٠٠ مشروع على مستوى ٣٠ دولة في المطارات ومحطات القطار والأماكن العامة والأماكن التجارية. وقد حصل هذا النظام على أكثر من ٢٠ جائزة خاصة بالابتكار والإبداع في مجال الطاقة المتجددة. وتعتمد فكرته على بلاطات كهروضغطية مقاس ٤٥*٦٠ سم وسمك ٦.٨ سم شكل (8) تعمل على تحويل ضغط المشي الى طاقة ميكانيكية ثم تحول إلى طاقة كهربية عن طريق دينامو وتخزن في بطاريات ليثيوم (Tom٢٠١٣) كما في شكل (٩).

شكل(8) يوضح البلاطة الكهروضغطية

المصدر: www.pavegen.com



شكل(9) يوضح طريقة عمل البلاطة

Electricity generation from Footsteps.(٢٠١٣)Tom Jose V,

٤-٢-١- مشروع ملعب كرة قد بريو ديجنيرو بالبرازيل:

وهو الملعب الأول في العالم الذي يعمل بنظام الطاقة المتجددة بالكامل وتم تركيب ٢٠٠ وحدة من بلاطات تحويل الطاقة الحركية إلى كهربية شكل (١٠،١١،١٢،١٣) بالإضافة إلى الوحدات الشمسية وقد حقق هذا النظام نجاحا لتوفير الكهرباء لمدة ١٠ ساعات متصلة. بالإضافة إلى هذا تم ربط البلاطات بنظام لاسلكي على تطبيقات تستطيع رصد مدى الإقبال على الملعب والقدرة على عمل تحليلات وربطها بالمدينة الذكية (Shell Football Pitch, Rio de Janeiro،٢٠١٥).

شكل (١٠) تجهيز الوحدات

شكل (١١) اثناء تركيب الوحدات

شكل(١٢) بعد تركيب الوحدات

شكل (١٣) بعد فرش النجيل الصناع

مصدر الاشكال:www.pavegen.com

٤-٢-٢- مطار هيثرو بلندن:

تم تركيب ٥١ بلاطة من بلاطات تحويل طاقة الحركة إلى كهرباء في مبنى المطار رقم ٣ بممرات الحركة لكي تضاء بهذا النظام وقد حصل هذا المشروع على جائزة الابتكار للممرات المضاءة بالحركة حيث وصـــل عدد الركاب إلى ١٨.٤ مليون راكب في عام ٢٠١٢، وســـاعد هذا المشـــروع على تعزيز مبادرات المسؤولية الاجتماعية للشركات وزيادة الوعي بالاستدامة.

موقع تركيب البلاطات في المطار

العلامات الإرشادية لتشجيع المشاة

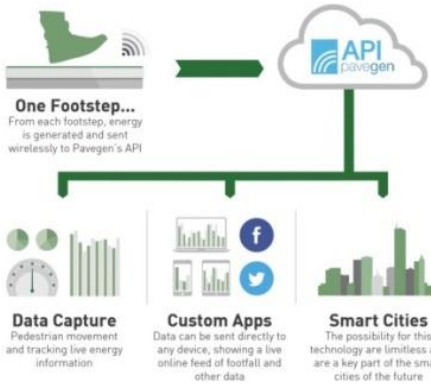
٤-٢-٣- مشروعات أخرى:

وقد تم استخدام هذا النظام في مشروعات متنوعة كما يلي:

مارثون باريس واستخدام البلاطات الكهروضغطية

محطة الركاب ببوسطن – المملكة المتحدة

جامعة ويبستر بأمريكا (لوحات إرشاد، شحن)



فوائد البلاطات الكهروضغطية للتطبيقات الالكترونية وحصر أعداد المشاة

مصدر الاشكال:www.pavegen.com

٤-٢-٤- دراسة جدوى عن مشروع تركيب البلاطات الكهرو ضغطية في مبنى اتحاد الطلاب الجديد في جامعة كولومبيا البريطانية (٢٠١١، Joel Cramm):

التقرير يعمل على تقييم المجالات الاقتصـــادية والبيئية والاجتماعية لأحد ممرات التي تعمل على تحويل الطاقة الحركية إلى كهربية في مبنى اتحاد الطلاب الجديد في جامعة كولومبيا البريطانية.

التأثير البيئي: وتم عمل التحليلات البيئية على عنصريين: الإنتاج الكهربي والمواد المستخدمة:

الإنتاج الكهربي: تم حســاب كمية الإنتاج الكهربي لتركيب ال ٨ بلاطات حيث وصــلت إلى ٦٥ كيلو وات لليوم مما يكافئ إضاءة ٦٥٠ لمبة (١٠٠ وات) في الساعة. وبالطاقة الكهربية العادية نحتاج سيتم إنتاج ما يعادل ١.٢٨ كيلوجرام من ثاني أكسيد الكربون (co2)في اليوم، والعمر الافترا ضي لهذه الأر ضيات ٥ سنوات أي ما يعادل ١٦٦٤ كيلوجرام سيتم توفير انبعاثها نتيجة استخدام هذه الممرات.

المواد المســتخدمة: أســطح هذه البلاطات يتكون من إطارات الكاوتش المعاد تدويرها أما الإطار يتكون من ٨٠٪ من المواد المعاد تدويرها من الالومنيوم والمواد الكهروضغطية من الكوارتز.

التخلص بعد انتهاء العمر الافتراضــي: يتم إعادة تدوير الأســطح في الأرضــيات التجارية والمســارات الرياضية، وكذلك إعادة تدوير الالومنيوم في مصانع الخردة، والكوارتز يدخل في الصناعات الزجاجية.

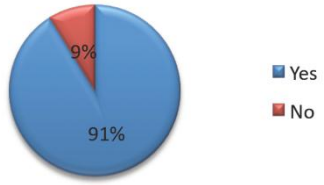
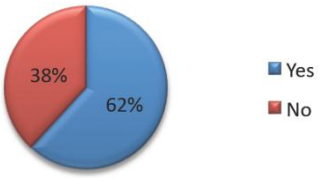
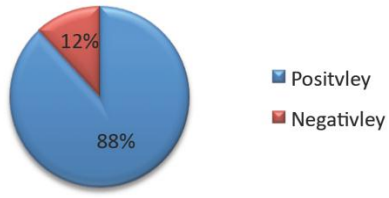
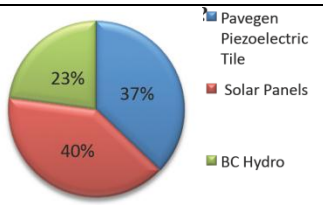
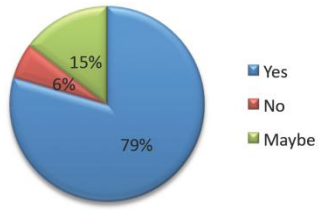
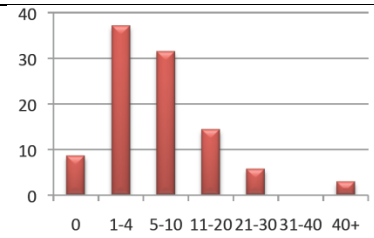
التأثير الاقتصــادي: التكلفة المبدئية للوحدات الكهروضــغطية لإنتاج الكهرباء مقارنة بتكلفة إنتاج الكهرباء بالطرق التقليدية تعتبر مرتفعة أما عند حســابها على مدار عمرها الافتراضــي (٥ ســنوات) وتكلفة التشــغيل فوجد بعد ٥ ســنوات إن تكلفة الوحدات الكهرضــغطية حوالي ٢٠٪ من تكلفة إنتاج الطاقة بالطرق التقليدية مما اثبت كفاءتها الاقتصادية.

التأثير الاجتماعي: تم عمل اســتبيان الكتروني على (Survey Monkey, 2011) وموجه الىخال طلبة الجامعة وكانت نتائج الاستبيان كالموضحة في جدول (١) كالتالي:

جدول (١) يوضح نتائج الاستبيان الاجتماعي على تركيب الوحدات الكهروضغطية في المبنى:

المصدر: (Joel Cramm، ٢٠١١)

هل فكرة إنتاج الكهرباء النظيفة مهمة لك ؟	هل ستغير هذه المبادرة شعورك بالاستدامة في الأماكن الأخرى.

	
كيف تشعر بأنك مشارك في إنتاج الطاقة الخضراء.	من وجهة نظرك أيهم الأكثر فعالية في توليد الطاقة (المائية- الشمسية- الكهروضغطية)
	
هل ممكن تغير طريقك إلي طريق يعمل على توليد الطاقة الخضراء	كم مرة في الأسبوع غالبا تمر من خلال مبنى اتحاد الطلاب
	

٥- معايير تقييم المشروع:

ولتقييم مثل هذا المشـروع تم اقتراح مجموعة من المعايير خاصـة بالأمن، الاسـتدامة، المحافظة على البيئة، التركيب، العمر الافتراضي، الاقتصاد وتوافر التصنيع المحلي كما هو موضح بجدول (٢).

جدول (٢) يوضح المعايير المقترحة لتقييم المشروع

المصدر: الباحث

	سقف المسار الذكي	أرضية المسار الذكي
معايير التقييم	الطاقة الشمسية	الطاقة الحركية
مصدر طاقة أمن	نعم	نعم
يحافظ على موارد البترول للأجيال القادمة	نعم	نعم

خال من التلوث	نعم	نعم
خال من الضوضاء	نعم	نعم
سهولة التركيب	سهل التركيب	سهل التركيب
الصيانة	نادرة جدا	نادرة جدا
سهولة التوسع (يمكن تطبيقه في المشاعر والمطار)	متاح	متاح
العمر الافتراضي	٢٥ سنة	٥ سنوات
التكلفة الأولية مقارنة بالطاقة العادية	مرتفعة	مرتفعة
التكلفة الشهرية مقارنة بالطاقة العادية	لا توجد	لا توجد
هل يعتبر اقتصادي مقارنة بالنظام التقليدي	نعم	نعم
التصنيع المحلي	يوجد	لا يوجد

*مما سبق من نتائج التقييم بالنسبة للعناصر المختلفة تظهر مدي ايجابية تطبيق هذا المشروع

٦- نتائج وتوصيات البحث:

٦-١ نتائج البحث:

- يعمل تطبيق مشروع مسار المشاة الذكي على تحويل مباني الحرمين الشريفين إلى مباني خضراء مستدامة، وأن يكون الحرمين الشريفين أماكن العبادة وأماكن تطبيق العلم والإبداع.

- الاستفادة من الطاقة الخضراء المتمثلة في الطاقة الشمسية والطاقة الحركية للزوار والعمل على توفير موارد البترول للأجيال القادمة.

- تطوير منظومة إدارة الحشود عن طريق المعرفة الدقيقة لكثافات المشاة بالتطبيقات الذكية لنظام البلاطات الكهرو ضغطية، مما يساعد على عملية إدارة الحركة والحشود داخل الحرمين الشريفين.

- ربط نتائج كثافة الحركة في الحرمين الشريفين بالتطبيقات على الهاتف مثل توتير فيس بوك يكون بمثابة إعلام للزوار عن حجم الكثافة في الحرم وبالتالي تنبيههم في حالة زيادة الكثافة إلى تغيير وقت الزيارة.

- لسهولة تركيب وفك البلاطات الكهرو ضغطية يمكن تركيبها في مداخل ممرات المشاة في أيام التشريق لحصر أعداد المشاة وتطوير منظومة إدارة حركة الحشود حيث انه في حالة زيادة الأعداد في

منطقة ما عن المعدل المطلوب يتم تحذير المشـــاة الوافدين لهذه المنطقة بعدم دخولها وتغيير مسارهم لتفادي الحوادث ثم بعد انتهاء أيام التشريق يتم نقلها واستخدامها في الحرم المكي.

- تغيير ســـلوك المشـــاة والتحكم في حركتهم بأهمية الحركة على الممرات للإضـــاءة الحرم مما يقلل الاعتماد على التحكم عن طريق الحواجز والعساكر.

- نشر الوعي البيئي وأهمية التفكير في استخدام الطاقات المستدامة لزوار الحرمين الشريفين.

٦-٢- توصيات البحث:

- يمكن استخدام أساليب الطاقة المستخدمة في أكثر من مكان ويمكن استخدامهم معا أو منفردين كما هو موضح بالجدول رقم (٣).

جدول (٣) يوضح كيفية الاستفادة من المشروع المقترح

المصدر: الباحث

المكان المقترح لاستخدام الطاقة	عناصر المكان	الطاقة الشمسية	الطاقة الحركية
١ – المطار	١-١- أماكن انتظار السيارات داخل	✓	
	١-٢- مسارات المشاة		✓
	١-٣- سيور نقل البضائع		✓
٢ - الحرمين الشريفين	٢-١- أنفاق المشاة		✓
	٢-٢- مسارات المشاة في الساحات	✓	✓
	٢-٣- مسارات المشاة داخل الحرمين		✓
	٢-٤- السعي بين الصفا والمروة		✓
	٢-٥- المطاف (وحدات شمسية متحركة مع أشعة الشمس)	✓	✓

٣- المشاعر:	٣-١ مني وجسر الجمرات (استخدام جزئي للمداخل والمخارج لحصر الكثافات بغرض إدارة الحشود)		

٧- المراجع:

- علي عبد الله العرادي،(٢٠١٣)، الطاقة المستدامة (دراسات وقوانين)، البحرين.
- الأمم المتحدة، (٢٠١٢)، السنة الدولية للطاقة المستدامة للجميع:
- http://www.un.org./ar/events/sustainableenergyforall/background.shtml
- غرفة مكة المكرمة للتجارة والصناعة، (٢٠١٥)، ملتقي مستقبل الطاقة البديلة، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية:http://www.alhayat.com/m/story/12319075
- مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة، (٢٠١٥):
- https://www.kacare.gov.sa/ar/Researches/Pages/renewable.aspx
- -http://www.alternative-energy-news.info/dell-solar-trees-parking-lot
- - Shell Football Pitch, Rio de Janeiro:
- http://pavegen.com/projects/shell-football-pitch-rio-de-janeiro.
- Electricity Generation from Footsteps; A Regenerative (٢٠١٣)Tom Jose V, - International Journal of Scientific and Research Publications, Energy Resource, Volume 3, Issue 3, March 2013 1 ISSN 2250-3153.

- Investigating the feasibility of implementing Pavegen energy ،Joel Cramm (2011)- harvesting piezoelectric floor tiles in the new SUB, University of British Columbia – APSC 261.