Doi: 10.34120/0080-048-003-003

The Development of Wind Energy Projects in Kuwait Using Geographic Information System

Obaid S. AlOtaibi
Salman Y. AlFailkawi

Abstract:

Objective: The study aims to: 1) Recognize the importance of using alternative energy in Kuwait in economic and enfironmental terms; 2) Employ the applications of gepgraphic information systems (GIS) by identifying a set of appropriate criteria for choosing the most suitable sites for establishing wing energy projects, 3) Benefiting the decision makers and planners through using the results of the study to develop energy production projects in the future. **Methodology:** The researchers used the Suitability Model to analyze the study criteria within the Arc GIS program. **Results:** The areas (Al-Shqaya, Al-Dabbaba, and Al-Salmi) which are in the west of Kuwait, are the first suitable sites for future development of wind frams. (Al-Abdali) area at the north occupies the second place; while (Umm Al-Hayman), in the south occupies the third place, and the south western area (North of Al-Wafra and Al-Shaqeeq) are in the fourth order. They form a tributary of potential clean electric power in Kuwait. **Conclusion:** Wind energy has an acceptable encironmental impact compared to the traditional energy systems. However, selecting suitable sites for wind farms is one of the biggest challenges to wind energy development. Spatial analysis should be conducted to determine the most appropriate locations before making decisions on wind power projects. Beacuse wind power projects generally require large inmestments, finding suitable sites is a crucial step for the success of these projects in economic terms.

Keywords: Spatial analysis, Kuwait, Renewable energy, Wind energy, Geographic information system (GIS).

تنمية مشروعات طاقة الرياح في دولة الكويت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

عبيد سرور العتيبي*
سلمان يوسف الفيلكاوي**

ملخص:

هدف الدراسة: (1) التعرف على أهمية استخدام الطاقة البديلة في دولة الكويت من الناحية الاقتصادية والبيئية؛ (2) توظيف تطبيقات برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS من خلال تحديد مجموعة من المعايير المناسبة لاختيار أنسب المواقع لإقامة مشروعات طاقة الرياح في دولة الكويت؛ (3) الاستفادة من نتائج الدراسة من قبل متخذي القرار والمخططين في مجال إنتاج الطاقة لتحديد أماكن تطوير مشروعات الطاقة البديلة المستقبلية. **المنهجية:** استخدم الباحثان نموذج المواءمة (Suitability Model) لتحليل معايير الدراسة ضمن برنامج Arc GIS.

النتائج: جاءت منطقة (الشقايا والدبدبة والسالمي) التي تقع في الجزء الغربي من دولة الكويت الموقع المقترح الأول، والأكثر تفضيلا لتطوير مشروعات مزارع طاقة الرياح؛ تليها منطقة (مزارع العبدلي) في شمال الكويت في الترتيب الثاني؛ فيما تحتل منطقة (أم الهيمان) الترتيب الثالث، وفي المنطقة الجنوبية الغربية، جاءت (شمال الوفرة و الشقيق) بالترتيب الرابع. لتشكل جميعها روافد للطاقة الكهربائية النظيفة المحتملة في دولة الكويت.

الخلاصة: تتمتع طاقة الرياح بتأثيرات بيئية مناسبة ومقبولة مقارنة بأنظمة الطاقة التقليدية، إلا أن اختيار المواقع المناسبة لإقامة مزارع الرياح، يمثل أحد أكبر العوائق والتحديات التقنية التي تواجه تطوير طاقة الرياح؛ لذلك ينبغي إجراء التحليل المكاني لتحديد أنسب المواقع قبل اتخاذ القرارت المتعلقة بمشروعات هذه الطاقة، لكونها تتطلب بشكل عام استثمارات رأسمالية كبيرة. يعد إيجاد المواقع الملائمة خطوة بالغة الأهمية لنجاح مشروعات طاقة الرياح من الناحية الاقتصادية. استخدم الباحثان نموذج المواءمة (Suitability Model) لتحليل معايير الدراسة ضمن برنامج Arc GIS.

المصطلحات الأساسية: التحليل المكاني، الكويت، الطاقة المتجددة، طاقة الرياح، نظم المعلومات الجغرافية.

– يشكر الباحثان قطاع الأبحاث بجامعة الكويت لدعمه للبحث تحت رقم: RO 01/12.

(*) قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت.
(**) قسم الدراسات الاجتماعية، كلية التربية الأساسية، الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب.

مقدمة:

ترتكز أوجه التنمية الاقتصادية والاجتماعية بدرجة عالية على مدى توافر مصادر الطاقة. وقد اكتسبت مصادر الطاقة المتجددة اهتماماً عالمياً في الوقت الحاضر؛ بسبب استنزاف مصادر الطاقة الأحفورية من ناحية وللحد من الآثار البيئية التي تنتج من انبعاثات الكربون التي تسهم في التغيرات المناخية، وتعد طاقة الرياح من بين أنواع الطاقة المتجددة التي شهدت نمواً سريعاً في العالم، التي تسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في مجال الطاقة.

وقد شهدت قضايا البيئة والطاقة تزايداً ملحوظاً في السعي لمعالجة مشكلاتها، ومن أبرزها قضية آثار استهلاك الطاقة التقليدية بشكل متسارع؛ مما يهدد التنمية الاقتصادية بالخطر في المستقبل، وفي هذا الإطار تمثل بدائل الطاقة المتجددة إحدى أبرز وسائل حماية البيئة والتنمية، وحلولاً مثالية لتحقيق أهداف استدامة الطاقة. ويعد إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الحركية للرياح من أكثر مصادر الطاقة المتجددة التي تحظى باهتمام عدد كبير من دول العالم في الوقت الحاضر.

وعلى الرغم مما تتمتع به طاقة الرياح من آثار بيئية مناسبة ومقبولة مقارنة بأنظمة الطاقة التقليدية، فإن اختيار المواقع المناسبة لإقامة مزارع الرياح، تمثل أحد أكبر العوائق والتحديات التقنية التي تواجه تطوير طاقة الرياح، لذلك ينبغي إجراء التحليل المكاني لتحديد أنسب المواقع قبل اتخاذ القرارت المتعلقة بمشروعات هذه الطاقة. وتكمن أهمية التحليل المكاني – كمرحلة سابقة لإقامة مزارع الرياح – في كونها تتطلب بشكل عام استثمارات كبيرة؛ ومن ثم يعد إيجاد المواقع الملائمة خطوة بالغة الأهمية لنجاح مشروعات طاقة الرياح من الناحية الاقتصادية.

خلال السنوات القليلة الماضية تبنت العديد من الدراسات الجغرافية التحليل المكاني ضمن برامج نظم المعلومات الجغرافية لتحديد أنسب المواقع لإقامة مشروعات الطاقة المتجددة، ومنها طاقة الرياح. تقدم برامج نظم المعلومات الجغرافية وظائف تقوم على دمج طائفة واسعة من المعلومات الجغرافية فيما يسمى بنظم التحليل المكاني، التي تسهم في دعم القرارات المتعلقة بتنمية طاقة الرياح وتحقيق القدر المناسب من الإيجابيات وتقليل الأضرار والسلبيات، وذلك بناءً على اختيار مجموعة من المعايير المعلوماتية ومعالجتها رقمياً. والتحليل المكاني من حيث المفهوم العلمي أسلوب لقياس العلاقات المكانية بما يتضمن تفسير العلاقات

المكانية والاستفادة منها؛ أي أنها تعطي الصورة الواضحة عن أبرز السمات الطبيعية للمكان، مثل الظروف المناخية والتضاريس والتربة والنبات الطبيعي والماء والموارد المختلفة التي ترتبط بها حياة الإنسان ونشاطاته؛ ومن ثم يتم تمثيلها في خرائط خاصة تشكل المدخلات الضرورية لغرض التقييم المكاني للوصول إلى تحديد المواقع الأنسب والأكثر ملاءمة لتنمية مشروعات طاقة الرياح.

تمتلك الكويت إمكانات طبيعية مناسبة لإنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح؛ فمن حيث الموقع الجغرافي تتأثر الكويت من الشمال بالضغط الجوي المرتفع وراء المداري على البحر المتوسط والمحيط الأطلسي، ومن الجنوب بمراكز الضغط المنخفض الممتد على طول الجبهة المدارية؛ ومن ثم تسود الرياح الشمالية الغربية معظم أيام السنة بنسبة تبلغ نحو 60% (ميساك وآخرون، 2003). ومن حيث سرعة الرياح في الكويت فهي تختلف من فصل إلى آخر تبعاً لتأثيرات مراكز الضغط الجوي حيث يبلغ متوسط سرعة الرياح في الكويت نحو 4,5 أمتار/ ثانية كمتوسط سنوي، ويصل أقصى متوسط شهري إلى نحو 5,7 أمتار/ ثانية في أشهر الصيف، بينما يصل إلى حدوده الدنيا في شهر نوفمبر حيث يبلغ نحو 3,3 أمتار/ ثانية. وتمثل الرياح الشمالية الغربية النسبة الكبرى من حيث فترات الهبوب و سرعة الرياح (شرف، 1997؛ الكليب، 1981).

في ضوء توجه دولة الكويت نحو تطوير مصادر الطاقة المتجددة من منظور رؤية خطط التنمية المستقبلية بهدف تعزيز التنمية المستدامة وتحقيق أمن الطاقة للمستقبل – تتبنى هذه الدراسة منهج التحليل المكاني لتسهم في دعم هذا التوجه ودعم القرارات المتعلقة بتنمية الطاقة المتجددة واختيار أكثر المواقع ملاءمة من حيث الجدوى لإقامة مشروعات إنتاج طاقة الرياح في الكويت.

مشكلة الدراسة:

تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية في دولة الكويت خلال السنوات الأخيرة بوتيرة غير مسبوقة؛ مما شكل تحدياً كبيراً أمام متخذي القرار. ويتمثل هذا التحدي في حجم الطاقة المستهلكة من مصادر الطاقة الأحفورية بسبب التوسع العمراني والتزايد السكاني السريع، وما ينجم عن ذلك من آثار بيئية واقتصادية. و يتطلب ذلك طرح البدائل في مجال الطاقة ودراسة جدوى تطبيقها في مواجهة التحديات المتمثلة في زيادة الطلب على الطاقة وللتخفيف من الآثار البيئية السلبية لمصادر الطاقة

التقليدية، وذلك من خلال استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إجراء التحليل المكاني وفق معايير محددة لمنطقة الدراسة لاختيار الأماكن المناسبة لمشروع طاقة الرياح. ويمكن أن تسهم نتائج الدراسة بشكل إيجابي في وضع معايير مكانية لدعم القرار في مجال مشروعات الطاقة البديلة الخاصة بدولة الكويت.

شكل (1): موقع دولة الكويت

أهداف الدراسة:

تتمثل أهداف الدراسة فيما يأتي:

(1) تعرف أهمية استخدام الطاقة البديلة في دولة الكويت من الناحية الاقتصادية والبيئية.

(2) توظيف تطبيقات برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS من خلال تحديد مجموعة من المعايير المناسبة لاختيار أنسب المواقع لإقامة مشروعات طاقة الرياح في دولة الكويت.

(3) الاستفادة من هذه النتائج من قبل متخذي القرار والمخططين في مجال إنتاج الطاقة لتحديد أماكن تطوير مشروعات الطاقة البديلة المستقبلية.

مناهج الدراسة وأساليبها:

تغطي منطقة الدراسة، دولة الكويت بشكل عام (شكل 1)؛ مع التركيز على المناطق خارج الاستخدامات الحضرية. اعتمدت الدراسة على البيانات اليومية المناخية الخاصة بالرياح لتقويم طاقة الرياح بمعدلاتها اليومية والشهرية والفصلية والسنوية، وذلك باستخدام برنامج Excel. وتم الحصول على البيانات المناخية في هذه الدراسة من خلال قراءات محطات الرصد (العشر)، التابعة لمعهد الكويت للأبحاث العلمية، وهي: (العبدلي، الصبية، المطلاع، السالمي، أم عمارة، معهد الكويت للأبحاث العلمية، أم الهيمان، الزور، الوفرة، الطويل).

اختيرت معايير الدراسة، استناداً إلى خصائص منطقة الدراسة الطبيعية والبشرية والمناسبة لحالة دولة الكويت بدقة من خلال استعراض العديد من الدراسات السابقة في مجال استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS) لتحديد أنسب المواقع لإقامة مزارع طاقة الرياح. في هذه الدراسة طبق الباحثان نموذج المواءمة (Suitability Model) لتحليل معايير الدراسة ضمن برنامج Arc GIS. ويعرّف (Carr & Zwick, 2007) نموذج المواءمة بمفهومه العام بأنه "مقياس لتحديد الأهمية النسبية لمساحات محددة من الأرض من أجل الاستخدامات لأغراض محددة". وبمعنى آخر هو "نموذج للتحليل المكاني الذي يبنى على مقارنة أكثر من موقع بناء على أوزان رتبية لاختيار الأكثر مواءمة لاستخدامات معينة وفق معايير محددة". وتعد هذه التقنية أسلوباً تطبيقياً يقوم على إدخال جميع المعايير المكانية المختلفة ضمن هيكلية منهج الدراسة للحصول على النتائج، بعد إجراء التحليل المكاني للمعايير المختلفة من أجل الحصول على أنسب المواقع لتطوير مزارع طاقة الرياح.

الدراسات السابقة:

قسّم (Rodman & Meetemeyer ,2006) المعايير التي طبقت في الدراسة، التي أجريت لتحليل مدى ملاءمة مزارع الرياح في شمال ولاية كاليفورنيا الأمريكية؛ باستخدام منهج النمذجة في نظم المعلومات الجغرافية إلى ثلاثة فئات بيئية واجتماعية واقتصادية (ومن أمثلة المعايير المستخدمة، كانت معدلات سرعة الرياح، جيومورفولوجية الأرض، والخصائص البيئية للمنطقة مثل النبات الطبيعي والمناطق الرطبة وغيرها. كما أخذت الدراسة في الاعتبار المؤثرات البشرية مثل الكتل العمرانية والمرافق الترفيهية وغيرها.

وجاءت دراسة (Yue & Wang, 2006) بمنهج مماثل لتحديد المواقع المناسبة لإقامة مزارع الرياح؛ حيث تقيم دراستهما مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة الكتلة الحيوية في منطقة ريفية من تشيجو في جنوب غرب تايوان عن طريق تحليل الآثار الفنية والاقتصادية والبيئية والسياسية من أجل إنشاء نموذج تقييم لتطوير مصادر الطاقة المتجددة المحلية. يقوم النهج المعتمد بتقييم الإمكانات المحلية لمصادر الطاقة المتجددة بمساعدة نظام معلومات جغرافي وفقًا للظروف المحلية الفعلية، ويسمح للتقييم بالنظر في الإمكانات والقيود المحلية، مثل الظروف المناخية، واستخدامات الأراضي، والبيئات الإيكولوجية. وقد تساعد هذه النتائج في بناء رؤية إنمائية لأنظمة الطاقة المستدامة القائمة على الموارد الطبيعية المتاحة محليًا، وتسهيل انتقال سياسات الطاقة والبيئة الوطنية نحو الاستدامة.

وقام (Janke, 2010) بدراسة استخدم فيها تقنيات النمذجة في نظم المعلومات الجغرافية للعثور على المواقع المناسبة لمشروعات مزارع الرياح في ولاية كولورادو الأمريكية، ومن بين العوامل التي تم اختبارها كانت إمكانية الرياح والمسافة إلى المدن والطرق ومناطق الكثافة السكانية، وفقاً لنموذج نظم المعلومات الجغرافية. أظهرت الدراسة أن المناطق المثالية لتنمية مزارع الرياح هي التي تقع في شمال شرق ولاية كولورادو، وأن المناطق المثالية لتنمية الطاقة الشمسية تقع في شمال غرب كولورادو وشرق دنفر.

تناقش ورقة (Gastli & Charabi, 2010) آفاق الطاقة الشمسية في سلطنة عمان؛ حيث عرضا المعلومات الجغرافية والطبوغرافية حول السلطنة، ثم ناقشا منهجية إنتاج خرائط الإشعاع الشمسي باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية. وأظهرت نتائج دراستهما، التي حصلا عليها، أن هناك إمكانات عالية للغاية للإشعاع الشمسي في جميع أراضي عمان خلال العام بأكمله. لقد سمح تحليل الانحدار بحساب إمكانات توليد الكهرباء السنوية لتكنولوجيات الطاقة الشمسية المركزة المختلفة، مثل (الحوض المكافئ، والصحن المكافئ، والبرج). على سبيل المثال، إذا تم اعتبار 10% فقط من أراضي عمان التي تقل ميلها عن 1%، أرضاً قابلة للاستغلال لتكنولوجيا الطاقة الشمسية المكافئة، فإن إجمالي الإمكانات المحسوبة لتوليد الكهرباء السنوي سيكون نحو 7,6 ملايين جيجاوات في الساعة، وهو ما يعادل (680 مرة) من إمدادات توليد الطاقة حالياً في عمان الذي كان نحو 11,189 جيجاواط ساعة في عام 2007.

تهدف الدراسة التي قام بها (الكناني والجابري، 2012) إلى تقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري لمدينة الكوت للفترة المستقبلية (2010 – 2040) عبر منهجية تحليلية مكانية من خلال الحفاظ على الموارد الطبيعية المتمثلة في الأراضي الزراعية، والثروات المعدنية، وعدم التوسع على حسابها، وكيفية تقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري. ومدينة الكوت تحتل موقعاً فريداً على نهر دجلة، وقد نمت وتطورت على ضفتيه، وأسهم هذا النهر في توجيه توسع المدينة وتوزيع الاستعمالات فيها، وقد عانت المدينة التوسع العشوائي غير المنتظم الذي لم يأخذ بالاعتبار الملاءمة المكانية للامتداد والتوسع الحضري؛ إذ تم التجاوز على استعمالات الأرض الزراعية وتحويلها إلى الاستعمال السكني في ظل ضعف التشريعات وغياب سلطة القانون بعد عام 2003؛ وبناءً على هذه المعطيات فقد تم تقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري لأجل توجيه التوسع الحضري للمدة المستقبلية في المناطق الأكثر ملاءمة من غيرها، من خلال دراسة العوامل المؤثرة في التوسع الحضري لمدينة الكوت وتحليل تأثير هذه العوامل مكانياً عن طريق ما توفره بيئة نظم المعلومات الجغرافية، بوساطة تطبيق المحلل المكاني Analyst Spatial وإجراء عملية التطابق الموزون Overlay Weighted بوساطة إعطاء الأوزان للعوامل المؤثرة في توسع المدينة بحسب الأهمية النسبية لكل منها، وقد ظهرت النتائج التي ترجح موقعين للتوسع الحضري، الأول على طريق (الكوت – بدرة)، والآخر على طريق (الكوت – الناصرية)؛ حيث تحقق المساحة الناتجة المساحة المطلوبة للتوسع، وتلبي جميع الاحتياجات.

اختارت دراسة (Miller & Li, 2014) عدداً من المعايير التي تم استخدامها في نموذج الملاءمة المكانية Suitability Model لتحديد أنسب المواقع لمشروعات مزارع الرياح في ولاية نبراسكا الأمريكية، وخلصت الدراسة إلى تبني سبعة معايير، هي: إمكانات طاقة الرياح المتاحة في الإقليم، استخدامات الأرض، القرب من خطوط النقل، الكثافة السكانية، المسافات من الطرق الرئيسة، ودرجة انحدار سطح الأرض والمسافة من المنشآت الحساسة مثل المطارات. تم تصميم ملاءمة تطوير مزرعة الرياح بوساطة طبقة مركّبة من الطبقات الجغرافية المكافئة لهذه المعايير. وأشارت النتائج، إلى أن النموذج قادر على تحديد المواقع المناسبة لتطوير مزرعة الرياح.

يسعى عبدالحميد والمسيند، (دون تاريخ) في بحثهما للاستفادة من أدوات التحليل المكاني المتوافر في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية للوصول إلى درجة

ملاءمة موقع جغرافي معين للتنمية العمرانية سواء السكنية أو الترفيهية. واختارا منطقة الدراسة (الملقا – الدرعية غرب الرياض) لتطبيق وسائل التحليل المكاني وتقنيات أنظمة المعلومات الجغرافية لدراسة مدى صلاحية المنطقة للتنمية العمرانية. تضمن بحثهما دراسة تطبيقية على المنطقة المختارة واهتما بإجراء تطبيق عملي عليها من خلال بناء النموذج التحليلي لها، واستعرضا منهجية التحليل المكاني بشكل تطبيقي وباستخدام البيانات المتوافرة لمنطقة الدراسة. وقد خلص البحث إلى تحديد درجة ملاءمة الموقع للتنمية العمرانية ونسبتها، وذلك لمساعدة المخططين العمرانيين ببلدية محافظة الدرعية، للوصول إلى أفضل مواقع الدراسة الصالحة للتطوير السكني أو الترفيهي.

مراحل الدراسة:

بعد استعراض عدد من الدراسات السابقة؛ جاءت دراستنا لتحديد أبرز العوامل والأهداف البيئية والمعايير المناسبة، وهي تنقسم إلى ثلاث مراحل، كانت المرحلة الأولى هي تحديد أهم المعايير والعوامل ذات الصلة بمنطقة الدراسة لتحديد البيانات المناسبة لكل معيار ليتسنى معالجتها ضمن برامج نظم المعلومات الجغرافية، للحصول على طبقات البيانات المكانية لاستخدامها في تحديد المواقع المناسبة لمشروعات مزارع الرياح في دولة الكويت. وقد حددت الدراسة عدداً من المعايير والأهداف ذات الصلة، وهي ما يوضحها جدول (1).

جدول (1)
عوامل ومعايير الدراسة المستخدمة لتحديد أنسب المواقع لمزارع الرياح في الكويت

العوامل والأهداف البيئية	المعايير
المتوسط السنوي لسرعة الرياح	1–5 م/ث
استخدامات الأراضي	تحديد المسافات بحسب نمط الاستخدام
طبوغرافية الأراضي	معدل الانحدار < 10%
شبكات الطرق الرئيسية	لا يقل عن 2000 متر
المناطق الحضرية	لا يقل عن 2000 متر
المناطق ذات الطابع الحساس: العسكرية – الحقول والمنشآت النفطية – المحميات الطبيعية	لايقل عن 3000 متر

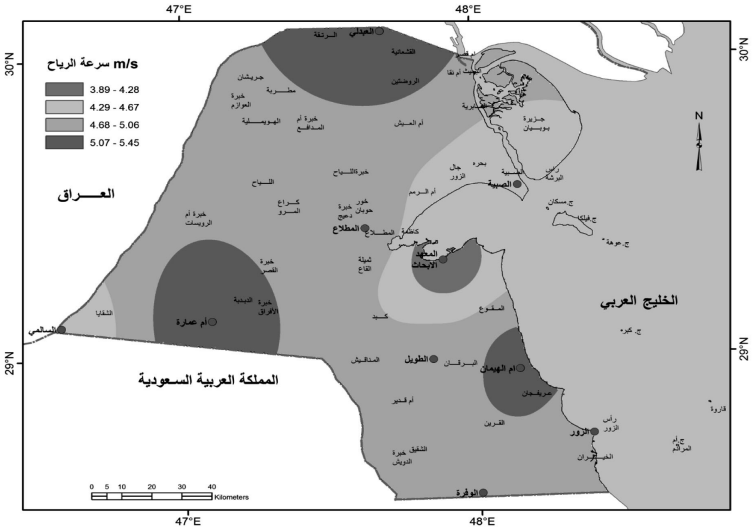
وجاءت المرحلة الثانية للدراسة بعد تحديد العوامل والمعايير التي تتطلب إخراجها على شكل طبقات للتحليل المكاني، وقد تم وضع معايير الدراسة في صورة طبقات معلوماتية مكانية Spatial information layers؛ حيث يضم كل موضوع خريطة تستخدم في عملية التحليل المكاني، وقد تم استقاء خرائط المعلومات المكانية من خرائط بلدية الكويت، وأعيد إنتاجها في مختبر قسم الجغرافيا بجامعة الكويت. كما أنتجت خريطة سرعة الرياح، بناءً على البيانات التي جمعت من سجلات محطات الرصد التابعة لمعهد الكويت للأبحاث العلمية.

وقد جاءت معايير الدراسة الحالية على النحو الآتي:

(1) يعد متوسط سرعة الرياح العامل الحاسم في إمكانية إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح؛ إذ إن تحديد المواقع المثالية، هي تلك التي تتعرض لتدفق الرياح بشكل مستمر طوال العام بمعدلات لا تقل عن 4,5 أمتار/ ثانية، وقد جمعت بيانات الرياح للفترة من 2000–2010 من محطات الرصد العشر، وتحويل البيانات وإعادة التصنيف بحسب الأكثر ملاءمة بناءً على متوسط سرعة الرياح السنوية باستخدام برنامج ArcGIS، ووضع ترتيب تصنيفي لها يراوح بين (1 و 4)؛ حيث يشير المستوى رقم 4 إلى أمثل المواقع ورقم 1 إلى الأقل ملاءمة؛ وعليه أنتجت خريطة خاصة بمعدلات الرياح السنوية في الكويت (جدول 2) وشكل (2).

جدول (2)
معيار سرعة الرياح

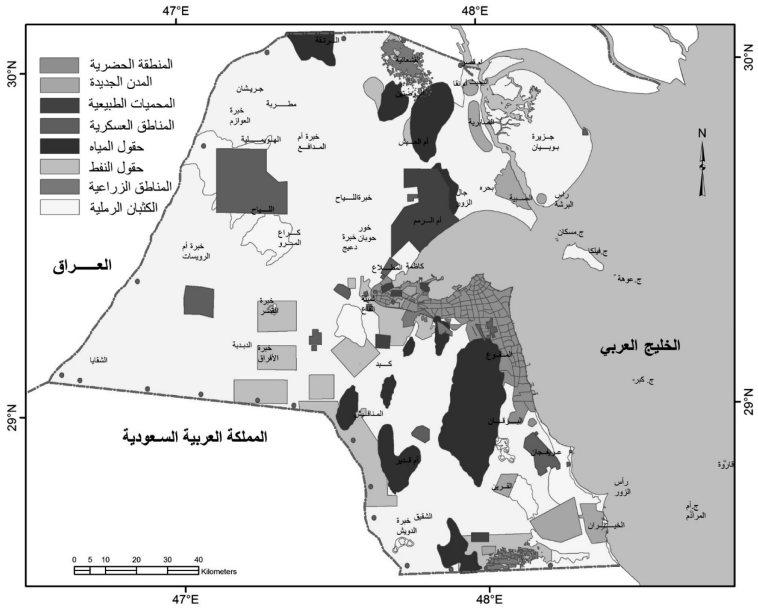
متوسط سرعة الرياح م/ث	الدرجة	التوصيف
5 <	4	ممتاز
5–4	3	جيد
4–3	2	متوسط
3 >	1	ضعيف



شكل (2): التصنيف المكاني لقيم متوسط سرعة الرياح السنوية بمحطات رصد الرياح

من خلال خريطة تصنيف طاقة الرياح (شكل 2) يمكن القول: إن دولة الكويت تمتلك إمكانات واعدة في مجال إنتاج طاقة الرياح وفق المعايير المكانية في هذه الدراسة؛ إذ توجد ثلاث مناطق يزيد فيها المتوسط السنوي لسرعة الرياح على 5 أمتار/ ثانية، بالإضافة إلى مساحات واسعة من البلاد يراوح المتوسط السنوي لسرعة الرياح فيها بين 4 و 5 أمتار/ ثانية، وتعد قيم الطاقة المتاحة مناسبة من الناحية المكانية والفنية لإقامة مزارع الرياح، وإمكانية إنتاج الطاقة الكهربائية بشكل مناسب. وعلى الرغم مما تتمع به منطقة الدراسة من فرص واسعة تناسب مشروعات طاقة الرياح فإن التحليل المكاني لتحديد أنسب المواقع يتطلب الأخذ في الاعتبار العوامل والمعايير المكانية والبيئية وغيرها، وتحديد المسافات الفاصلة بينها وبين مواقع مزارع الرياح المقترحة. ولعل إنتاج خريطة استخدامات الأرض تبرز تلك العوامل.

(2) إن استخدامات الأراضي من المعايير المهمة في تحديد أنسب المواقع لإقامة مشروعات طاقة الرياح حيث لايتعارض اختيار هذه المواقع مع أغراض استخدامات الأراضي الحالية والمستقبلية، وقد اعتمدت الدراسة على خرائط استخدامات الأرض الحديثة في دولة الكويت الصادرة عن بلدية الكويت (خريطة الخطة القومية)، ومن خلالها حددت الأوزان لكل طبقة من معايير الدراسة. شكل (3).

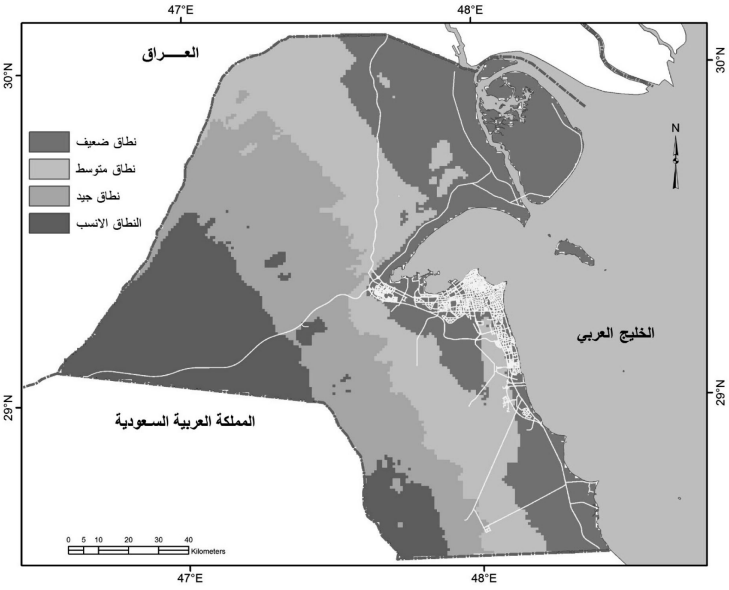


شكل (3): استخدامات الأرض في دولة الكويت (بما فيها الموارد الطبيعية والمعوقات البشرية والطبيعية)

تتضمن خريطة استخدامات الأرض عدداً من الأنماط، منها الاستخدام الحضري والمدن الجديدة والمناطق الزراعية والمحميات الطبيعية وحقول المياه الجوفية ومناطق إنتاج النفط ومنشآته، كما أظهرت المناطق ذات الاستخدام العسكري. وتعتبر خرائط استخدامات الأرض ذات أهمية بالغة في التحليل المكاني لتحديد أنسب المواقع لمشروعات طاقة الرياح؛ إذ إنها تقوم على التخطيط الإستراتيجي المبني على التنبؤ بإمكانات استخدامات الأرض الحالية والمستقبلية. ومن ثم تعد خريطة استخدامات الأراضي أحد أهم المعايير في التحليل المكاني لتحديد أنسب المواقع؛ إذ من خلالها يمكن معرفة أبرز القيود المتوقعة من كل نمط من أنماط الاستخدامات ومدى تأثيره على فاعلية مشروعات مزارع الرياح ونجاحها.

(3) تعتبر أشكال سطح الأرض أحد المعايير التي أخذت بها الدراسة؛ لكونها تؤثر في فاعلية توربينات الرياح؛ حيث تشير العديد من الدراسات إلى ضرورة أن يكون الانحدار غير حاد ويراوح بين 7% و 10%. وتم إعداد خريطة لطبوغرافية الكويت لتكون أحد المعايير المستخدمة في الدراسة الحالية. وتمتاز طبوغرافية الكويت بأنها أرض سهلية منبسطة بشكل عام وتنحدر بمعدل لا يتجاوز 10% من الغرب والجنوب

الغربي نحو الشرق والشمال الشرقي، وتظهر خلال السهول بعض التلال والحافات قليلة الارتفاع وبعض المنخفضات الصحراية والأودية الجافة. كما أن بيئة الكويت الصحراوية يتسم سطحها بوجود تجمعات للكثبان الرملية، التي قد تشكل عائقاً لعمل مزارع الرياح، ووفقاً للخصائص الطبوغرافية لمنطقة الدراسة فقد استبعدت مناطق الكثبان الرملية كمعيار لتحديد أنسب المواقع لمزارع الرياح. شكل (4).

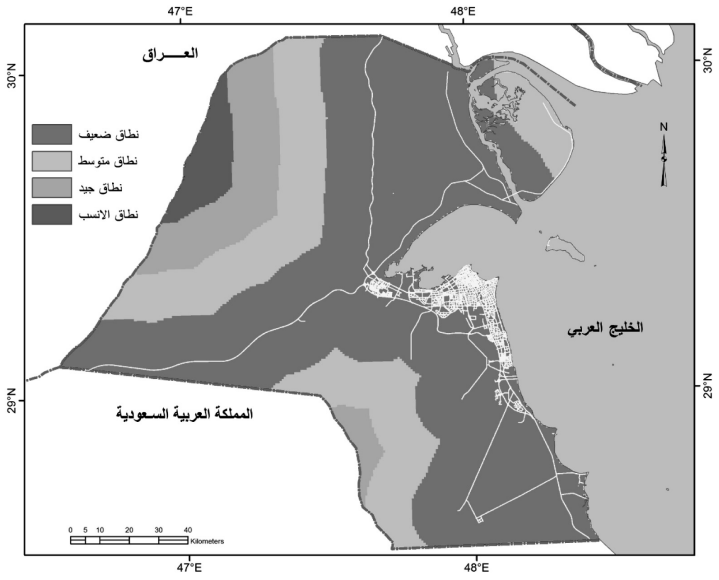


شكل (4): التصنيف المكاني لقيم الارتفاعات عن مستوى سطح البحر

(4) تمثل شبكات الطرق أهمية حيوية في مجال التنمية في أي إقليم، لذلك وضعت ضمن معايير الدراسة الحالية؛ فمن أجل تجنب التأثيرات السلبية لمشروعات مزارع طاقة الرياح اقترحت الدراسة ضرورة وضع حيز أو نطاق عازل zone Buffer حول الطرق، يمثل المسافة الملائمة من الطرق الرئيسة؛ بحيث تكون المسافات مناسبة للوصول إلى مواقع مزارع الرياح، وتجاوز السلبيات الخاصة بتنمية المناطق المحيطة بالطرق، ومن ناحية ثانية لابد أن تكون المسافة مناسبة؛ بحيث تقلل من تكاليف الوصول إلى مزارع الرياح لنقل المعدات اللازمة وللصيانة الدورية، شكل (5).

(5) تعتبر المناطق الحضرية ومناطق الكثافة السكانية من المعايير المهمة عند

التخطيط لإقامة مشروعات مزارع الرياح، كما تشير الدراسات إلى ضرورة وجود مناطق فاصلة بين مزارع الرياح والمناطق الحضرية والسكنية وبناها التحتية من موصلات ومطارات وغيرها؛ لأجل عدم إعاقة تطورها المستقبلي، ولتجنب الآثار السلبية التي قد تنجم عن تطوير مشروعات مزارع الرياح. ويوضح شكل (5) درجات الأهمية المكانية للمعايير، وهي تقسم إلى الفئات المتدرجة الأربع بحسب الأهمية النسبية وبحسب الأكثر ملاءمة لاختيار الموقع الأنسب لمزارع الرياح. وقد وضع هذا المعيار ضمن معايير التحليل المكاني للدراسة.



شكل (5): التصنيف المكاني لقيم المسافات المناسبة من المنطقة الحضرية والطرق الرئيسة

(6) أخذت الدراسة في الاعتبار معايير المسافة بين مزارع الرياح المقترحة وبعض المواقع الحساسة ذات الطابع البيئي (كالمحميات الطبيعية)، وذات الطابع العسكري، أو تلك التي ترتبط بالاقتصاد الوطني (حقول النفط والمنشآت النفطية). وقد أشارت العديد من الدراسات إلى ضرورة وجود مسافة عازلة لحماية مسارات الطيور المهاجرة التي تتخذ من المحميات الطبيعية ملاذاً آمنا لها خلال توقفها. كما أن التأثير الكهرومغناطيسي الناجم عن مزارع الرياح يؤثر على الرادارت ومسارات الطيران في المطارات العسكرية القريبة من هذه المواقع، لذلك تعد الاعتبارات البيئية والأمنية من أهم المعايير المستخدمة في تحديد مواقع مزارع الرياح.

وضعت المعايير التي استخدمت في الدراسة على مجموعة من الخرائط باستخدام برنامج ArcGIS، وتحويلها إلى بيانات رقمية (RASTER DATA) وصنفت إلى رتب (1–4)؛ بحيث يعكس كل وزن في المعيار الأهمية النسبية للعامل المحدد لأنسب المواقع، بناء على التحليل لمعايير الدراسة. كما حددت المسافات الملائمة لمنطقة الدراسة من خلال الاطلاع على العديد من الدراسات المماثلة. ومن خلال دمج الأوزان المستخدمة لكل معيار، خلصت الدراسة إلى إنتاج خريطة عامة توضح نتائج التحليل المكاني من خلال تحديد أنسب المواقع لإقامة مزارع إنتاج طاقة الرياح في دولة الكويت، وجدول (3) يوضح معايير الدراسة المناسبة.

جدول (3)
معايير الدراسة لنموذج الملاءمة؛ لاختيار أفضل المواقع لمزارع إنتاج طاقة الرياح في دولة الكويت

رتب الأفضلية	معدل سرعة الرياح (م/ث)	معدل الانحدار	المسافة من المناطق الحضرية	المسافة من الطرق الرئيسة	المسافة من المناطق الحساسة
ممتاز (4)	أكثرمن 5	7%	1–5 كم	1–3 كم	10–20 كم
جيد (3)	4–5		5–10 كم	3–4 كم	20–30 كم
متوسط (2)	3–4		10–15 كم	4–5 كم	30–40 كم
ضعيف (1)	أقل من 3		أكثر من 15 كم	أكثر من 5 كم	أكثر من 40 كم

نتائج الدراسة:

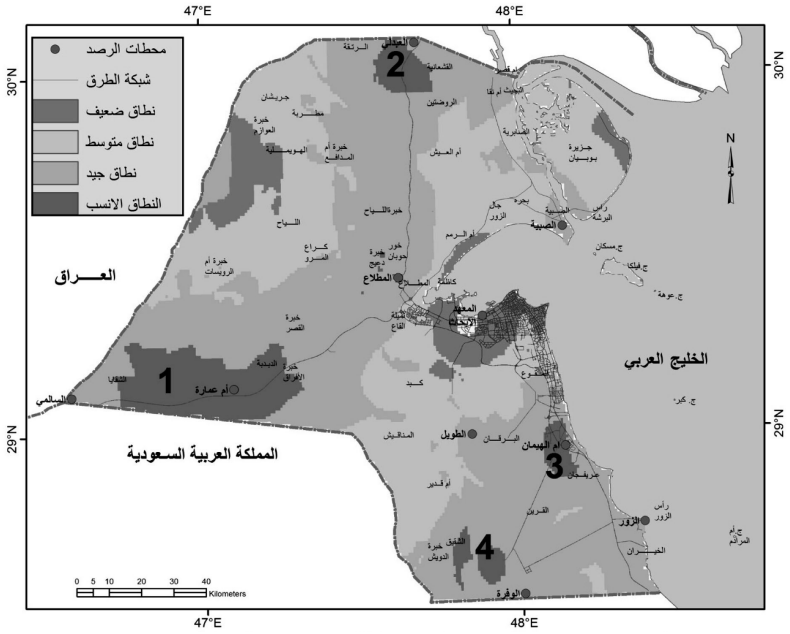
يوضح شكل (6) المواقع النهائية المقترحة لإقامة مشروعات مزارع طاقة الرياح في منطقة الدراسة. ويشير الشكل إلى أربعة مواقع مقترحة وفق المعايير التي استخدمتها الدراسة بناءً على أوزان درجة المواءمة لكل معيار من المعايير الأربعة (ممتاز، جيد، متوسط، ضعيف). وقد بلغت نسبة مساحة المناطق التي تمثل أنسب المواقع بوزن رتبي ممتاز (4) نحو 8% من مساحة دولة الكويت موزعة نسبياً على النحو الآتي:

(1) الشقايا – الدبدبة – السالمي 5,22%

(2) العبدلي 1,22%

(3) أم الهيمان 0,70%

(4) شمال الوفرة و الشقيق 0,86%



شكل (6): التوزيع المكاني الأنسب لمواقع إنتاج طاقة الرياح المقترحة بدولة الكويت

تمثل منطقة الشقايا والدبدبة والسالمي الموقع المقترح رقم (1) والأكثر تفضيلاً؛ فهي أكبر المناطق مساحة وتقع في الجزء الغربي من دولة الكويت، تليها في المساحة منطقة مزارع العبدلي في شمال دولة الكويت؛ حيث تحتل الترتيب الثاني؛ فيما تحتل منطقة الجنوب الشرقي (أم الهيمان) الترتيب الثالث، وفي المنطقة الجنوبية جاءت (شمال الوفرة و الشقيق) بالترتيب الرابع.

وبحسب المعايير التي تعرضها الخريطة النهائية فقد اشتملت هذه المواقع المعايير الأكثر مواءمة لإقامة مشروعات مزارع طاقة الرياح وتطويرها لتشكل رافداً من روافد الطاقة الكهربائية المحتملة في دولة الكويت.

الخاتمة:

في الوقت الذي يزيد فيه الطلب على الطاقة الكهربائية، يتجه العالم نحو مصادر الطاقة البديلة والنظيفة لتجنب الآثار السلبية لاستخدام مصادر الطاقة التقليدية (الأحفورية) الملوثة للبيئة، ولعل طاقة الرياح تعد من البدائل الاقتصادية والنظيفة التي زاد الاهتمام بتطويرها في كثير من دول العالم في الوقت الراهن.

تناولت الدراسة تحديد أفضل المواقع الملائمة لإنشاء مزارع الرياح في دولة الكويت من خلال استخدام نموذج المواءمة المكانية، واختيرت مجموعة من المعايير المكانية وحددت قيم افتراضية لها، استناداً إلى العديد من الدراسات المماثلة. واستخدمت تطبيقات برامج نظم المعلومات الجغرافية في تمثيل معايير الدراسة على خرائط لدولة الكويت تمثل طبقات المتغيرات المكانية المستخدمة، ومن ثم أدمجت في نموذج متعدد المعايير. وقد مر إعداد معايير المتغيرات المكانية من خلال استبعاد الخصائص المكانية التي تشكل عقبات أمام نجاح مشروعات مزارع الرياح، مثل مناطق الاكتظاظ السكاني، ومناطق المحميات الطبيعية والمناطق الحساسة أمنياً وغيرها، ثم تطبيق نموذج المواءمة المكانية لتصنيف المناطق المناسبة المتبقية، ورسم الخريطة النهائية التي تظهر المناطق الملائمة لمشروعات مزارع الرياح لإنتاج الطاقة الكهربائية.

أفرزت نتائج تطبيق نموذج المواءمة المكانية التي عبرت عنها الخريطة النهائية لدولة الكويت عن أربعة مواقع، واحد في شمال البلاد وآخر في أقصى الغرب واثنان في الجنوب، وقد رتبت بحسب الأولوية في درجة المواءمة وفق معايير الدراسة، فكانت على النحو الآتي:

1 – جاءت في المرتبة الأولى المنطقة الممتدة في غرب البلاد، وتتمثل في مناطق الشقايا والسالمي، وهي على الرغم من كونها بعيدة عن المناطق الحضرية ذات الاستخدام الكثيف للطاقة الكهربائية، فإنها مناسبة في إقامة مشروعات طاقة الرياح لتغطية المناطق والمراكز النائية التي يعد نقل الكهرباء إليها من المحطات التقليدية أمراً مكلفاً اقتصادياً.

2 – في المرتبة الثانية حلت منطقة العبدلي الواقعة في أقصى شمال البلاد بالقرب من حدود الكويت الشمالية مع جمهورية العراق، وهي من أهم المناطق ذات الاستخدام الزراعي في الكويت، وتعد الطاقة الكهربائية أهم متطلبات بنيتها التحتية الأساسية. وتبعد منطقة العبدلي نحو 100 كم عن أقرب محطات إنتاج الطاقة الكهربائية (محطة الصبية) ويتطلب نقل الطاقة الكهربائية تكاليف عالية؛ مما يجعلها ضمن المناطق النائية التي يتناسب معها استخدام مصادر الطاقة البديلة؛ وذلك لتقليل الكلفة الاقتصادية.

3 – حازت منطقة أم الهيمان المرتبة الثالثة في درجة المواءمة المكانية، وتقع

في السهل الساحلي الجنوبي شرقي منطقة الشعيبة الصناعية. وهي منطقة مأهولة بالسكان مع وجود العديد من المناطق الصناعية الكبرى في البلاد وخصوصاً الصناعات النفطية. ولعل من المناسب عند استخدام هذه المنطقة أن توظف الطاقة الكهربائية المنتجة لخدمة المناطق الصناعية فيها لتقليل الاعتماد على الطاقة الكهربائية التقليدية.

4 – جاءت منطقة الوفرة في أقصى جنوب البلاد في المرتبة الرابعة من حيث درجة المواءمة المكانية لمشروعات طاقة الرياح، وهي منطقة ذات استخدام زراعي تشبه في ظروفها منطقة العبدلي في الشمال، مع وجود مشروعات إسكانية جديدة؛ أي إن استخدام الأرض فيها لا يقتصر على الاستخدام الزراعي وإنما يتداخل الاستخدام الزراعي مع الاستخدام السكني، لذا تقترح الدراسة أن توجه الطاقة الكهربائية المنتجة من الرياح نحو المناطق الزراعية وتوجه الطاقة التقليدية نحو المناطق السكنية.

ونظراً لأهمية المعايير البيئية والاقتصادية والاجتماعية التي تؤثر بدرجات مختلفة في تحديد المواقع الأنسب لمشروعات طاقة الرياح، فقد قدمت الدراسة نموذجاً من بيئة نظم المعلومات الجغرافية يسهم في دعم القرارات المتعلقة في هذا الشأن بدولة الكويت، وتعد منهجية الدراسة آلية مناسبة لتحقيق الأهداف الخاصة في مجال إنتاج طاقة الرياح.

وعلى المدى البعيد تقترح الدراسة استغلال النطاقات التي حازت وزني (جيد أو ضعيف) في مجال طاقة الرياح، لتحوز ترتيباً ممتازاً عند إجراء التحليل المكاني لمصادر طاقة بديلة أخرى تكون مساندة لطاقة الرياح، مثل الطاقة الشمسية، أو ما يسمى بالطاقة الهجينة Hybrid Energy؛ لأجل تحقيق التكامل بين مصادر الطاقة البديلة والوصول إلى تحقيق أمن الطاقة من خلال أدراج مصادر الطاقة المستدامة.

المراجع:

بلدية الكويت. (2015). خريطة الخطة القومية لدولة الكويت. 2015.

شرف، عبدالعزيز طريح. (1997). *مناخ الكويت*. الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية.

عبد الحميد، محمد عبد العزيز؛ المسيند، مساعد عبدالله (دون تاريخ) *تطبيق منهجية التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقييم ملاءمة الأرض للتنمية العمرانية – دراسة تحليلية لمنطقة الملقا (الدرعية) غرب الرياض*. بحث منشور على الإنترنت geography.com/vb/t8137.html

الكليب، عبد الملك علي. (1981). *مناخ الكويت*. الطبعة الثانية، الإدارة العامة للأرصاد الجوية، الكويت.

الكناني، كامل؛ والجابري، أحمد. (2012). استخدام منهجية التحليل المكاني في تقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري لمدينة الكوت. *مجلة كلية التربية*، جامعة واسط. 241–270.

ميساك، رأفت؛ ومحفوظ، سعيد؛ والعصفور، طيبة. (2003) *البيئة الصحراوية بدولة الكويت: ملامحها العامة، أسباب تدهورها وسبل إعادة تأهيلها*. الكويت، مركز البحوث والدراسات الكويتية.

معهد الكويت للأبحاث العلمية. بيانات محطات رصد الرياح، خلال الفترة 2000–2010. (برنامج Excel)

Aydin, N. Y., Kentel, E., & Duzgun, S. (2010). GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Review, 14*: 364-373.

Carr, Margaret, H., & Zwick, Paul, D. (2007). Smart land-use analysis: The LUCIS model. *Land use conflict identification strategy*. California: Esri Press.

Gastli, Adel., & Charabi, Yassine (2010). Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. *Renewable and Sustainable Energy Review, 14*: 790-797.

Janke, J.R. (2010). Multicriteria GIS Modeling of Wind and solar energy farms in Colorado. *Renewable Energy*, 35: 2228-2234.

Neelamani, S., & atl (2013). Extreme wind Atlas for Kuwait. Kuwait Institute for Scientific Research. Kuwait.

Miller, A., Li., Ruopu (2014). A Geospatial approach for prioritizing wind farm development in northeast Nebraska USA. ISPRS *International Journal of Geo-Information, 3*: 968-979.

Rodman, Laura, C., & Meentemeyer, Ross, K. (2006). A Geographic Analysis of Wind Turbine Placement in Northern California. *Energy Policy*, 34: 2137-2149.

Yue, C.D., Wang, S.S. (2006). GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: A case study of the Chigu Area of Southwestern Taiwan. *Energy Policy, 34*: 730-742.

قدم في: أبريل 2019
أجيز في: يونيو 2019