مجلة كلية الآداب

مجلة كلية الآداب، العدد **20**، ديسمبر 2025 DOI: 10.36602/faj.2025.n20.16

الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلدية مصراتة

***فاطمة أحمد عبدالعاطي**

كلية الآداب، جامعة مصراتة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، ليبيا

*البريد الإلكتروني: f.abdulati@art.misuratau.edu.ly

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304. https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

تاريخ التقديم 2025-08-12 **تاريخ القبول** 2025-10-03 **نشر إلكترونيا في** 2025-10-04

ملخص البحث :

هدفت الدّراسة إلى تحديد المواقع الملائمة؛ لتوليد الطّاقة الكهربائيّة بواسطة الرّياح وحساب مساحتها باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافيّة(GIS) والنّمذجة المكانية، من خلال تحديد مجموعة من المؤشـــرات التي تؤثر في اختيار مواقع مزارع الرّياح وهي (ســرعة الرياح، نســبة انحدار السّــطح، البعد عن مجارى الأودية، البعد عن خط السّــاحل، البعد عن المطارات، القرب من شــبكة الكهرباء والطرق الرئيســية ونوع اســتخدام الأرض) وتحليلها مكانياً بواســطة برنامج ARC GIS10.8 باستخدام أحد أساليب التحليل المكاني التي يوفرها البرنامج وهو أسلوب تحليل التّراكب Overlay Analysis. اعتمدت الدّراسة على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي، وتوصلت الدّراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها أنّ المتوسّط السنوي لسرعة الرّياح في منطقة الدّراسة تجاوز 5 م/ث في جميع المواقع، وهو المعدّل المطلوب لتنفيذ هذا المشروع ممّا يشير إلى أن بلديّة مصراتة تُعد من المناطق الواعدة لاستثمار طاقة الرّياح في المستقبل، وأنّ مساحة الأراضي الملائمة لإقامة مزارع طاقة الرّياح قد بلغت 942.11 كم2، وهي تشكل ما نسبته 16.751 % من مساحة منطقة الدّراسة.

الكلمات المفتاحية: *النّمذجة المكانية، مزارع الرّياح، تحليل التّراكب، بلدية مصراتة.*

هذا العمل مرخص بموجب **CC BY-4.0**

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

1. المقدمة

زيادة عدد السّكان واتساع مساحة المدن سبب في زيادة الطلب على الطّاقة الكهربائيّة بكمّيات كبيرة؛ لتلبية احتياجات الاستخدام الحضري، وبما أنّ الوقود الأحفوري هو المصدر الذي يعتمد عليه العالم اليوم في توفير الكهرباء هو مصدر غير متجدد وقابل للنفاد إضافة إلى أنّه غير صديق للبيئة، دفع هذا الباحثين حول العالم إلى البحث عن مصادر طاقة نظيفة ومتجدّدة، وفي دولة ليبيا التي تعتمد على النفط فقط كمصدر للطّاقة الكهربائيّة وجب على المسؤولين وصناع القرار التّوجه نحو مصادر جديدة للطاقة مثل الطاقة الشّمسية وطاقة الرّياح باعتبارها من المصادر الواعدة بالمنطقة نظراً لاتّساع مساحتها وامتلاكها مقومات قوية في مجال الطّاقة المتجدّدة .

يبلغ متوسّط سرعة الرّياح في ليبيا بين 6 م/ث و7.5 م/ث على ارتفاع 40 مترًا. يمكن أن تساهم هذه الكمّية الكبيرة من توزيع الرّياح على مساحة 1,750,000 كيلومتر مربع في تلبية احتياجات الكهرباء المستقبليّة لليبيا والدّول المحيطة بها (Elmnefi & Benghuzzi, 2019, p1).

تعتبر منطقة مصراتة موقعاً جيداً لتوليد الطاقة الكهربائية من الرّياح حيث تصل سرعتها إلى 8.5 م/ث على ارتفاع 30 مترًا وتصل إلى 9.1 م/ث على ارتفاع 50 متر حسب بيانات محطة مصراتة للأرصاد الجوية للفترة من 2012-2016م. (Elmnefi & Benghazi, 2019, p15).

الهدف من هذه الدّراسة هو تحديد المواقع المثلى التي يمكن فيها إنشاء مزارع لطاقة الرّياح بالاعتماد على مجموعة من المؤشرات وهي: سرعة الرّياح وكثافة الطّاقة النّاتجة عنها، درجة انحدار السطح، البعد عن الطّرق الرئيسية وخطوط الضّغط العالي ومجاري الأودية والمطارات، بالإضافة إلى نوع استخدام الأرض، التي تمّت معالجتها رقمياً باستخدام برنامج ARC map10.8 من خلال تطبيق أحد أساليب المعايير المتعدّدة وهو أسلوب تحليل التّراكبOVERLAY.

2.1 مشكلة الدراسة

- هل سرعة الرّيّاح السّائدة في منطقة الدراسة مناسبة لإقامة مزارع توليد الطّاقة الكهربائيّة ؟
- ما أفضل المواقع لإقامة مشاريع طاقة الرياح في بلدية مصراتة، وكم تبلغ مساحتها؟
- هل أسلوب تحليل التّراكبOVERLAY يعد من أساليب التّحليل المكاني المناسبة لدراسة مواضيع الملائمة المكانيّة.

3.1 فرضيات الدراسة

- تعتبر سرعة الرياح السائدة في منطقة الدّراسة مناسبة بشكل متوسط لتوليد الطّاقة الكهربائيّة.
- تتوزع المناطق الملائمة لإقامة مزارع توليد الطّاقة الرّيحية في مساحاتٍ محدودة؛ لارتباطها بعدة مؤشرات مكانيّة.
- يعتبر أسلوب تحليل التّراكب من الأساليب البسيطة في تحديد المواقع الأكثر ملائمة؛ لأنه لا يتطلّب وزن للمعايير ويتم من خلال أدوات بسيطة.

4.1 أهداف الدراسة

1. قياس سرعة الرياح السّائدة في منطقة الدّراسة وتقدير مدى ملائمتها لإنتاج الطاقة الكهربائيّة.

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

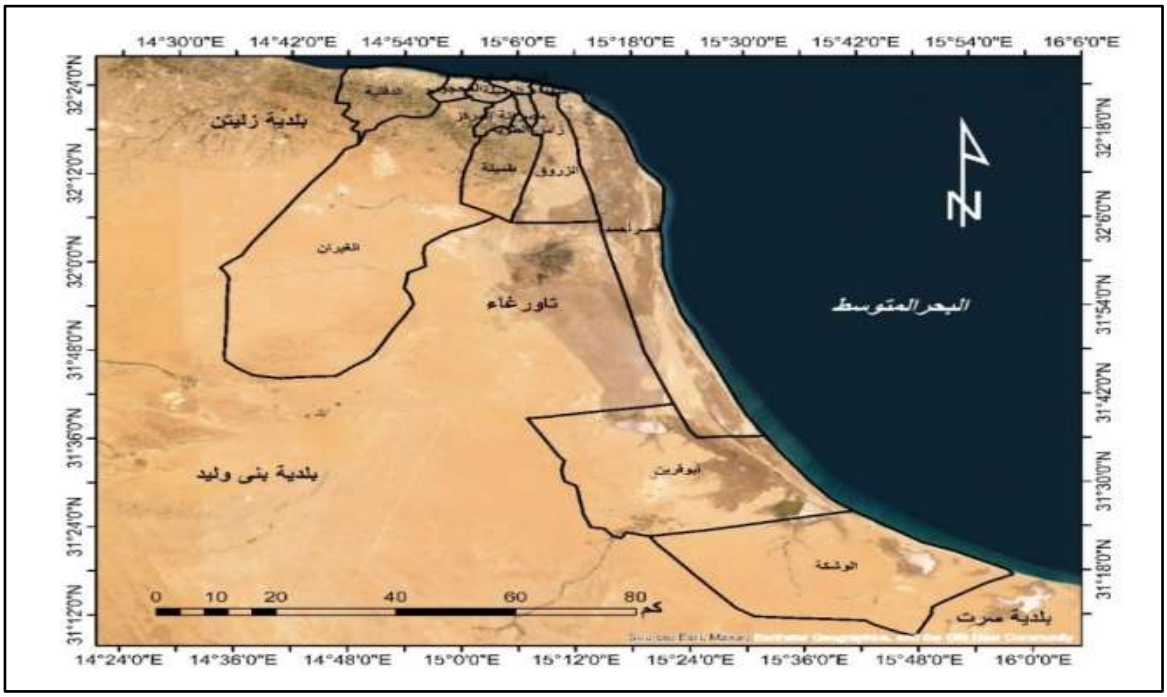
2. تحديد المؤشرات الجغرافية والبيئية والاقتصادية التي تؤثر في اختيار مواقع مزارع الرّياح.
3. إعداد خريطة للمواقع الملائمة لإقامة مزارع الرياح باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة المكانية وحساب مساحتها.
4. التعريف بأحد الأساليب المستخدمة في تطبيقات الملائمة المكانيّة وهو أسلوب تحليل التراكب Overlay Analysis.

5.1 أهمية الدراسة

تساهم هذه الدّراسة في دعم خطط التّنمية المستدامة من خلال تحديد المواقع المثلى لمزارع الرّياح في بلدية مصراتة، ممّا يساعد في تحسين استغلال الموارد الطّبيعية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتعزيز الاقتصاد المحلّي.

6.1 مجالات الدراسة

- **المجال المكاني:** تقع جغرافياً بلدية مصراتة في الشمال الغربي من دولة ليبيا حيث يحدُّها من الشّمال والشّرق البحر المتوسّط ومن الجنوب بلدية بني وليد، ومن الجنوب الشَّرقي بلدية سرت ومن الغرب بلدية زليتن، أمَّا فلكيا تقع بين خطي طول 0′ 36″ 14° _ 0′ 0″ 16° وبين دائرتي عرض 0′ 12″ 31° _ 0′ 24″ 32°، الشكل (1) يوضح موقع منطقة الدراسة.
- **المجال الزمني:** تمثّل الوعاء الزّمني للدّراسة في الفترة الممتدّة من سنة 1990 - 2020 حسب البيانات المناخيّة التي تّم تحميلها من موقع وكالة ناسا الفضائيّة.



الشكل **1**. الموقع الجغرافي لبلديّة مصراتة

المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 استنادًا إلى دولة ليبيا وزارة الحكم المحلي بلديّة مصراتة، حدود بلدّية مصراتة وفروعها والمحلاّت التّابعة لها، 2015، ص7.

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

7.1 مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة على مجموعة من البيانات جمعت من مصادر متنوعة كما هو موضح بالجدول الآتي:

جدول 1 بيانات *الدراسة ومصادرها*.

البيانات	المصدر
خريطة التّقسيم الإداري لمنطقة الدّراسة	وزارة الحكم المحلي، التّقسيم الإداري لبلديّة مصراتة 2015
متوسط سرعة الرّياح على ارتفاع 50 متر	موقع وكالة ناسا للبيانات المناخيّة https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer
نماذج ارتفاعات رقمية للقمرSRTM أرقام لوحاتها N31E14-N31E15-N32E14-N32E15 دقتها المكانية 30 متر للبكسل	موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكيةUSGS https://earthexplorer.usgs.gov
مرئية فضائية للقمر LandSat9 ذات امتداد W 14.07- E 16.52- N 32.79- S 30.67 لسنة 2023 بدقة مكانية 30 متر للبكسل	موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكيةUSGS https://earthexplorer.usgs.gov
شبكة الطّرق الرئيسيّة	داخل برنامج ArcMap خريطة الشارع المفتوحة Open street map
خطوط الضّغط العالي	داخل برنامج ArcMap خريطة الشارع المفتوحةOpen street map
خريطة سرعة الرّياح وكثافة الطّاقة النّاتجة عنها	https://globalwindatlas.info/ Global Wind Atlas .

8.1 الدّراسات السابقة

دراسة زهمول وآخرون (2020)، بعنوان تحديد مواقع توربينات الرياح – باستخدام نهج النمذجة المكانية المحتملة لطاقة الرّياح، هدفت الدراسة إلى تسخير التقنيات الحديثة في التّصنيف والتحليل المكاني لاختيار أنسب الأماكن لإنشاء مزرعة رياح في مدينة درنة من خلال أخذ المعايير والاشتراطات البيئية في عين الاعتبار، كما هدفت إلى مقارنة النّتائج المتحصل عليها من البحث مع المواقع التي تم تحديدها في منطقة الفتائح بمدينة درنة لإقامة مزارع رياح عليها، وتوصلت الدّراسة لمجموعة من النتائج أهمها: أن مدينة درنة تعتبر من المدن المناسبة لإنشاء مشاريع إنتاج الطّاقة الكهربائيّة بواسطة طاقة الرّياح لتغذية الشّبكة العامة للكهرباء، إمكانيّة الاستفادة من قاعدة البيانات الجغرافية في تطبيق النّموذج الذي تم في هذا البحث على المدن الأخرى في ليبيا، تبين من خلال نتائج التحليل المكاني أنّ هناك خلل في بعض التّوربينات المقرّر إنشاءها في منطقة الفتائح من ناحية المعايير البيئية حيث تسبّب هذه التّوربينات بالتأثير البصري (الضّلال) للمساكن القريبة من المشروع، عند مقارنة النّتائج المتحصل عليها من الدّراسة مع المواقع المقترحة من قبل الشّركة الإسبانية (MTorres) وُجد تتطابق مع المعايير بنسبة 68% من التّوربينات وتّم تعديل أماكن خمس تُوربينات؛ لأنّها تخالف بعض المعايير.

– دراسة بدوي (2021) بعنوان تحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في مصر اعتماداً على أسلوب المعايير المتعدّدة ونظم المعلومات الجغرافيّة، هدفت الدّراسة إلى الوصول لخريطة قياسيّة لأنسب المواقع لحصاد طاقة الرّياح في مصر بالاعتماد على أسلوب التّحليل متعدّد المعايير بواسطة نظم المعلومات الجغرافيّة، حيث أنشأ قاعدة بيانات جغرافيّة تضمّنت مجموعة ضخمة من البيانات الشبكية التي تمثل المعايير والاشتراطات والمساحات

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

المستبعدة كسرعة الرّياح وكثافة الهواء وكثافة طاقة الرّياح عند ارتفاع 50 م فوق مستوى سطح البحر بالإضافة إلى بيانات خاصة بشبكات الطرق والمحميّات الطبيعية وخط السّاحل والمطارات والمدن وشبكة نقل الكهرباء، توصّلت الدّراسة إلى أن التّوزيع الأمثل لمواقع مشاريع حصاد طاقة الرّياح في مصر تتوزع جغرافياً في غرب خليج السويس كما توصلت الدّراسة إلى أن مصر تعد من البلدان الغنّية في موارد طاقة الرياح حيث سجلت كُلاً من سرعة الرّياح وكثافة وطاقة الرّياح وكثافة الهواء معدّلات عالية في أكثر من 70% من مساحتها كما أنّ مساحة المناطق الملائمة لإقامة مشروعات حصاد طاقة الرّياح بلغت 18544.94 كم^2 وأنّ سرعة الرّياح تزيد عن 5 متر/ثانية في غالبية الأراضي المصرّية.

2. منهجية الدراسة

المنهج الوصفي: استخدم في وصف الظّواهر الطبيعية والجغرافية المؤثرة في إنتاج طاقة الرّياح في منطقة الدّراسة، مثل سرعة الرّياح، والخصائص الطبوغرافية لمنطقة الدّراسة كما ساهم هذا المنهج في تحليل هذه الظّواهر؛ لتحديد مدى ملاءمتها لإقامة مزارع الرياح.

المنهج التحليلي: استخدم في القيام ببعض التّحليلات الإحصائية وذلك باستخدام برنامج التحليل الإحصائي EXCEL لاستخراج المتوسّطات الحسابية لسرعة الرياح، بالإضافة إلى التّحليلات المكانيّة باستخدام أدوات التّحليل المكاني داخل برنامج ARCMAP10.8 متمثلة في عمليات تحليل التّراكب(Overlay Analysis) واستخراج المناطق المثلى بناءً على توافر الشّروط المناسبة

3. النتائج والمناقشات

1.3 تحديد المؤشرات المستخدمة في الدّراسة:

حُددت المؤشرات المستخدمة في الدراسة من خلال الاطلاع على العديد من الدّراسات التي تناولت هذا الموضوع ثُم لُخّصت المعايير المستخدمة فيها في الجدول الآتي:

جدول 2 مؤشرات *تحديد المواقع الملائمة لمزارع الرّياح.*

م	المعيار	حدود المعيار
1	سرعة الرياح	أكبر من 5 متر/ثانية
2	نسبة الانحدار	أقل من 10%
3	القرب من الطّرق الرئيسيّة	أكبر من 500متر وأقل من 5000متر
4	القرب من خطوط الضّغط العالي	أكبر من 500متر وأقل من 5000متر
5	البعد عن خط السّاحل	أكبر من 400 متر
6	البعد عن مجارى الأودية	أكبر من 300 متر
7	البعد عن المطارات	أكبر من 5000 متر
8	نوع استخدام الأرض	مناطق خالية من الاستخدام الحضري والزراعي والغطاء النباتي الكثيف

المصدر: من إعداد الباحثة استنادا إلى: بدوي، هشام داوود صدقي (2021)؛ زهمول وآخرون (2020)، Rekik et alia, & -(2025)

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

3. 2 تحليل مؤشرات الدراسة

1.2.3 سرعة الرّياح وكثافة الطّاقة النّاتجة عنها

تُعدُّ سرعة الرّياح العامل الأساسي في تحديد إمكانيّة إنشاء مزارع طاقة الرّياح من عدمها، حيث يشترط أن تتجاوز سرعتها 5 متر/ثانية لتوليد الطّاقة الكهربائيّة، وأن تهب باتجاه منتظم، ووفقاً لقانون (بيتز) تبدأ محطّات الرّياح في توليد الكهرباء عندما تتراوح سرعة الرّياح بين 5 و25 م/ث (النعاس وموسى،2021، ص103). تُقاس سرعة الرّياح عادةً على ارتفاع يتراوح بين 10 و100 متر (المطيري ومطلق، 2023، ص9). وفي هذه الدّراسة تم قياس سرعة الرّياح لمدة 30 سنة عند ارتفاع 50 متر لستة مواقع مختارة اعتبرتها الباحثة نقاط رصدٍ موزعة على كافة أجزاء منطقة الدّراسة، حيث تم تحميل بياناتها من موقع وكالة ناسا الفضائيّة كما هو موضح بالجدول (3).

جدول **3** *متوسطات سرعة الرياح على ارتفاع 50م للفترة 1990 – 2020.*

الموقع	دائرة العرض	خط الطول	المتوسطات الفصلية متر/ثانية				المتوسط السنوي م/ث
			الربيع	الصيف	الخريف	الشتاء	
مدينة مصراتة	32.399	15.07	6.75	4.98	5.87	7.24	6.21
المطار	32.049	14.793	6.43	4.97	5.62	6.72	5.93
قصر احمد	32.138	15.306	7.05	5.86	5.95	7.74	6.65
الدافنية	32.427	14.81	6.75	4.98	5.87	7.24	6.21
ابوقرين	31.565	15.493	6.50	5.10	5.65	6.66	5.97
الوشكة	31.317	15.722	6.50	5.10	5.65	6.66	5.97

المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج EXCEL استنادا إلى بيانات وكالة الفضاء الأمريكيّة ناسا.

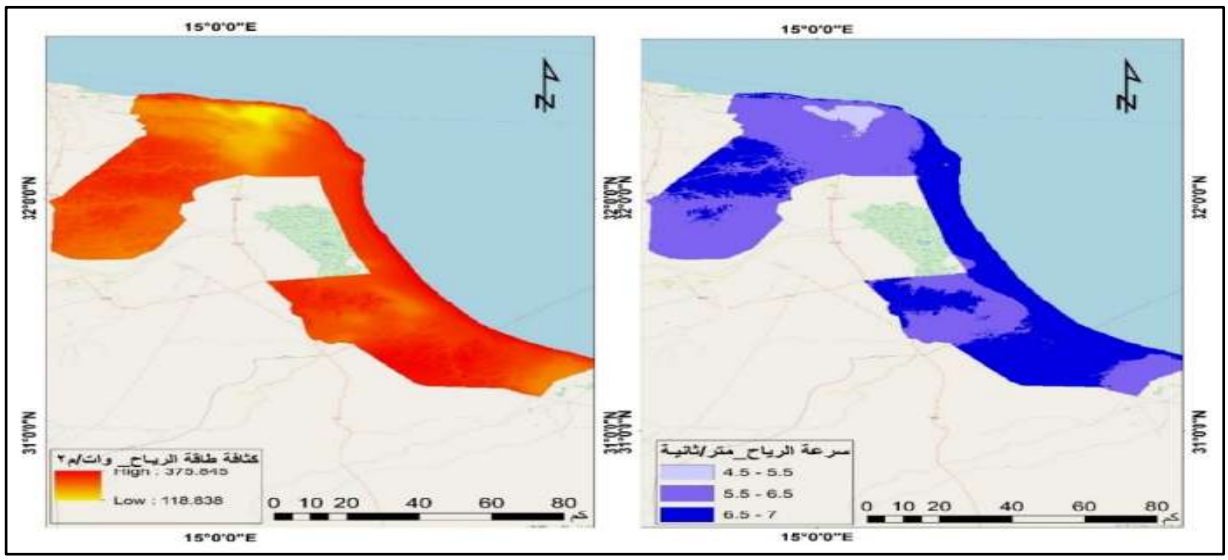
ومن خلال تحليل بيانات الجدول رقم 3 نستنتج النّقاط الأتية:

- المتوسط السنوي لسرعة الرّياح في منطقة الدّراسة تجاوز 5 م/ث في جميع المواقع، وهو المعدل المطلوب لتنفيذ هذا المشروع ممّا يشير إلى أنّ بلدية مصراتة تُعد من المناطق الواعدة لاستثمار طاقة الرّياح في المستقبل.
- المتوسطات الفصلية لسرعة الرّياح تبين أنّ فصل الشّتاء تسجل فيه أعلى سرعة للرّياح في جميع المحطّات، حيث تتراوح ما بين6.66 إلى 7.74 م/ث، أما فصل الصّيف هو الأقل سرعة حيث تتراوح ما بين 4.97 إلى 5.86 م/ث، بينما فصلي الرّبيع والخريف يسجّلان سرعات متوسّطة بين الشّتاء والصّيف، حيث تتراوح ما بين 5.62 إلى 7.05 م/ث.

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

- الفارق بين أعلى وأقل سرعة رياح فصّلية في كل محطة يتراوح ما بين1.88 و2.08 م/ث، ممّا يعني أن هناك تفاوتاً واضحاً بين الفصول، حيث بلغ الفارق بين أعلى وأقل متوسط سنوي للمحطّات 0.72م/ث، مما يشير إلى أنّ جميع المحطات لها سرعات رياح متقاربة نسبياً، مع اختلافاتٍ واضحةٍ بين الفصول.

كما توجد خصائص أخرى للرّياح لابدّ من تحليلها وهي كثافة طاقة الرّياح wind power density التي تعطي مؤشّر واضح عن المناطق الأكثر ربحية لإقامة مزارع الرّياح حيث تتغير الطّاقة المنتجة بتغير كثافة طاقة الرّياح (بدوي،2021، ص145). وقد تمّت الاستعانة ببيانات الأطلس العالمي لطاقة الرّياح (Global Wind Atlas) التي تبين سرعة الرياح وكثافة الطاقة الكهربائية الناتجة عنها من عام 2008 حتى عام 2017 على خمسة ارتفاعات: 10م، 50م، 100م، 150م، 200م حسب الإصدار الثالث للأطلس، بناءً على بيانات المحاكاة باستخدام مجموعة بيانات من المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى (Global Wind Atlas) .



شكل 2. سرعة الرّياح وكثافة الطّاقة الناتجة عنها على ارتفاع 50 متر للفترة 2007_2018م.
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 استناداً إلى بيانات أطلس الرّياح العالمي.

نستنتج من الخريطة (2) أن متوسّط سرعة الرّياح يتراوح ما بين 4.5 و7 متر/ثانية وهي كافية لتوليد طاقة كهربائيّة تُقدّر قوتها ما بين 118.8 و375.8 وات/متر^2، وهذا ما تؤكده التقديرات التي توصّل إليها (Elliott) حيث أوضح أن سرعة الرّياح ضمن هذا النطاق وعلى ارتفاع 10 أمتار يمكن أن تولد طاقة تتراوح ما بين 100-400 وات/متر^2 (النعاس وموسى،2021، ص104). وتظهر هذه المؤشرات أن بلدية مصراتة تمتلك مقومات مثالية لإقامة مزارع طاقة الرّياح خاصة في المناطق الواسعة التي تتوفر فيها سرعات رياح ملائمة.

2.2.3 انحدار سطح الأرض

تؤثر المنحدرات الشّديدة بشكل كبير على حركة الرّياح وأداء التّوربينات الهوائية، حيث تؤدي التّغيرات الحادّة في التّضاريس إلى اضطرابات في تدفّق الرّياح، ممّا يزيد من

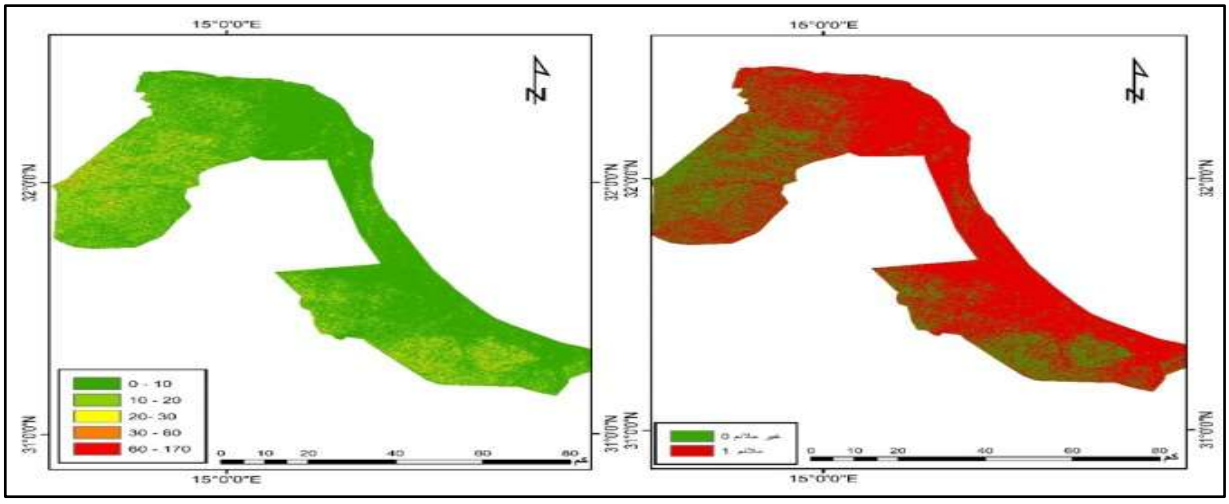
الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

مستوى الإجهاد على التوربينات ويؤثر على استقرارها، كما أنّ بناء التّوربينات على المنحدرات العالية يتطلّب تكاليف إضافية وجهودًا أكبر في الصيانة بسبب التحديات المرتبطة بتضاريس الموقع، لذلك تُعتبر التّضاريس المسطحة أو القريبة من المستوية الخيار الأمثل، حيث توفر تدفقًا منتظمًا ومستقرًا للرياح يعزز كفاءة التوربينات (المطيري والمطلق، 2023، ص10).

يُوضح الشكل (3) درجة انحدار السطح التي تم حسابها كنسبة مئوية بالاعتماد على DEM نماذج الارتفاع الرقمي بدقة مكانية 30م للبكسل حملت من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، ويتبين من الشكل أن معظم الأسطح في منطقة الدراسة تتميز بانحدار لا يتجاوز 10%، حيث تغطي هذه الفئة مساحة تُقدّر بنحو 3926.6 كم^2، أي ما يعادل 69.9% من إجمالي مساحة المنطقة. ويُستثنى من ذلك بعض المساحات المتفرقة، التي تتركز في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من البلدية، حيث يبدأ السطح بالارتفاع تدريجيًا، وتشير هذه النتائج إلى أن الطبوغرافية العامة لمنطقة الدراسة منتظمة وقليلة التضرس.

بعد استخراج طبقة الانحدار باستخدام أداة SLOPE تمّت عملية إعادة تصنيف لدرجات الانحدارReclassify، حيث مُنح الانحدار الذي يقل عن 10% القيمة 1على اعتبار أنّه ملائم، بينما تمّ إعطاء باقي درجات الانحدار القيمة 0 باعتبارها غير ملائمة

.



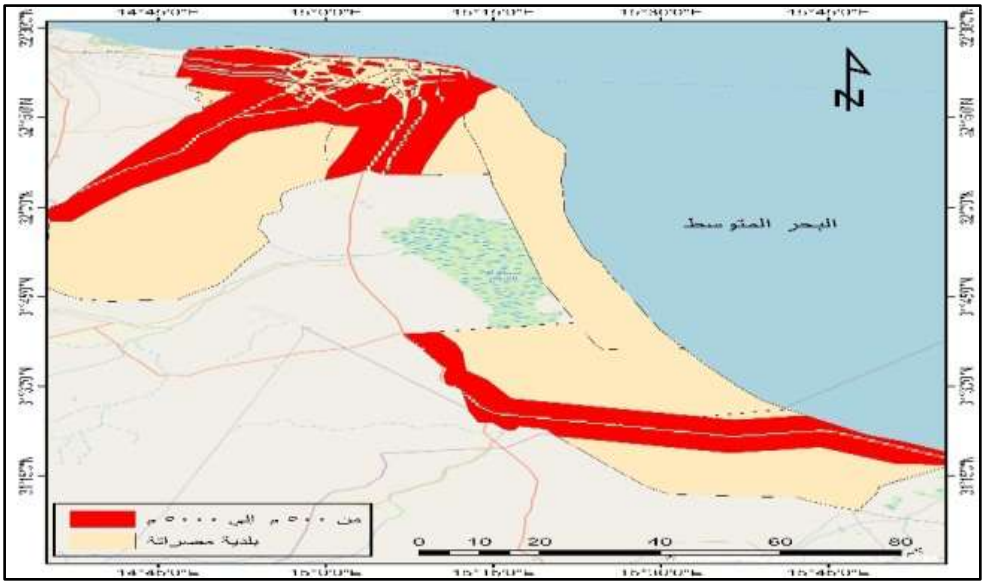
شكل 3 نسبة انحدار السطح ودرجة ملائمتها.
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 بالاعتماد على DEM دقتها المكانية 30 متر للبكسل
أرقام لوحاتها N31E14-N31E15-N32E14N32E15، للقمر الصناعي SRTM حملت من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية USGS

3.2.3 القرب من الطّرق الرئيسيّة

تُعد وسائل النقل عاملًا مهمًا في الاستثمارات الكبرى لمحطات الطّاقة، وبشكل عام تُفضّل المناطق القريبة من شبكة الطّرق التي يسهل الوصول إليها عند إنشاء محطّات طاقة الرّياح، لتسهيل نقل المعدات يتم اختيار الطرق الرئيسية لنقل أنظمة تحويل طاقة الرّياح، لأن المناطق التي تفتقر إلى

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

أنظمة النّقل تحتاج إلى إنشاء طرق جديدة وهذا يؤدي إلى تكاليف إضافية. (Kocab,et al. ,2021,p107) وقد تم تحديد هذا المؤشر بمسافة تتراوح بين 500 إلى 5000متر، وذلك باستخدام أداة Euclidian Distance ضمن أدوات التّحليل المكاني داخل برنامج ARCMAP10.8.

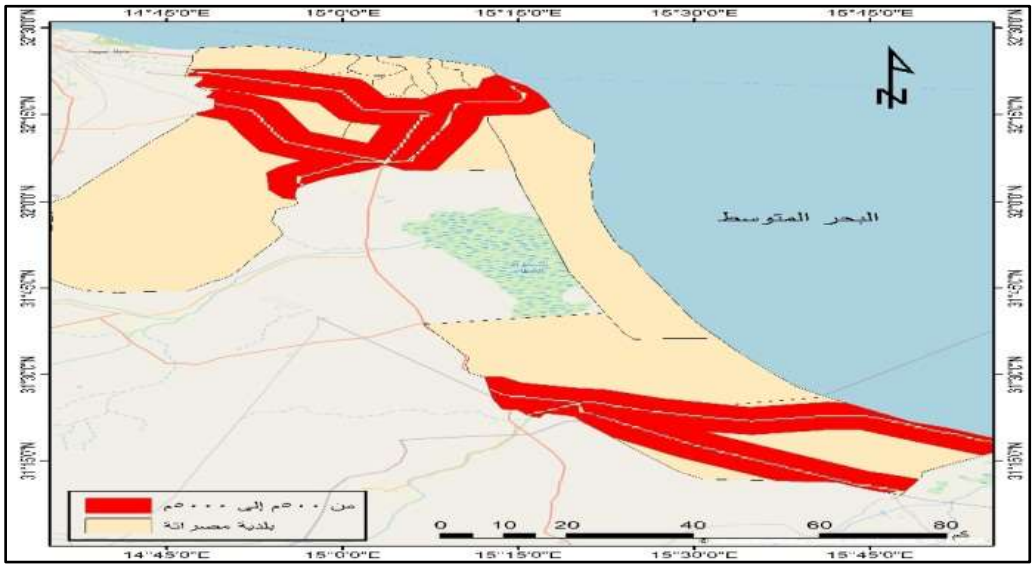


شكل **4** .القرب من الطّرق الرئيسيّة بمسافة 500-5000 متر.
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 استناداً إلى بيانات خريطة الشّارع المفتوحة.

4.2.3 القرب من خطوط الّضغط العالي

يُعدُّ القرب من شبكة الكهرباء عاملاً أساسياً عند تخطيط مزارع الرّياح، حيث يؤثّر بشكل مباشرٍ على كفاءة نقل الطّاقة وتكاليف البنية التحتيّة، لذى يجب مراعات القرب من شبكة الكهرباء عند التخطيط لمزارع الرّياح؛ لتقليل فقدان الطّاقة أثناء النقل وتقليص الحاجة إلى تمديد كابلات طويلة، ممّا يقلل من التكاليف التّشغيلية والاستثمارية ومع ذلك تجاهلت بعض الدّراسات هذا المعيار المهم في نماذجها (Baseer et al. ,2020, P859). وقد تم تحديد هذا المؤشّر بمسافة تتراوح بين 500 إلى 5000متر، وذلك باستخدام أداة Euclidian Distance ضمن أدوات التحليل المكاني داخل برنامج ARCMAP10.8.

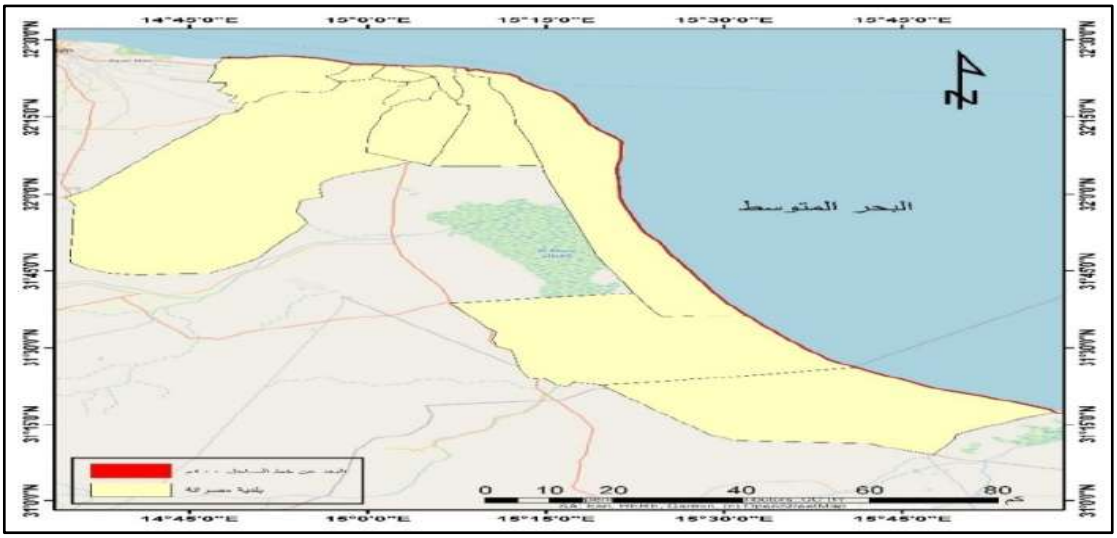
الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16



شكل 5 القرب من شبكة الكهرباء بمسافة 500-5000 متر.
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 استناداً إلى بيانات خريطة الشّارع المفتوحة.

5.2.3 البعد عن خط السّاحل:

يُفضَّل إنشاء محطات الرّياح بعيدًا عن السّاحل، نظرا لكونه منطقة مأهولة بالسكان وموقعًا هامًا للنشّاط السياحي، كما أن السّواحل تُعد مسارًا للطّيور المهاجرة مما يزيد من احتمالية اصطدامها بريش التُّوربينات الأمر الذي قد يؤدي إلى نفوقها خاصةً إذا كانت من الأنواع المهدّدة بالانقراض (مجد وشفطر، 2023، ص 979). حسب المؤشرات المعمول بها تم إنشاء حرم مكاني حول خط السّاحل لمسافة تبلغ 400متر باستخدام أداة buffer كما هي موضّحة في الشّكل (6).



شكل 6 *الحرم المكاني لخط السّاحل 400 متر.*
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8.

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

6.2.3 البعد عن مجارى الأودية:

المواقع الملائمة لإقامة مزارع الرياح يجب أن تبعد عن مجارى الأودية بمسافات كافية؛ لأن فيضانات الأودية ينتج عنها أضراراً جسيمة للبنية التّحتية لمزارع الرّياح، كما تسبب تلفاً للطرق الخدميّة التي تربط التُّوربينات ببعضها(زهمول وآخرون ،2020، ص11)، لذلك تعتبر المناطق التي تبعد عن مجارى الأودية بمسافة 300 متر مناسبة للمشروع حسب المؤشّرات المعمول بها، الشكل (7) يبين الحرم المكاني لمجاري الأودية الرئيسيّة في منطقة الدّراسة التي تم إنشائها باستخدام أداة buffer.

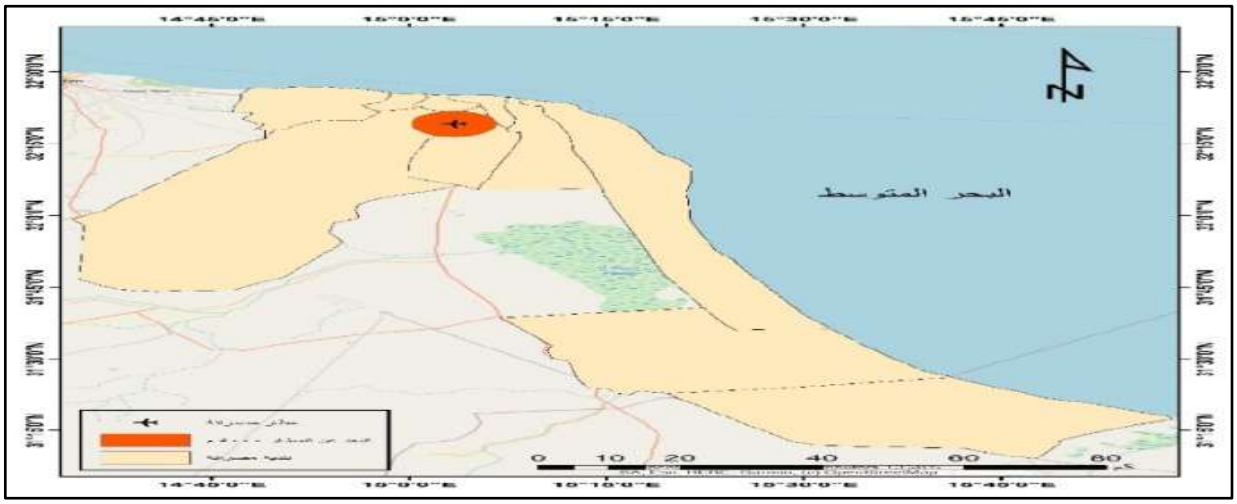
شكل 7 الحرم المكاني لمجاري الأودية 300 متر.
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 بالاعتماد على DEM.

7.2.3 البعد عن المطارات

يجب أن تكون مزارع الرياح على مسافة آمنة من المطارات وأبراج الاتصالات؛ لتجنب التّداخل بين المجالات الكهرومغناطيسية الناتجة عن توليد الكهرباء للتُّوربينات وإشارات الرّادارات المستخدمة في المطارات والطائرات (Baseer et al.,2020,P860).

حسب المؤشرات المعمول بها تعتبر المناطق التي تبعد عن المطارات بمسافة أكبر من 5000متر مناسبة للمشروع، والشكل (8) يبين الحرم المكاني لمطار مصراتة التي تمَّ إنشائها باستخدام أداة الحرم المكاني buffer.

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16



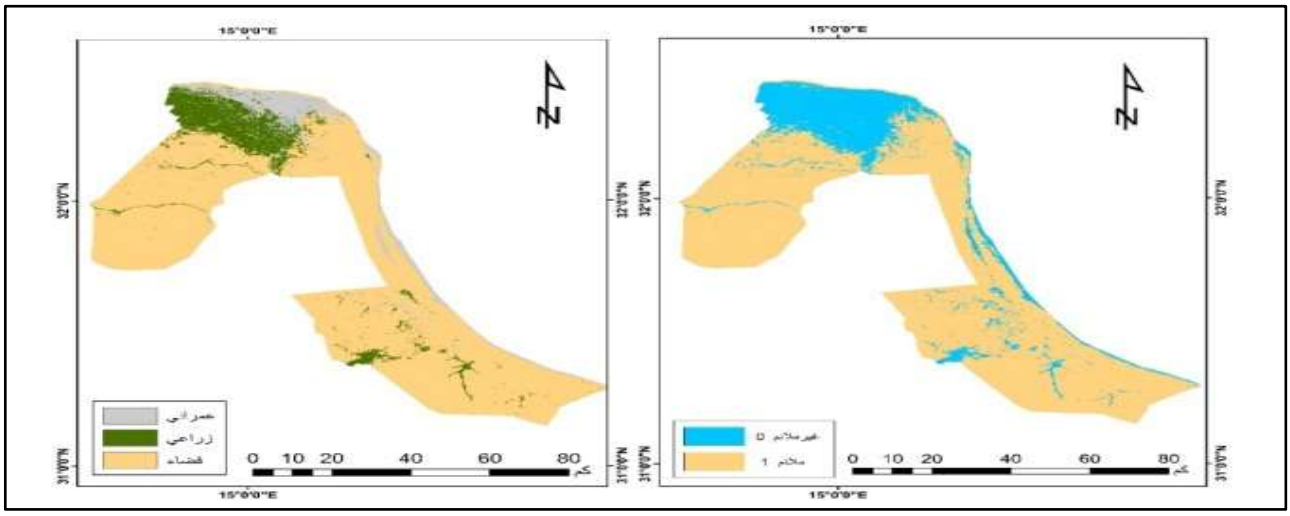
شكل 8 الحرم المكاني لمطار مصراتة الدولي 5000 متر.
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 استناداً إلى بيانات خريطة الشّارع المفتوحة.

8.2.3 استخدام الأرض

اختيار موقع ملائم لمزارع طاقة الرياح يتأثر بعدة قيود تتعلق باستخدامات الأرض، فقد يؤدي الاستخدام غير المناسب للأرض إلى عرقلة الجدوى الاقتصادية لهذا المشروع حتى لو توافرت الظّروف المناخيّة المناسبة (سرعة الرّياح)، وبالتالي يجب أن تكون المناطق المخصّصة لمثل هذا المشروع مناطق لا تحتوي على قيود كبيرة مثل: الجبال والغابات والمسطحات المائيّة والمواقع العسكريّة (Rekik et al., 2025, P15)

بناءً على ذلك يمكن اعتبار المناطق الخالية من المستخدمات العمرانيّة والزّراعية أنسب المواقع لإقامة مثل هذا المشروع، الشكل (9) يُوضّح طبقة استخدام الأرض التي تمّ اشتقاقها بالاعتماد على مرئيّة فضائية حُمّلت من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية بدقة مكانية 30 متر للبكسل، تُعدّ الأراضي الفضاء الأكثر امتدادًا ضمن منطقة الدراسة، حيث بلغت مساحتها حوالي 4487.818 كم^2، ما يمثل نحو 80% من إجمالي المساحة، وقد مُنح الاستخدام الذي يمثل الأرض الفضاء القيمة 1 باعتباره ملائم، بينما تمّ إعطاء الاستخدام الزّراعي والعمراني القيمة 0 لاعتبارها غير ملائمة من خلال إعادة تصنيف Reclassify طبقة استخدام الأرض.

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16



شكل 9 استخدامات الأرض ودرجة ملائمتها.

المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 بالاعتماد على مرئية فضائية لسنة2023 للقمر الصناعي landsat9 حملت من موقع هيئة المياحة الجيولوجية الأمريكية.

3.3 النمذجة المكانية لاستخراج خريطة المناطق الملائمة لحصاد طاقة الرياح

بعد تحليل مؤشرات الدّراسة استخرجت طبقة جديدة تمثل أفضل المناطق الملائمة لإقامة مشاريع مزارع طاقة الرّياح لإنتاج الطّاقة الكهربائيّة، باستخدام تحليل التّراكب Overlay AnalysiS وهو أحد أساليب المعايير المتعدّدة حيث توجد ثلاث طرق لتطبيق أسلوب المعايير المتعدّدة وهي: تحليل التّراكب Overlay Analysis، التّحليل التّسلسلي الهرمي Analytic hierarchy Process Method والتركيب الخطي الموزُون Weighted overlay tool.

ويعتبر تحليل التّراكب Overlay Analysis من أشهر التّحليلات المكانيّة التي تقوم بتحليل الخصائص ما بين طبقتين أو أكثر لإنتاج طبقة جديدة تحتوي على الخصائص المشتركة للطبقات التي تم تحليلها، وهذا النوع من التّحليلات المكانيّة ينطبق على الملفات الخطّية vector فقط، ويشترط في طبقات التحليل أن تكون ذات مرجع جغرافي موحد (داوود،2012، ص188). حيث يضم هذا النوع من التحليلات ستة أدوات هي: الاتحاد، المحو، التّعيين، التّحديث، التّقاطع والفرق التّماثلي(زهمول وآخرون، 2020، ص15) وتمت عملية التحليل التراكبي في هذه الدراسة من خلال تطبيق ثلاث أدوات وهي الاتحاد Union من خلال دمج طبقة الانحدار مع طبقة استخدام الأرض الفضاء باعتبارهما يغطيان كافة منطقة الدراسة، تم استخدام أداة المحو Erase من خلال حذف طبقة الحرم المكاني لكل من خط الساحل ومجاري الأودية وطبقة المطار باعتبار المسافة من هذه الظواهر المحددة بواسطة الحرم المكاني غير مناسبة لإنشاء المشروع، ثُم استخدمت أداة التقاطع Intersect من خلال تقاطع طبقة القرب من الطرق وخطوط الضغط العالي مع أخر طبقة تَم الحصول عليها؛ لنتحصّل على النتيجة النهائيّة للمواقع الملائمة لإقامة مزارع الطاقة الرّيحية داخل بلدية مصراتة والتي بلغت مساحتها 942.11 كم^2 وهي تمثل ما نسبته 16.7% من مساحة البلدية، نلاحظ من الشكل (10) والجدول (3) أن المناطق

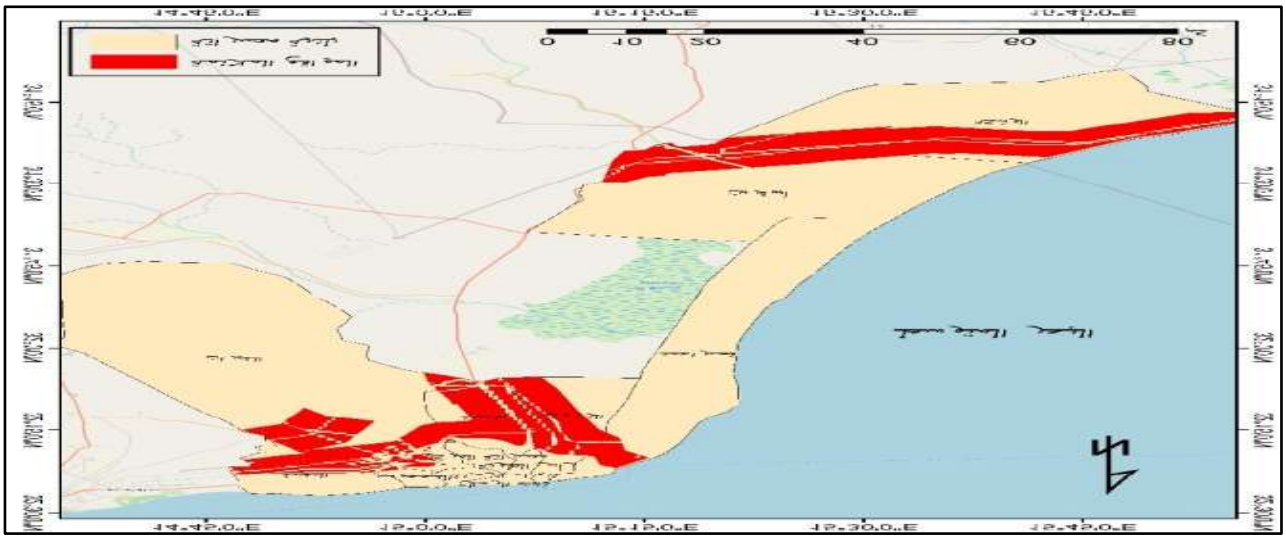
الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

الملائمة تنتشر في مساحات كبيرة داخل الفروع البلدية الوشكة، أبوقرين، الغيران، طمينة والزروق على التوالي، وتنتشر بمساحات محدودة داخل الفرع البلدي الدّافنية وقصر أحمد وزاوية المحجوب، بينما تخلو الفروع البلدية ذات الرمال، شهداء الرميلة، مصراتة المركز، رأس الطوبة من أي مساحات ملائمة لإقامة هذا المشروع نظراً لأن هذه المناطق يشغلها الاستخدام الحضري والعمراني. يظهر الجدول (3) مساحات الفروع البلدية حسب التّقسيم الإداري لسنة 2015 والمساحات الملاءمة مكانياً لإقامة مزارع طاقة الرّياح ونسبتها المئوية من مساحة البلدية استناداً إلى نتائج التحليل المكاني.

جدول 3. *توزيع المساحات الكلية والملائمة لاستخدامات طاقة الرياح في فروع بلدية مصراتة*

الفرع البلدي	المساحة كم^2	المساحة الملائمة كم^2	نسبة المساحة الملائمة %
الوشكة	1068.7	333.94	%5.94
أبوقرين	1074.3	161.77	%2.88
الغيران	1775.2	132.57	%2.36
طمينة	225.90	120.51	%2.14
الزروق	270.90	120.34	%2.14
الدافنية	221.51	40.485	%0.72
قصر أحمد	835.96	31.852	%0.56
زاوية المحجوب	31.36	0.647	%0.011
رأس الطوبة	19.65	--	--
شهداء الرميلة	30.78	--	--
ذات الرمال	20.65	--	--
مصراتة المركز	40.64	--	--
إجمالي المساحات	5615.5	942.11	%16.751

المصدر: من حساب الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 .



شكل 10 المناطق الملائمة لحصاد طاقة الرياح في بلدية مصراتة.
المصدر: عمل الباحثة باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 .

الاقتباس: عبد العاطي، فاطمة أحمد. (2025). الملائمة المكانيّة لتحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرّياح في بلديّة مصراتة. *مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal)*. 20، 288-304.
https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

4.النتائج والتوصيات:

1.4 النتائج

1- يبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرّياح خلال الفترة 1990-2000 في منطقة الدّراسة 5 م/ث أو أكثر، وهو المعدّل المطلوب لتنفيذ هذا المشروع مما يشير إلى أن بلدية مصراتة تُعد من المناطق الواعدة لاستثمار طاقة الرّياح في المستقبل.

2- بلغت مساحة الأسطح التي يقل انحدارها عن 10% 3926.6كم^2 بنسبة 69.9% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة مما يشير إلى أن طُبوغرافية منطقة الدّراسة منتظمة وقليلة التضّرس.

3- شبكة الطرق غير كثيفة وتتركز في شمال البلدية مما يؤثر سلباً على المشروع، كذلك شبكة خطوط الضّغط العالي محدودة المساحة والانتشار.

4- تُعدّ الأراضي الفضاء الأكثر امتدادًا داخل منطقة الدراسة، حيث بلغت مساحتها حوالي 4487.818 كم^2، ما يمثل نحو 80% من إجمالي المساحة وهذا يوفر مساحات شاسعة لإقامة مزارع طاقة الرّياح.

5- بلغت مساحة الأراضي الملائمة لإقامة مزارع طاقة الرياح942.11كم^2، وهي تشكل ما نسبته 16.751% من مساحة منطقة الدراسة.

6- المناطق الملائمة تنتشر في مساحات كبيرة داخل الفروع البلدية الوشكة، أبوقرين، الغيران، طمينة والزروق على التوالي.

7- تخلو الفروع البلدية ذات الرمال، شهداء الرميلة، مصراتة المركز، رأس الطوبة من أي مساحات ملائمة لإقامة هذا المشروع نظراً لأن جل مساحات هذه الفروع يشغلها الاستخدام الحضري والعمراني.

2.4 التوصيات

1- دراسة سرعة واتجاه الرياح بشكل تفصيلي بحيث تكون البيانات المجمعة (ساعية ويومية) في المناطق الملائمة لإقامة مزارع الرياح؛ لأنها سوف تعطي نتيجة أكثر دقة وتفصيل.

2- تصميم خرائط تفاعلية تمكن المستثمرين وصُنّاع القرار من التّفاعل معها؛ لتحديد المناطق المثلى لإقامة مثل هذه المشاريع.

3- إنشاء قاعدة بيانات مكانية قابلة للتحديث، لتحديث البيانات المتغيرة (سرعة الرياح) أو تعديل وتغيير معايير الدراسة.

تضارب المصالح

يُقرّ المؤلف بعدم وجود تضارب في المصالح.

استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي

يقرّ الباحث بأنه قد استعان بأداة الذكاء الاصطناعي (ChatGPT) حصرا في إعادة صياغة بعض أجزاء البحث، ولم تُستخدم أي أدوات ذكاء اصطناعي في جمع البيانات أو تحليلها أو كتابة المناقشة أو الاستنتاجات أو أي جانب آخر من هذا البحث.

قائمة المراجع

أولا- المراجع العربية

أطلس الرّياح (Global Wind Atlas)، https://globalwindatlas.info/ تاريخ الدخول 2025/6/15م

المطيري، وفاء عبيد و المطلق، فهد عبدالعزيز (2023). *الملائمة المكانية بالاعتماد على أسلوب نموذج بولين (Boolean model) لاختيار أفضل المواقع لمزارع طاقة الرياح*، المجلة الجغرافية العربية تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، العدد 180، 1-24.

النعاس، جمال سالم و موسى، حنان سعد (2021). *إمكانات طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية في المنطقة الوسطى من ليبيا*، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، العدد 1، 79-130.

بدوي، هشام داوود صدقي (2021). *تحديد المواقع المثلى لحصاد طاقة الرياح في مصر اعتمادا على أسلوب المعايير المتعددة ونظم المعلومات الجغرافية*، مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم (الإنسانيات والعلوم الاجتماعية)، مجلد13، العدد 1، 121-188.

داوود، جمعة محمد (2012). *أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافيةGIS*، نسخة إلكترونية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.

زهمول، وليد؛ الزرقاني، صلاح؛ الغول، أسامة (2020). *تحديد مواقع تربينات الرياح باستخدام نهج الملائمة المكانية المحتملة لطاقة الرياح*، المؤتمر الدولي الرابع للتقنيات الجيومكانية، ليبيا جيوتك 4، طرابلس ليبيا 3-5 مارس .

مجد، زينهم السيد وشفطر، محمد سعد عبدالفتاح (2023). *الملائمة المكانية لمواقع محطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في محافظة البحر الأحمر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية*، مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، العدد 28، 967-984.

هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية. https://earthexplorer.usgs.gov، تاريخ الدخول 2023/12/26م

وزارة الحكم المحلي بلدية مصراتة (2015). *حدود بلدية مصراتة وفروعها والمحلات التابعة لها*، 2015.

وكالة ناسا للبيانات المناخية. https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer، تاريخ الدخول 2025/5/30م

ثانيا المراجع الأجنبية:

ELmnfi, M., & Bnghuzz, A. (2019, September). *An analysis of wind speed distribution and economical evaluation at Misurata City, Libya*. 10th Ankara International Aerospace Conference, 18–20 September, METU, Ankara, Turkey. https://doi.org/10.5278/ijsepm.6242

Karipoğlu, F., Genç, M. S., & Koca, K. (2021). Determination of the most appropriate site selection of wind power plants based on Geographic Information System and multi-criteria decision-making approach in Develin, Turkey. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management, 30*, 97–114.

Rhman, S., Baseer, M. A., & ALhems, L. M. (2020, July). GIS-based multi-criteria wind farm site selection methodology. *FME Transactions, 48*, 855–867.

Rekik, S., Khabbouchi, I., & ELAlimi, S. (2025). A spatial analysis for optimal wind site selection from a sustainable supply-chain-management perspective. *Sustainability, 17*, 1751. https://www.mdpi.com/2071-1050/17/4/1571

Citation: Abdulati, F. A., (2025). Spatial Suitability for Optimal Wind Energy Harvesting Site Selection in Misurata Municipality. *Faculty of Arts Journal- Misurata University*. 20, 288-304. https://doi.org/10.36602/faj.2025.n20.16

Spatial Suitability for Optimal Wind Energy Harvesting Site Selection in Misurata Municipality

***Fatima Ahmed Abdulati**

Faculty of Arts, Misurata University, Department of Geography, Libya

*Email: f.abdulati@art.misuratau.edu.ly

Received 12- 08 - 2025 **Accepted** 03- 10 - 2025 **Published Online** 04- 10 - 2025

Abstract

This study aimed to identify suitable locations for wind power generation and calculate their area using Geographic Information Systems (GIS) and spatial modeling techniques. A set of key indicators influencing the selection of wind farm sites was identified, including wind speed, slope gradient, distance from valleys, distance from the coastline, distance from airports, proximity to the electrical grid and main roads, and land use type. These indicators were spatially analyzed using ARC GIS 10.8 through one of its spatial analysis methods—Overlay Analysis.

The study adopted both descriptive and analytical methodologies. The results revealed that the annual average wind speed in the study area exceeded 5 m/s at all locations, which meets the required threshold for project implementation. This indicates that Misrata Municipality is a promising region for future wind energy investments. The total area suitable for establishing wind farms was found to be 942.11 km², representing 16.751% of the study area.

Key words: *Spatial suitability, Wind farms, Overlay Analysis...*

This work is licensed under CC BY-4.0