تحديد مواقع توربينات الرياح – بإستخدام نهج النمذجة المكانية المحتملة لطاقة الرياح

أ.ولـيد زهمول[1]، د. صلاح الزرقاني [2]، أ. اسـامة الغول [3]

1 كلية الهندسة ، صبراتة، ليبيا، بريد إلكتروني: wzahmol@outlook.com

2 الاكاديمية الليبية ، جنزور، ليبيا، بريد إلكتروني: zargani@hotmail.com

3 كلية التقنية الهندسة ، جنزور، ليبيا، بريد إلكتروني:algoul2000@gmail.com

الملخص

إن تحقيق الاستدامة يتطلب تنمية وتطوير مصادر الطاقة المتجددة كطاقة نظيفة وبديلة ومساندة للمصادر الطاقة التقليدية، حيث يتطلب تطوير هذه الطاقة الى إستخدام أدوات وبرمجيات ونظم دعم القرار المبنية على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الحغرافية وذلك لتحليل المواقع الجغرافية المتوقعة لإنشاء مشروعات الطاقة المتجددة فيها بناءاً على مؤشرات ومعايير هندسية وبيئية مختلفة .

سهلت نظم المعلومات الجغرافية إجراء التحليل المكاني الذي يعتمد على العلاقات المكانية الطوبولوجيا للمعالم، وذلك من خلال بعض الاوامر التي تمكن الوصول الى نتائج معينة، وذلك من خلال تحليل مواقعها الجغرافية (Locational Analysis) إنطلاقاً من الفكرة الاساسية وهي أن الظاهرة المكانية (سواء كانت خدمية أم غيرها) لا تتوزع بشكل منتظم أو تترتب عشوائياً في المدينة أو الدولة بالاعتماد على علاقتها المكانية (Spatial Relationship) .

وللكشف عن دقة وكفاءة توزيعها المكاني Spatial Distribution لمواقع إنشاء مزارع الرياح تم إستخدام الاساليب الكمية والاحصائية المتنوعة، وكذلك تطبيق نموذج معلومات جغرافي لتحليل البيانات المكانية لتحديد المواقع الانسب (Optimum Location) بواسطة التعامل مع عدة طبقات للبيانات المكانية منها سرعة الرياح وإتجاهها، الشبكة الارسال الكهربائية، الطرق، التجمعات السكانية، الشريط الساحلي البحري، المطارات، طوبوغرافية الارض، خط هجرة الطيور، ومن خلال التحديد المسبق للمعايير والاشترطات البيئية المحلية والدولية لانشاء مزارع رياح فقد تم مقارنة النتائج المتحصل عليه من الدراسة مع المواقع المقترحة من قبل الشركة (MTorres) الاسبانية فوجد هناك تتطابق مع المعايير بنسبة 86% من التوربينات وتعديل أماكن خمس توربينات لإنها تخالف بعض المعايير.

كلمات مفتاحية: طاقة نظيفة ، نظم المعلومات الجغرافية ، المواقع الانسب ، النمذجة المكانية ، تحليل مكاني، درنة، مزارع رياح.

1. المقدمة

تعتبر الطاقة مطلب ضـروري للتطوير الاقتصـادي و الاجتماعي المسـتدام حيث يمثل توفير وتأمين الوصـول للطاقة من القضـايا الهامة على مسـتوى العالم، وقد تزايد الاهتمام العالمي حالياً الى تنويع وتجديد مصـادر الطاقة و خاصـة المصـادر المتجددة مثل الرياح واشـعة الشـمس والمصـادر المائية وذلك لتقليل الاعتماد على مصـــادر الطاقة التقليدية المهددة بالزوال ومواجهة التهديدات البيئية (تزايد معدلات انبعاث الغازات الدفيئة) للتغير المناخي التي تتزايد خطراً يوما بعد يوم .

بالربط بين مشـــاكل إنتاج الطاقة الكهربائية بالطرق التقليدية وما نتج عن ذلك من دعوات إقليمية وعالمية لضـرورة التعامل مع المشـاكل البيئية بصـورة أكثر فاعلية والمسـاهم في تقليل من إسـتخدام الوقود الاحفوري في محطات توليد الكهرباء مما أدى لزيادة درجة حرارة الارض إلى نحو 0.6 درجة مئوية خلال الخمسين عاماً الماضية وهو ما أنعكس على زيادة معدل ذوبان الجليد في القب الشمالي، ومن ثم إرتفاع منســوب المياه في البحار والمحيطات لتهدد في النهاية أماكن كثيرة وشـــاســـعة من الارض. [1]

تعد تقنيات الاســتشــعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من التقنيات الحديثة التي توفر كم هائل من المعلومات وتتيح الربط بين المعلومات المكانية والوصــفية التي تعتمد على منهجية واضــحة في عمليات النمذجة المكانية بغرض إتاحة فرصـة لتحديد أنسـب المواقع لإنشـاء مزرعة رياح بحيث تحقق الحد الاقصـى من الايجابيات والحد من السلبيات وذلك بناءاً على مجموعة من المعايير والمواصـفات القياسية، وهذه العمليات المهمة في عملية التخطيط البيئي.

2. مشكلة البحث

وتتمثل مشكلة الدراسة في مناقشة الموضوعات التالية:

1. هل تســاهم تقنية الاســتشــعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد مكاني للموقع الأمثل لإنشاء مزرعة رياح؟
2. هل يحقق الموقع المختار الأمان و الاستقرار البيئي؟
3. أن تقع المنطقة الانســب لنصــب هذه المحطات في ضــوء المتغيرات الجغرافية والمعايير البيئية؟

3. فرضية البحث

لكي تتحق أهداف الدراسة تم وضع عدة فرضيات سيتم إثبات مدى صحتها وهي على النحو التالي:

1. هناك علاقة طردية بين سرعة الرياح والموقع الانسب لانشاء مزرعة رياح.
2. الموقع الانسب هو الموقع الذي تتوازن فيه جميع العوامل ومعايير البيئية المختلفة .
3. إن تطبيق المعايير بواســـطة تقنية نظم المعلومات الجغرافية يســـهل في إختيار المواقع الاكثر ملائمة لإنشاء مزرعة رياح .

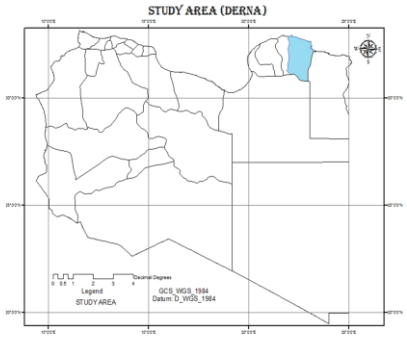
4. أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في الاتي :

1. تعتبر هذا البحث من الدراســات القليلة التي تتيح إســتخدام تقنيات الاســتشــعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد المواقع الاكثر ملائمة لإقامة مزارع رياح في ليبيا.
2. يوفر هذا البحث قاعدة بيانات جغرافية لمنطقة الدراســة تســاعد المهتمين والباحثين في ليبيا على فهم إمكانية إســـتخدام هذه التقنيات لاختيار المواقع الاكثر الملائمة لإقامة مزارع الرياح حيث تمكنها من عمل دراسات مقارنة مما يؤدي الى إثراء البحث العلمي.
3. إنتاج خريطة رقمية لمدينة درنة توضح أفضل المواقع الملائمة لإقامة مزارع ريحية ومقارنتها مع المواقع المقترحة من قبل الجهاز التنفيذي للطاقات المتجددة.
4. المساهمة في تقديم مجموعة من المقترحات والتوصيات والتي قد تفيد المخطيطين ومتخذي القرار داخل المدينة .

5. حدود البحث

درنة منطقة جبلية تقع في شمال شرق ليبيا بين خطي طول ($32^0 50$ – $32^0 30$) شمالاً ودائرتي عرض ($22^0 50$ – $22^0 30$) شرقاً يحدها من الشمال البحر الابيض المتوسط ومن الجنوب سلسلة من تلال الجبل الاخضر ويشطر منطقة الدراســة مجرى الوادي الى شطرين وهذا الوادي يسمى وادي درنـة .[2].



الشكل (1) منطقة الدراسة

6. أهداف البحث

تتمثل أهداف الدراسة في المحاور التالية:

- تسخير التقنيات الحديثة في التصنيف والتحليل المكاني لإختيار أنسب الاماكن لإنشاء مزرعة رياح في منطقة البحث .
- تطبيق نظم التحليل المكاني في مجال التخطيط البيئي المعاصر من خلال أخذ المعايير والاشتراطات البيئية في عين الاعتبار عند إختيار المواقع الاكثر ملائمة .
- بناء قاعدة بيانات جغرافية متكاملة لمنطقة البحث بحيث تجيب عن كثير من التساؤلات التى تستوقف عمليات التنمية المستدامة والتطوير والذي قد يشمل مناطق الدراسة بتوافر مؤشرات كمية عن أغلب ظواهر المدينة وإمكانية تحديثها مستقبلاً.
- المقارنة النتائج المتحصل عليها من البحث مع المواقع التي تم تحديدها في منطقة الفتائح بمدينة درنة لإقامة مزرع رياح عليها .

7. منهجية البحث

تعتمد منهجية البحث على مجموعة من المناهج: المنهج الوصفي، المنهج التطبيقي، المنهج التحليلي الذي يتم التكامل بين المناهج من تجميع للبيانات الوصـــفية والمكانية وإجراء عمليات النمذجة المكانية والتحليل المكاني الاحصائي ومدي مطابقتها للمعايير والاشتراطات البيئية والانشائية لاختيار المواقع الملائمة لاقامة مزارح رياح .

حيث يمر بالمراحل التالية :

- تحديد المعايير والاشتراطات البيئية المتاحة لإنشاء مزرعة رياح بمنطقة البحث .
- إجراء عمليات الترقيم *Editor* والتصنيف *Classification* والحرم *Buffer* بإستخدام برنامج *ArcGIS10.5*
- إجراء عمليات النمذجة المعلوماتية Data Modelling وعملية التراكب Overlay للمعايير المختلفة من حيث عملية الاتحاد والمسح Union–Erase بغرض الحصول على خريطة واحدة تمثل المناطق الموقع الأنسب Optimum Location لمزرعة الرياح .

1.7 المعايير المعلوماتية المكانية للبحث مع الاشتراطات البيئية للموقع

تعتمد عمليات اختيار الموقع الأنسب على أساليب التخطيط البيئي والتي تدخل فيها مجالات علمية ومعلوماتية مكانية متشعبة منها عمرانية، جيولوجية ، بيئية ونباتية وغيرها.

1.7.1 الظروف المناخية

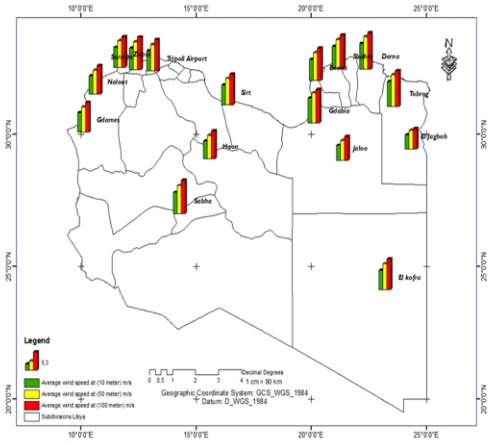
يقصد به حالة الجو في مكان ما خلال فترة طويلة، ويشمل عدة عناصر منها : درجة الحرارة، الرياح، الامطار والرطوبة النسبية التي تعاني منها المنطقة بسبب قربها من البحر .[3].

1.1.7.1 الرياح واتجاهها السائد

لجعل طاقة الرياح خياراً أفضل لتوليد الكهرباء يجب التركيز على سرعة الرياح واتجاهها كعامل اساسي لتحديد أكثر المواقع ملائمة كذلك معرفة مدى امكانية إستخدام طاقة الرياح من عدمها ومعرفة الكميات التقديرية للطاقة المنتجة حسب التصنيف العالمي لسرعات الرياح.

أ. سرعة الرياح

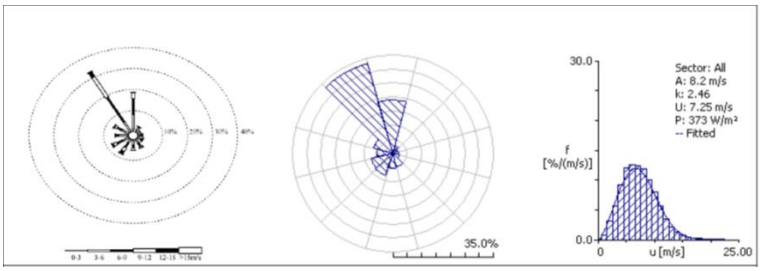
بتحليل البيانات المتوفرة من محطة ارصاد الجوية بمنطقة البحث خلال فترة 40 سنة من (1949–2000) وجد أن المعدل السنوي العام لسرعة الرياح (12.18 عقدة) وأن المعدل الشهري لسرعة الرياح في شهر يوليو هو أعلى بين الشهور خلال فترة 40 سنة وصل الى (14.5 عقدة) بينما شهر اكتوبر أقل متوسط لسرعة الرياح حيث وصلت الى (9.95 عقدة) ، كذلك تم تجميع البيانات من الجهاز التنفيذي للطاقات المتجددة وتم عمل خريطة للبيانات المتحصل عليها من إحداثيات لمواقع محطات الرصد على ثلاث مستويات (10–50–100 متر).[3]



شكل (2) مواقع المحطات الرصد الجوية الخاصة بقياس سرعات الرياح على ثلاث مستويات

2. الاتجاه السائد

تعتبرالرياح كمية متجهة ذات إتجاه وسرعة ويؤخذ إتجاه الرياح من الجهة التي تهب منها، ولا يؤخذ الاتجاه الذي تتجه اليه الرياح ويحسب الاتجاه بالنسبة الى الشمال الجغرافي بالدرجات في نفس اتجاه عقارب الساعة ، وتسمى الرياح التي تهب من اتجاه عقارب الساعة بأنها تتقدم، اما العكس فأنها تتراجع . يبين المطلح شجرة العلم (وردة الرياح) إتجاه الرياح السائد في المنطقة البحث وهي الشمالية الغربية . [4]



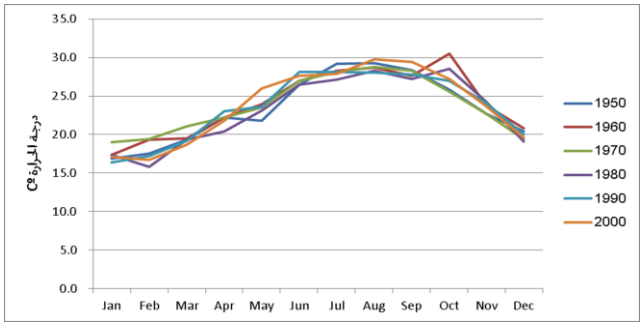
شكل (3) إتجاه الرياح السائد خلال سنة 2010م

ب. العمل الحقلي

من خلال الزيارة الميدانية ومقارنة النتائج بالنسبة لسرعة وإتجاه الرياح لاحظ أن الاشجار في منطقة البحث بها إنحناء شديد يدل على السرعات الرياح العالية بالمنطقة كذلك إتجاه انحناء الاشجار يدل على الاتجاه السائد .

2.1.7.1 درجة الحرارة

تتصف منطقة درنة بإعتدال درجة الحرارة فيها بسبب قربها من البحر كذلك إتفاعها عن مستوى سطح البحر ، إن أعلى معدلات درجة الحرارة سجلت كانت $30C^0$ بينما إقل معدل كان $12C^0$.[3].



شكل (4) معدلات درجات الحرارة لسنوات 1950–2000 م

3.1.7.1 **الرطوبة النسبية**

بشكل عام في ليبيا ترتفع الرطوبة النسبية في المناطق الساحلية لتصل الى أكثر من 80%، وتنخفض كلما اتجهنا نحو الداخل حتى تصل إلى أدنى مستوياتها في المناطق الوسطى والجنوبية لتصل الى أقل من 10% . معدل نسبة الرطوبة النسبية لمدينة درنة وصلت الى 71% وتعتبر نسبة عالية نسبياً.[3]

4.1.7.1 **مستوى المياه الجوفية**

إن معرفة مستوى المياه الجوفية بالموقع أمر بالغ الاهمية لضمان عدم تعرضها لإي تأثيرات خارجية أثناء أعمال الانشائية حيث كانت المياه الجوفية في الموقع الامثل تصل من 250–320 متر .

5.1.7.1 **التربة والتكاوين الصخرية**

تتكشف التكاوين الجيولوجية للمنطقة حسب ماورد في لوحة درنة الجيولوجية من صخور رسوبية وجيرية ، حسب [5] كذلك من الزيارة الميدانية تم إجراء بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتربة (تربة طينية) .

جدول(1) التحاليل الفيزيائية والكيميائية

أولاً: التحاليل الفيزيائية لتربة الموقع المحدد

T.D.S	E.S	PH
Mg/L	Mg/L	–
208.2	0.372	8.2

ملاحظة: اعماق العينات من 20–50 cm

ثانياً: التحاليل الكيميائية لتربة الموقع

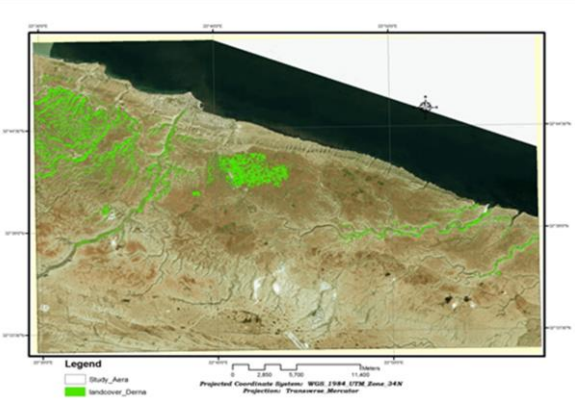
NO_4	SO_4	CL	CO_3
Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/L
26.4	50	104	–
K	Na	Mg	Ca
Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/L
5.2	37.8	12.2	17.2

2.7.1 مظاهر السطح والتنوع البيولوجي

لدراسة عناصر البيئة المحيطة بالموقع يستوجب الاستعانة بالخريطة الطوبوغرافية للمنطقة ، مرئيات فضائية وصور رادارية وذلك لإظهار التضاريس ولإعطاء صورة تفصيلية عن مظاهر السطح أيضا دراسة التنوع البيولوجي من خلال الدراسات السابقة وذلك لتقليل الاثار السلبية الناجمة عن توربينات الرياح .[3]

1.2.7.1 الغطاء النباتي

الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة يتكون من النباتات: الشبرق، بصل فرعون، قعمول جمل ، وتلعب العوامل الريحية دوراً رئيسياً في التعرية الهوائية ويظهر ذلك جلياً في عمليات تكشف الصخور وهذه العوامل ساهمت في تصنيف الموقع بإنها اراضي مفتوحة مع بعض المعالم السطحية .[5]



الشكل (5) الغطاء النباتي

2.2.7.1 التراث الحضاري والسياحي

تبين خلال الزيارة الميدانية ومسح المنطقة بواسطة مرئيات فضائية ان منطقة البحث تخلو من المناطق الاثرية والمنطقة غير مسجلة ضمن المواقع الاثرية بليبيا كذلك لم يتم ادراجها ضمن المحميات الطبيعية كما لا يمكن ان يطلق عليها منطقة سياحية ذات جذب سياحي وخلوها من المتنزهات والمناطق الترفيهية .

3.2.7.1 الحياة البريـــة

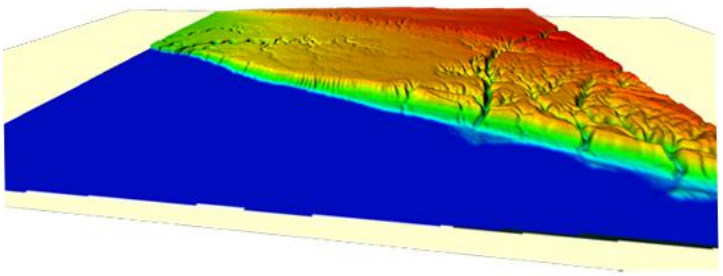
تُشكل طاقة الرياح خطراً محدقاً على العديد من الطيور والمخلوقات الطائرة الأخرى ؛ إذ يؤدي إصطدام أحد هذه الكائنات بالشفرات الموجودة على التوربينات المُولِدة لطاقة الرياح إلى القضاء عليها، وتشير الدراسات إلى أن عدد الطيور التي تُقتل سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية بفعل التوربينات المولدة لطاقة الرياح يتراوح ما بين 10 آلاف إلى 440 ألف طير.[6]

جدول (2) تأثير توربينات الرياح على الطيور المقيمة والمهاجرة وسبب تأثرها.[7]

ت	اسم الطائر	نوع	تقييم الخطورة	سبب التأثر
1	الحمام البري(حمام الجبل)	طيور مقيمة	كبير	تناقص فرص الغذاء، تحليق عالي للبحث عنه
2	حجل الجبل	طيور مقيمة	لا يتأثر	تحليق قصير، تفضل البقاء على الارض
3	القنبره المتوجه	طيور مقيمة	بسيط	تضع بيضها على الارض ، أثناء فترة إنشاء مزرعة الرياح
4	كروان الصحراء	طيور مقيمة	تأثيره محدود	موسم التكاثر
5	القمري	طيور مهاجرة	كبير	تحليق منخفض مما يؤدي خلال السنوات لتغير مساراتها السنوية
6	الخليش	طيور مهاجرة	كبير	تحليق منخفض مما يؤدي خلال السنوات لتغير مساراتها السنوية

4.2.7.1 جيوموفولوجية المنطقة

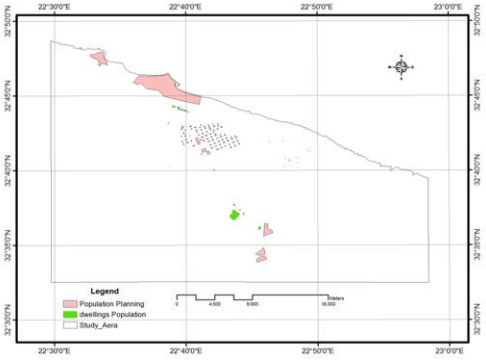
تم الاستعانة بنموذج إرتفاعات (DEM) من قمر SRTM بدقة 30 متر وإستنتاج شكل 3D بواسطة برنامج Global Mapper 14 وذلك لاظهار التضاريس بمنطقة الدراسة بشكل أكثر وضوح حيث وجد أن أعلى نطقة في منطقة البحث 390 متر وأقل نقطة تعادل –1.9 متر.



شكل (6) نموذج 3D يمثل الارتفاعات

3.2.7.1 **النطاق العمراني**

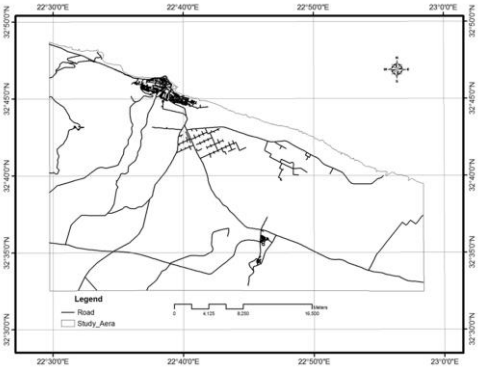
تسبب التوربينات جملة من القضايا المتعلقة بالنطاق العمراني أهمها الآثار البصرية والضوضاء حيث تسبب تشوه بصري (لونها وإرتفاعها وعددها) والآثار ذات الصلة بتفاعلها مع خصائص المناظر الطبيعية المحيطة بها. أما الضوضاء فان التوربينات تصدر ضوضاء أثناء تشغيلة فهي تصدر ضوضاء ميكانيكية وديناميكية هوائية أما الميكانيكية فتصدر من الالت الموجودة داخلها والديناميكية الهواء فتصدر من حركة الهواء حول الريش . [8]



شكل (7) التركيز العمراني

4.2.7.1 **شبكة الطرق**

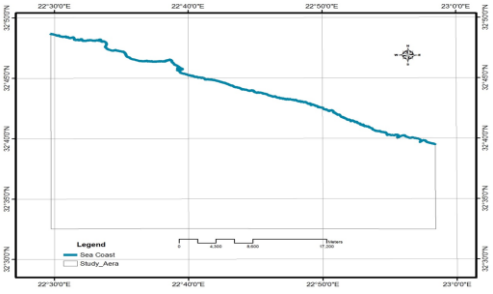
تلعب شـــبكة الطرق أهمية كبيرة في مجال التخطيط البيئي، فهي تحدد مسـارات شـبكة النقل وتسـهل الاعمال الانشـائية من ناحية ومن ناحية أخرى تحقق الترابط المكاني بين مناطق وأقاليم الدولة المختلفة، وعليه تحتاج أن توضـع في الحسـبان بالنسـبة لاختيار موقع الانسب .



شكل (8) شبكة الطرق المعبدة

5.2.7.1 **الشريط الساحلي البحري**

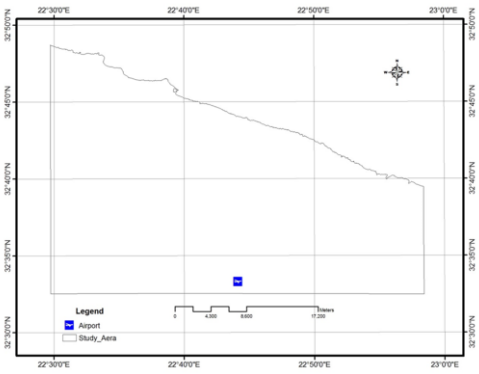
تكمن أهمية الشريط الساحلي في كون طبيعة المدينة كوجهة سـياحية واقتصـادية (رآس هلال)، وهذا ما سـبب التركيز على معيار الشريط الساحلي .



شكل (9) الشريط الساحلي البحري

6.2.7.1 **المطارات**

تتأثر المطارات من توربينات الرياح تأثيراً مباشراً نظراً لما تسببه هذه التوربينات من خلق مجالات كهرومغناطيسية النشاءة من توليد الكهرباء داخل التوربينة مما يسبب في التأثير على أجهزة الالكترونية (الاتصالات) داخل المطار وكذلك الطائرات أيضا ارتفاع السارية للتوربينة وطول الريش الذي يعيق حركة الطيران أثناء الاقلاع والهبوط . 8]

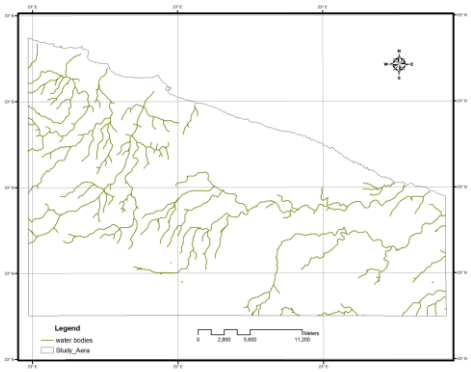


شكل (10) موقع مطار مرتوبة

7.2.7.1 **الوديان او مجاري المياه**

تعتبر الوديان او مجاري المياه ذات تأثير على عملية انشاء التوربينات (صب القواعد او الاساسات) والطرق الخدمية التي تربط هذه التوربينات ببعض . فيجب ان يكون الموقع الامثل بعيد من مجاري الوديان للاسباب الاتية: [9]

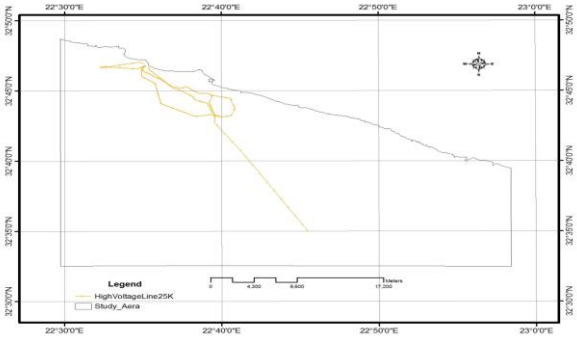
- فيضان الوديان يسبب ضرر للبنية التحتية لمزرع الرياح .
- فيضان الوديان يسبب تلف في الطرق الخدمية التي تربط التوربينات بعضها البعض.



شكل (11) مجاري الوديان

7.2.7.1 خطوط نقل الكهرباء

تعتبر خطوط نقل الكهرباء عامل مهم جداً و أساسي في إختيار موقع المزرعة الرياح نظراً للكهرباء المتولدة من المزرعة و كيفية تغذيتها و تصديرها للشبكة الرئيسية للكهرباء لدعم و تعويض النقص في الكهرباء.[10]



شكل (12) خطوط نقل الطاقة الكهربائية

2.7 إجراء عمليات التحليل المكاني: الترقيم *Editor* والتصنيف *Classification* والحرم *Buffer* بإستخدام برنامج *ArcGIS10.5*

1.2.7 المعايير المكانية للبحث

جدول (3) المعايير المعلوماتية .[11]

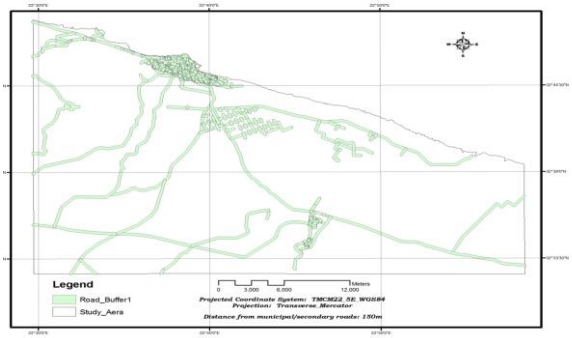
ت	المعيار		المسافة	نوع الطبقة	التحليل المكاني
.1	سرعة وإتجاه السائد		تزيد عن 7م/ثانية	شبكية	إعادة تصنيف
.2	الحياة البرية		خط الهجرة	خط	حرم
.3	البعد عن خطوط الضغط العالي		250 م	خط	حرم
.4	البعد عن المحميات الطبيعية(الغابات)		400 م	مضلع	حرم
.5	البعد عن الطرق		150 م	خط	حرم
.6	الانحدار		أقل من 10%	شبكية	إعادة تصنيف
.7	البعد عن المخططات السكانية	منتظمة	2000 م	مضلع	حرم
		عشوائية	400 م	مضلع + نقطة	حرم

.8	المسطحات المائية (الوديان)	300 م	خط	حرم
.9	البعد عن الشريط الساحلي	400 م	خط	حرم
.10	البعد عن المطارات	5000 م	نقطة	حرم

2.2.7 عمليات التحليل المكاني للبيانات

أولا: الطرق .

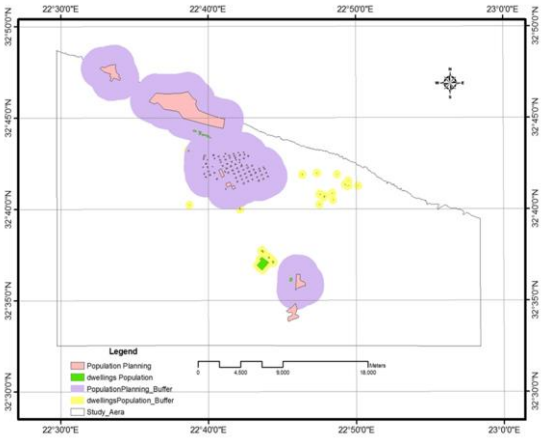
البند	النطاق المساحي	درجة الاهمية	المبرر
1	أقل من (150)	مستبعد	لحماية الطرق من السلبيات
2	أبعد من (150)	الأنسب	عدم وجود طرق



شكل (13) تمثل حيز الحرم لطبقة الطرق

ثانيا: النطاق العمراني :

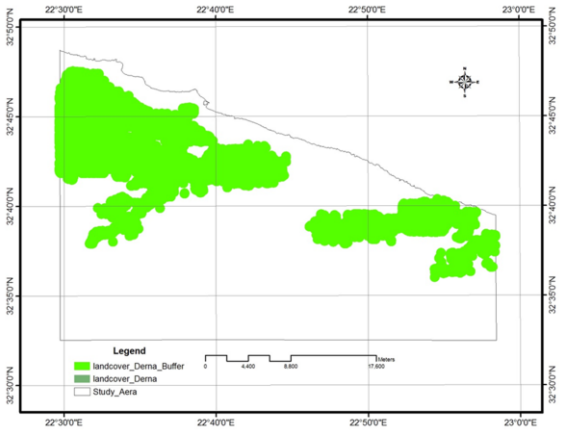
البند	النطاق المساحي		درجة الاهمية	المبرر
.1	النطاق العمراني (التجمعات المنتظمة)	أقل من 2000 م	مستبعد	لتفادي السلبيات على العمران
		ابعد من 2000 م	الأنسب	عدم وجود عمران
.2	النطاق العمراني (التجمعات عشوائية)	أقل من 400 م	مستبعد	لتفادي السلبيات على العمران
		أبعد من 400 م	الأنسب	عدم وجود عمران



شكل (14) حيز الحرم عن المناطق السكانية

ثالثا: الغطاء النباتي

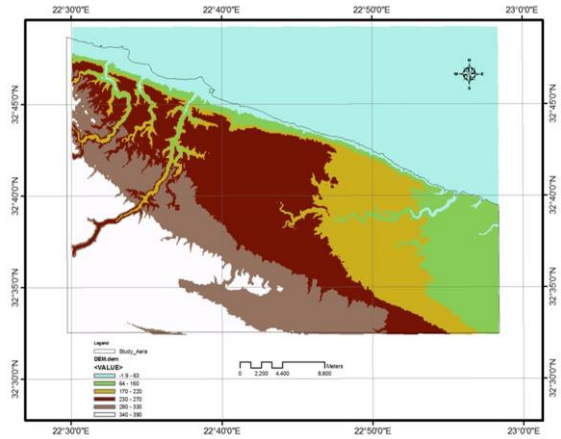
البند	النطاق المساحي	درجة الاهمية	المبرر
1	أقل من 400 م	مستبعد	لحمايتها من السلبيات
2	ابعد من 400 م	الأنسب	عدم وجود سلبيات



شكل (15) حيز الحرم لطبقة الغطاء النباتي

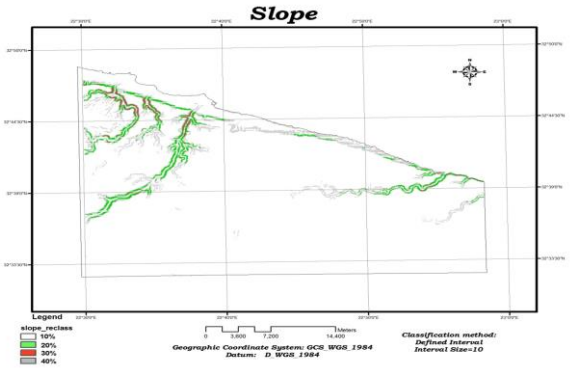
رابعاً: درجة الانحدار :

البند	النطاق المساحي	درجة الاهمية	المبرر
1	الانحدار اكبر من 10%	مستبعد	غير مناسب للعمليات الانشائية
2	انحدار اقل من 10%	الأنسب	عدم وجود ميول



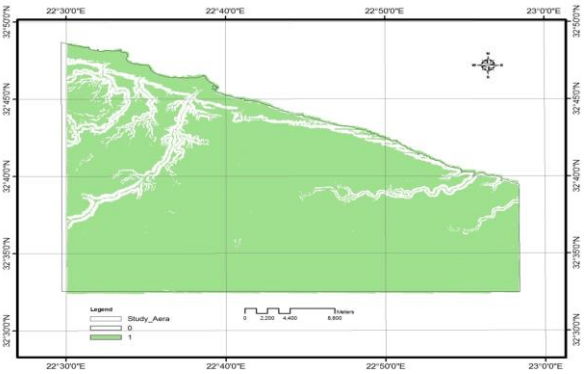
شكل (16) توضح تصنيفات الانحدار

ولتطبيق المعـايير يجـب إجراء عمليـة إعـادة تصـنيف Reclassification الى التقسـيمات 10% ، 20% ، 30% ، 40% .



شكل (17) أعادة التصنيف لطبقة الانحدار

حسب المعايير الدولية يجب أن يكون الانحدار أقل من 10 % لذلك يجب إعادة تصنيف (Reclass) وأعطاء الانحدار المناسب قيمة بالرقم(1) و البقية النسب توحد و تعطى قيمة موحده بالرقم(0)



شكل (18) إعادة تصنيف لطبقة الانحدار

خامسا: الشريط الساحلي

البند	النطاق المساحي	درجة الاهمية	المبرر
1	أقل من 400 م	مستبعد	لحماية ساحل البحر من السلبيات
2	أبعد من 400 م	الأنسب	عدم وجود ساحل

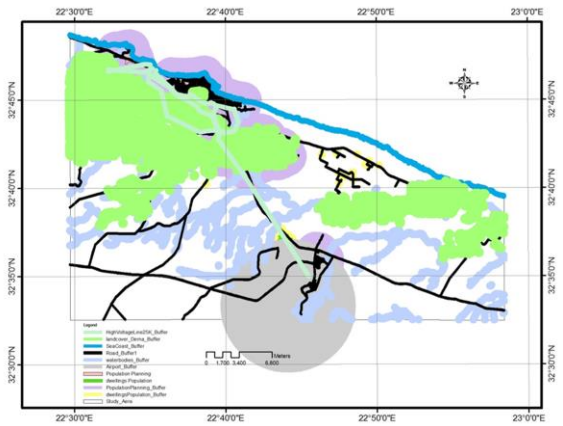
شكل(19) تمثل حيز الحرم للشريط الساحلي

3.7 عمليات النمذجة المعلوماتية

بعد الانتهاء من مرحلة تجميع البيانات والمعايير يأتي تحليل التراكب Overlay حيث تعرض كل الطبقات فوق بعض بعدها ضـــم كل الطبقات (Layer) في طبقة واحدة باســـتخدام تحليل الاتحاد Union، تليها تحليل المسح Erase: [12]

1.3.7 تحليل التراكب Overlay

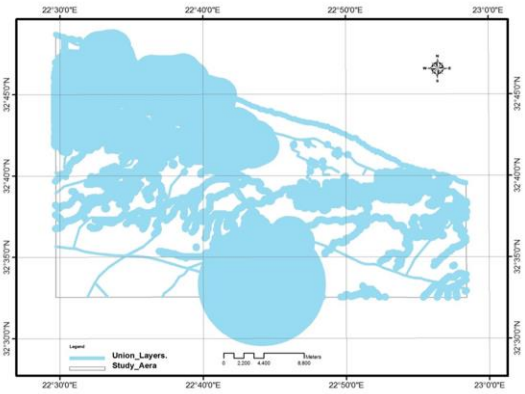
يعد تحليل التراكب او التطابق إحدى اهم وظائف نظم المعلومات الجغرافية والتي تستخدم لدراسة العلاقات المكانية التي تربط بين الظواهر الجغرافية وتشمل العملية مطابقة عدة بيانات على هيئة طبقات (Layers) بعضها فوق بعض ويضم هذا النوع من التحليلات ستة انواع وهي : **التقاطع، الاتحاد، المحو، التعيين، التحديث، الفروق التماثلي** .



شكل (20) عملية التراكب لجميع الطبقات البحث

2.3.7 تحليل الاتحاد UNION

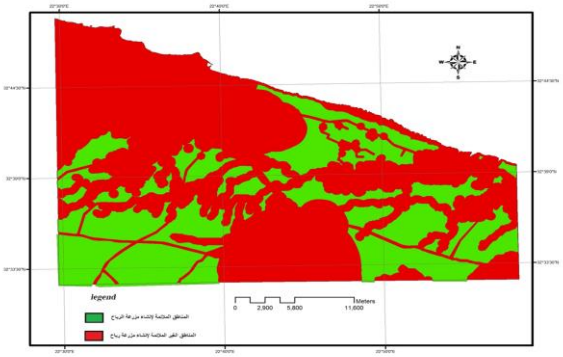
الطبقة الناتجة من تحليل الاتحاد تضـــم رســـوم الطبقات المدخلة كلها ، وليس المناطق المشـــتركة بينهم فقط حيث يتم دمجها كلها في طبقة واحدة.



شكل(21) تمثل طبقة الناتجة عن تحليل الاتحاد

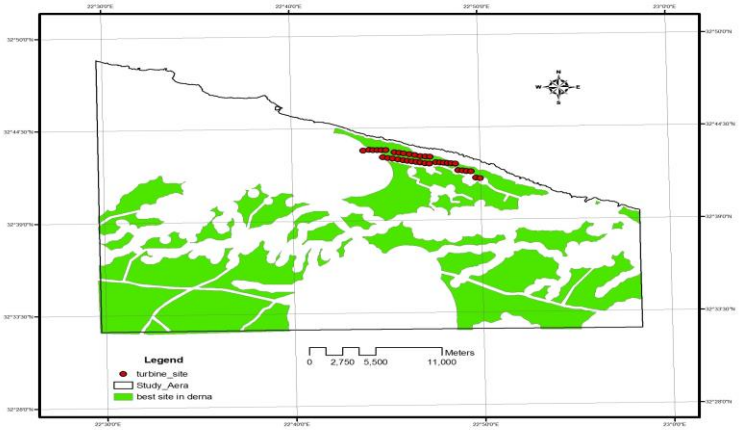
3.3.7 تحليل المحو Erase

يتم هذا التحليل بإســـتخدام طبقتين على الاقل بحيث تكون طبقة المعايير وطبقة منطقة البحث والناتج من هذا التحليل هي المواقع الاكثر ملائمة لانشـــاء مزرعة رياح والتي طابقت كل المعايير .



شكل (22) المواقع الاكثر ملائمة

4.7 مقارنة بين النتائج المتحصل عليها من الدراسة مع المواقع المقترحـــة من قبل الشركة الاسبانية



شكل(23) مقارنة مواقع التوربينات مع المواقع الاكثر ملائمة لمزارع الرياح

8. النتائج

1. مدينة درنة تعتبر من المدن المناسبة لإنشاء مشاريع لإنتاج الطاقة الكهربائية بواسطة طاقة الرياح لتغذية الشبكة العامة للكهرباء وسد النقص في التيار الكهربائي بليبيا.
2. إمكانية الاستفادة من قاعدة البيانات الجغرافية في تطبيق النموذج الذي تم في هذا البحث على المدن الأخرى في ليبيا.
3. الحاجة الى إضافة طبقات جديدة من بيانات أخرى متعلقة بموضوع البحث، لزيادة دقة النموذج المستخدم وتقديم نتائج إحصائية عن العوامل المؤثرة في إقامة مشروعات الرياح.
4. يساعد النموذج المقترح على تحليل الجدوى الاقتصادية والاجتماعية لإنشاء مشروعات الرياح في المناطق النائية ، من خلال تحليل البيانات الجغرافية، والسكانية والديموغرافية لهذه المناطق، وذلك لتحقيق التنمية المستدامة لهذه المناطق.
5. أظهرت البحث محدودية إستخدام تطبيقات تقنية الاستشعار عن بعد ، و نظم المعلومات الجغرافية، نظم قواعد البيانات، نظم دعم القرار في تحليل وتقييم مشروعات الطاقة الكهربائية من المصادر التقليدية والمتجددة في ليبيا.
6. المواقع الحالية والتي سيتم إنشاء مزارع رياح بها هي مواقع مناسبة وتتفق من حيث أولوية التنفيذ مع نتائج البحث.
7. تبين من خلال نتائج التحليل المكاني أن هناك سوء وخلل في بعض التوربينات المقرر إنشاءها في منطقة الفتائح من ناحية المعايير البيئية حيث تسبب هذه التوربينات بتأثير البصري (الضلال) للمساكن القريبة من المشروع .

9. المراجـــع

1. محمد مصطفى الخياط ، تقنيات الطاقة الجديدة والمتجددة وأمكانيات تطبيقها في المنطقة العربية ، عدد رقم 164، ابريل 2008م.
2. مصطفى الطرابلسي، درنة الزاهرة، جامعة درنة،1999م
3. مصلحة الاحوال الجوية بمدينة درنة ، تقارير غير منشورة ، 2010.

4. الشركة (MTorres) الاسبانية ، تقارير غير منشورة ، 2009 .

5. محمد محمود الديب ، جغرافية الزراعية تحليلي النظم المكانية، ج.عين شمس ، مصر، 1995.

6. Wind Energy Pros and Cons (16-5-2018), "Wind Energy Pros and Cons" ، energyinformative.org, Retrieved 21-1-2019.

7. اوجستو توسكي، ترجمة عياد العوامي، الطيور الليبية، الدار العربية للكتاب طرابلس، 1981 م.

8. Dallas Lloyd (11-12-2014), "Wind Energy: Advantages and Disadvantages" ، large.stanford.edu, Retrieved 21-1-2019.

9. مكي غازي المحمدي، الاختيار الامثل لبناء محطات توليد الطاقة الكهربائية في العراق بواسطة طاقة الرياح باستخدام معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، مجلة سرمرني، العدد 18، كانون الثاني 2010م.

10. صلاح سالم الزرقاني، مشروع تخريط الاراضي- الجبل الاخضر، 2006م.

11. World Wind Energy Association (WWEA,2011), April2011.

12. وسام الدين محمد، مقدمة في نظم المعلومات الجغرافية، نادي نظم المعلومات الجغرافية ، 2006م .

13. مصباح محمد عاشور، الاستشعار عن بعد اسسه وتطبيقاته، جامعة مصراتة، ليبيا، 2006.

14. وداد الاسطى واخرون ، تقدير السعة الفعلية لطاقة الرياح في ليبيا، مجلة الطاقة والحياة، العدد الواحد والعشرون، اللجنة الوطنية للطاقة ، طرابلس ، 2005م.

15. Birgit Helga Editha Moiloa, Geographical information systems for strategic Wind Energy Site Selection, Vrije Universities Amsterdam, Nov. 2009.

16. "Pros & Cons of Wind Energy", www.windustry.org, Retrieved 21-1-2019.