

الملائمة المكانية لمواقع محطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في محافظة البحر الأحمر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

أ.د. زينهم السيد مجد

أستاذ المناخ التطبيقي ونظم المعلومات
الجغرافية - كلية الآداب - جامعة كفر

محمد سعد عبد الفتاح شفطر

المعيد بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات
الجغرافية - كلية الآداب - جامعة كفر الشيخ

المخلص:

تتناول هذه الدراسة تطبيق أسلوب الملائمة المكانية والقرار متعدد المعايير للحصول على نموذج ملائمة رقمي يوضح أفضل مواقع لإنشاء محطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في محافظة البحر الأحمر بناء على عدة معايير, وقد خلصت الدراسة إلى أن النطاق الشمالي بشكل عام هو الأنسب لإقامة محطات توليد الكهرباء سواء من الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح, فبالنسبة لمحطات الطاقة الشمسية فقد بلغت مساحة المناطق التي تزيد درجة ملائمتها عن ٩٠% نحو (٩٨٠٠ كم^٢), أما عن طاقة الرياح فقد بلغت مساحة المناطق التي تزيد درجة ملائمتها عن ٩٠% نحو (١٥٤١٨ كم^٢).

كلمات مفتاحية: محافظة البحر الأحمر, الملائمة المكانية, القرار متعدد المعايير.

مقدمة

للطاقة دور بالغ الأهمية في عملية التنمية المستدامة, حيث أن الحصول على خدمات الطاقة الحديثة المستدامة يسهم في القضاء على الفقر وتحسين الصحة ويساعد على تلبية الإحتياجات الإنسانية, كما أن تحقيق التنمية المستدامة مرتبط بتوفير الطاقة مع إمكانية الحصول على خدماتها بشكل معقول.

وتتجه دول العالم في الوقت الحالي إلى إنتاج الطاقة المتجددة, وذلك نتيجة للتأثيرات السلبية للغازات المنطلقة من حرق الوقود الأحفوري مثل ثاني أكسيد الكربون, فبالإضافة إلى كون الطاقة المتجددة طاقة نظيفة لا تسبب أي ملوثات فهي أيضاً طاقة لا تتضب يمكن الإعتماد عليها لأجيال قادمة.

دراسات سابقة

تنقسم الدراسات ذات الصلة بالموضوع إلي قسمين:-

أ- دراسات باللغة العربية

- دراسة محمد السيد حافظ^(١): وموضوعها الرياح وإنتاج الطاقة الكهربائية في صحراء مصر الشرقية, وقد أبرزت الدراسة العوامل الطبيعية المؤثرة في إنتاج الطاقة من الرياح في صحراء مصر الشرقية والضوابط المتحكمة في إنتاج الطاقة الكهربائية.
- دراسة زينهم السيد مجد^(٢): المعوقات الحرارية لاداء الخلايا الكهروضوئية في مصر, وقد وضحت الدراسة دور الخلايا الكهروضوئية في إنتاج الطاقة المتجددة وتحديد طبيعة العوامل المؤثرة في أداء الخلايا الكهروضوئية وخاصة درجة الحرارة ودورها في خفض جهد الخلايا الكهروضوئية.
- دراسة ياسر محمد عبد الموجود^(٣): وموضوعها تقييم إنتاج الطاقة الكهربائية من محطات الرياح في محافظة البحر الأحمر, وقد تناول دراسة مقومات إنشاء محطات الرياح في محافظة البحر الأحمر والتعرف علي مشكلات طاقة الرياح بالمحافظة.

ب - دراسات باللغة الإنجليزية

- دراسة هالة عادل عفت^(٤): وموضوعها الملائمة المكانية لأنسب النطاقات لإقامة مزارع الرياح في محافظة البحر الأحمر, وقد أبرزت الدراسة أنسب المواقع لإنشاء محطات الرياح في محافظة البحر الأحمر بالإعتماد علي منهجية القرار متعدد المعايير.

(١) محمد السيد حافظ: الرياح وإنتاج الطاقة الكهربائية في صحراء مصر الشرقية محطة الزعفرانة نموذجاً, ندوة صحاري مصر أمل المستقبل, كلية الآداب, جامعة الأسكندرية, ٢٠٠٧

(١) زينهم السيد مجد: المعوقات الحرارية لإنتاج الخلايا الكهروضوئية في مصر, المجلة الجغرافية العربية, الجمعية الجغرافية المصرية, المجلد ٤٩ ج ٢٠١٨/٢

(٢) ياسر محمد عبد الموجود, تقييم إنتاج الطاقة الكهربائية من محطات الرياح في محافظة البحر الأحمر, المجلة الجغرافية العربية, الجمعية الجغرافية المصرية, المجلد ٥٠ ج ٢٠١٩/٢

(3) Effat, H.A. (2014) Spatial Modeling of Optimum Zones for Wind Farms Using Remote Sensing and Geographic Information System, Application in the Red Sea, Egypt. *Journal of Geographic Information System*, 6, 358-374.

(4) S.I. Salah, et al., Towards a sustainable energy future for Egypt: A systematic review of renewable energy sources, technologies, challenges, and recommendations, ELSEVIER, *Cleaner Engineering and Technology Journal*, Volume(8), 2022

(5) B. Elboshy, et al., A suitability mapping for the PV solar farms in Egypt based on GIS-AHP to optimize multi-criteria feasibility, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume(13), 2022

- دراسة سلمى صلاح^(٤): وموضوعها نحو مستقبل طاقة مستدام في مصر، وقد أوضحت الدراسة حال إنتاج الطاقة المتجددة في مصر ومقارنة الإنتاج الحالي مع الإمكانيات الفعلية لإنتاج الطاقة.
- دراسة بهاء البوشي^(٦): وموضوعها الملائمة المكانية لأنسب المواقع لإنتاج الطاقة الشمسية في مصر، وقد أبرزت الدراسة دور العوامل المورفولوجية والإقتصادية والمناخية المؤثرة في إنتاج الطاقة الكهروضوئية مع تحديد أنسب المناطق لإنتاج الطاقة الشمسية في مصر باستخدام منهجية القرار متعدد المعايير.

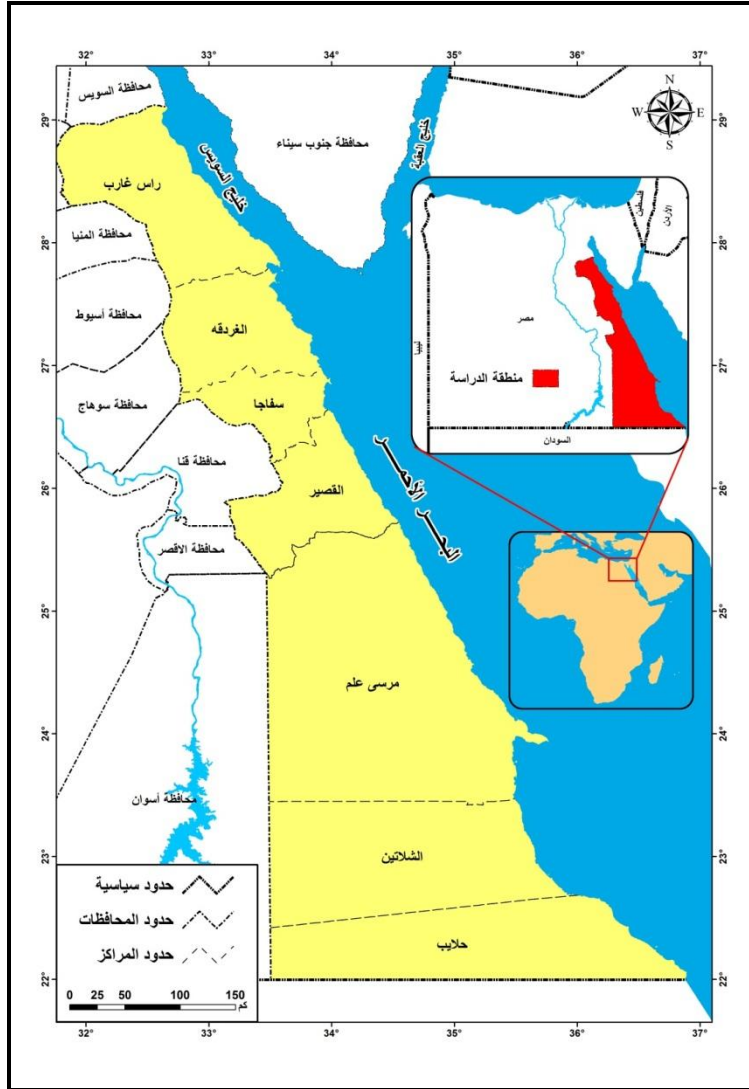
أهداف البحث

- يهدف هذا البحث إلى تحقيق عدة أهداف أهمها:-
- استخدام أسلوب القرار متعدد المعايير والتحليل الهرمي لتحديد أنسب المناطق لإنشاء محطات الرياح والطاقة الشمسية بمنطقة الدراسة.
- إبراز مدي أهمية استخدام تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية في دراسة تقنيات استخدامات الطاقة المتجددة.
- تشجيع التوجه إلى إنتاج الطاقة الجديدة والمتجددة.

أولاً : تحديد منطقة الدراسة

تقع محافظة البحر الأحمر في شرق مصر وتشغل مساحة ١١٩,١ الف كم^٢ من الصحراء الشرقية البالغ مساحتها ٢٢٥ الف كم^٢ بما يمثل ١١,٨% من مساحة جمهورية مصر العربية، وبذلك تحتل المركز الثالث من حيث المساحة بين محافظات الجمهورية بعد محافظتي الوادي الجديد ومطروح، ويتراوح عرضها بين ٨٠ الي ٣٥٠ كم بطول ١١٠٠ كيلو متر من الشمال للجنوب.

ويحد محافظة البحر الأحمر شرقاً ساحل البحر الاحمر وغرباً الكتلة الجبلية التي تطل علي وادي النيل وتلتقي مع محافظات (بني سويف - المنيا - اسيوط - سوهاج - قنا - الأقصر - أسوان)، ومن الشمال محافظة السويس , وجنوباً الحدود المصرية السودانية وتقع بين دائرتي عرض (٢٢° - ٢٩° شمالاً) وبين خطي طول (٤٥° ٤١' ٣١" - ٤٥° ٥٤' ٣٦" شرقاً)، هكذا تتراخي المحافظة عبر أكثر من سبع درجات عرضية لتعد أكثر محافظات مصر امتداداً من الجنوب للشمال وأكثر المحافظات اطلاقاً علي ساحل البحر الأحمر حيث يبلغ طول سواحلها علي إمتداد البحر الأحمر وخليج السويس نحو (١٠٨٠ كم) تمتد من الزعفرانة شمالاً حتي الحدود المصرية السودانية جنوباً، وتنقسم المحافظة إدارياً إلي سبعة مراكز هي من الشمال للجنوب علي الترتيب (رأس غارب الغردقة - سفاجا - القصير - مرسى علم - الشلاتين - حلايب)

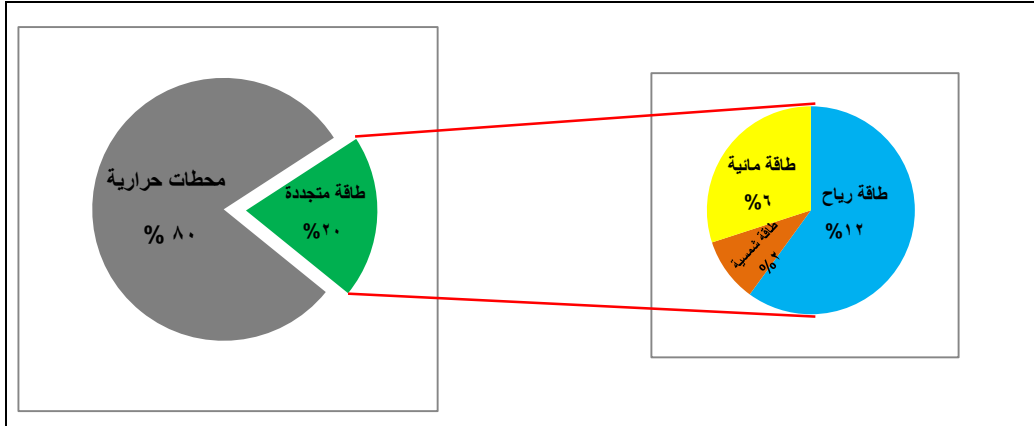


المصدر : من عمل الطالب بالإعتماد علي:-

- ١- الهيئة المصرية العامة للمساحة، خريطة مصر الطبوغرافية مقياس (١-٢٠٠٠٠٠٠)، ٢٠٢٠.
 - ٢- الهيئة العامة للتخطيط العمراني، المخطط الإستراتيجي لمحافظة البحر الأحمر، ٢٠١٩.
- شكل رقم (١) : الموقع العام والتقسيم الإداري لمنطقة الدراسة.

ثانيا: إنتاج مصر من الطاقة المتجددة

بلغت نسبة إنتاج الطاقة المتجددة في عام ٢٠٢١ في مصر (٢٠%)، من حجم الإنتاج الكلي للطاقة، وقد كان لطاقة الرياح النصيب الأكبر من الإنتاج حيث بلغت نسبة الطاقة المنتجة من الرياح (١٢%) من إجمالي إنتاج الطاقة في الجمهورية و(٦٠%) من جملة الطاقة المتجددة بقدرة (١٦٣٥ ميجا وات)، وذلك من محطات (الزعرانة، رأس بكر جبل الزيت، رأس غارب).



المصدر : (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة, ٢٠٢١, ص ٨)

شكل رقم (٢) : مصادر إنتاج الكهرباء في مصر (٢٠٢١)

وبلغ إنتاج مصر من الكهرباء من الطاقة الشمسية (٢%) من إنتاج مصر الكلي من الكهرباء و(١٠%) من جملة الطاقة المتجددة (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة, ٢٠٢١, ص ١٣).

من خلال بيانات الجدول رقم (١) يتضح أن إنتاج مصر من الطاقة المتجددة غير ثابت أو حتي لا يزداد بوتيرة ثابت بل يتذبذب من عام لآخر, علي العكس من الإنتاج الإفريقي والعالمي الذي يزداد سنوياً, لذلك يجب العمل علي زيادة محطات الطاقة المتجددة سواء من الرياح أو الطاقة الشمسية.

جدول رقم (١): إنتاج مصر من الطاقة المتجددة إلي الإنتاج العالمي والإفريقي (٢٠١٢ - ٢٠٢٠)

السنة	٢٠١٢	٢٠١٣	٢٠١٤	٢٠١٥	٢٠١٦	٢٠١٧	٢٠١٨	٢٠١٩	٢٠٢٠	الإنتاج
العالم	٤٧٤٤٧٨٢	٥٠٢٨٠٤٥	٥٣٠٩٢٦٠	٥٥٠٥٤١٨	٥٨٨٣٢٠٦	٦٢١١٨٦٦	٦٥٩٠٩٤٣	٦٩٥٥٨٦٦	٧٤٦٨٠٥٨	
أفريقيا	١١٠١٣٤	١١٧٦٩٥	١٢٣٨٤٨	١٢٥٦٥٨	١٢٧٥٥٤	١٣٩٠١٩	١٥١٩٦١	١٦٣٠٣٤	١٧٢٣٣٥	
مصر	١٥٣٢٥	١٤٧٣٤	١٥١٥٧	١٥٦٤٠	١٦١٢١	١٥٩٧٣	١٥٩٤٢	١٧٩٦٨	٢٤٠٦٤	
% من الإنتاج العالمي	٠,٣٢	٠,٢٩	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٧	٠,٢٦	٠,٢٤	٠,٢٦	٠,٣٢	
% من إنتاج إفريقيا	١٣,٩١	١٢,٥٢	١٢,٢٤	١٢,٤٥	١٢,٦٤	١١,٤٩	١٠,٤٩	١١,٠٢	١٣,٩٦	

المصدر: (IRENA, 2022, p.3).

ثالثاً: الملائمة المكانية لمواقع محطات توليد الطاقة الكهربائية.

أ- الإشعاع الشمسي وإنتاج الطاقة المتجددة

يكفي للدلالة علي أهمية الشمس كمصدر مهم للطاقة المستهلكة علي الأرض حالياً أنها تمدنا بكمية من الطاقة في الساعة الواحدة تتجاوز كمية الطاقة المستهلكة علي الأرض حالياً في عام واحد (الزاملي، ٢٠١٣، ص ٩)، وتقع مصر في نطاق الحزام الشمسي التي تتراوح شدة إشعاعه الشمسي المباشر بين ٢٠٠٠ ك.و.س/م^٢/سنة شمالاً و ٣٢٠٠ ك.و.س/م^٢/سنة جنوباً، أما ساعات السطوع الشمسي فهي بين (٩-١١) ساعة / يومياً (الخياط، ٢٠٠٦، ص ٥١).

هذا وتتميز منطقة الدراسة بمعدل سطوع شمسي كبير، حيث بلغ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في منطقة إجمالاً (١١،٤ ساعة/يوم) مما يجعلها خياراً ممتازاً لإنتاج الطاقة الشمسية من الإشعاع الشمسي، وقد زاد إنتاج مصر من الكهرباء المنتجة بواسطة الطاقة الشمسية من ٥٠٤ ميغا وات عام ٢٠١٢ إلي ٤٤٥٣ ميغا وات عام ٢٠٢٠ أي بنسبة زيادة قدرها (٨٨٣،٥٣%) (IRENA, 2022, p.41)، والإمكانات الكبيرة لمحافظة البحر الأحمر في إنتاج الطاقة الشمسية غير مستغلة علي النحو الأكمل فمجمّل إنتاج المحافظة من الكهرباء من الطاقة الشمسية كما هو موضح بالجدول الآتي.

جدول رقم (٣) : إنتاج محافظة البحر الأحمر من الكهرباء بواسطة الطاقة الشمسية

نوع التكنولوجيا المستخدمة	الموقع	الإنتاج (ميغا وات)
خلايا فوتوفلطية	الغردقة	٢٠
خلايا فوتوفلطية	مرسي علم	٦
خلايا فوتوفلطية	شلاتين	٥
خلايا فوتوفلطية	حلايب	٢
خلايا فوتوفلطية	أبو رماد	٢
المجموع	-	٣٥

المصدر : (Salah, Eltaweel, Abeykoon, 2022, p.24)

ويمكن حساب كمية الطاقة التي يمكن توليدها من الطاقة الشمسية من خلال العلاقة :-

كمية الطاقة الناتجة عن المتر المربع من الألواح الشمسية = معدل الطاقة الشمسية (وات) * (١٧%) * كفاءة اللوح الشمسي * ٨٠% (الحياصي، ٢٠١١، ص ١٣٦).

(١٧%) هي كفاءة الألواح فعندما يتم تحويل الطاقة من شكل لآخر لسبب ما فإن الطاقة الناتجة بعد التحويل لن تكون مساوية للطاقة المتوفرة قبل التحويل، والنسبة بين الطاقة قبل وبعد التحويل تدعي الكفاءة، وتختلف قيمة الكفاءة حسب طريقة تحويلها، فقد تصل إلي ٩٠% كما هو الحال في التوربينات المائية أو الموتور الكهربائي، وتتراوح بين (١٠-٢٠%)

في معدات الطاقة الشمسية وتحديدًا الخلايا الشمسية، أو بين (٣٥-٤٠%) في محطات توليد الكهرباء التي تستخدم الوقود الأحفوري أو الرياح كمصدر للطاقة (الخياط ٢٠٠٦، ص ١٥)، ويوضح الجدول رقم (٤) كمية الكهرباء التي يمكن إنتاجها (وات/م^٢).

ويتباين الإنتاج المتوقع من الكهرباء من منطقة إلي أخرى لتباين شدة الإشعاع الشمسي من منطقة إلي أخرى ومن شهر لآخر، وتبلغ ذروتها في شهر مايو في جميع مناطق المحافظة، حيث تبلغ شدة الإشعاع أوجها خلال هذا الشهر، وبرغم زيادة عدد ساعات النهار خلال فصل الصيف إلا أن شدة الإشعاع الشمسي تكون أكبر تأثيراً.

ويبلغ إجمالي الطاقة المتوقع إنتاجها كل متر مربع من الخلايا في كلاً من الغردقة والقصير ورأس بيناس (٣,٧١, ٣,٧, ٣,٦) علي الترتيب.

جدول رقم (٤) : الكهرباء المتوقع إنتاجها من الخلايا الشمسية (وات/م^٢)

المحطات	الشهور		
	رأس بيناس	القصير	الغردقة
يناير	٥٦٥	٥٥٣	٥٤٣
فبراير	٦٠٩	٦٢٨	٦٣٠
مارس	٩٢٢	٩١٩	٩١٧
أبريل	٩٩٩	٩٧٠	٩٥٢
مايو	١١٠٢	١١٠٢	١١١٠
يونيو	١٠٠٩	١٠٣٩	١٠٦٤
يوليو	١٠١٣	١٠٥٤	١٠٨١
أغسطس	٩٤٨	١٠٠٣	١٠١٩
سبتمبر	٨٦١	٨٩٣	٨٩٤
أكتوبر	٧٦٩	٧٤٨	٧٥٤
نوفمبر	٦٢٨	٦٢٥	٦٢٦
ديسمبر	٦٣٧	٦١٣	٥٨٨
المجموع	١٠٠٦٠	١٠١٤٧	١٠١٧٧

المصدر : من عمل الطالب بتطبيق المعادلة السابقة .

إستخدم الطالب تحليل الملائمة المكانية لتحديد أنسب المواقع لإقامة محطات الطاقة الكهربائية من الإشعاع الشمسي وذلك بالإعتماد علي عدة معايير كما يلي :-

١- الإشعاع الشمسي

يعتبر العامل الرئيسي حيث أن إنتاج الكهرباء يتوقف علي تحويل الإشعاع الشمسي إلي طاقة كهربائية وتؤدي زيادة الإشعاع الشمسي لزيادة الإنتاج.

٢- درجة الحرارة

تؤثر درجة حرارة الهواء في كفاءة الخلايا الكهروضوئية ومن ثم قدرتها علي توليد الكهرباء من أشعة الشمس حيث أن إرتفاع درجة حرارة الهواء يؤدي إلي إرتفاع درجة حرارة الخلية الضوئية، فإذا تجاوزت درجة حرارتها ٢٥° م (الحرارة القياسية) إنخفض مستوي أدائها (مجد، ٢٠١٨، ص ٢٤، ٣١).

٣- الإنحدار

حيث يجب مراعاة إنشاء المحطات في مناطق ذات إنحدار بسيط وذلك لتقليل تكاليف الإنشاء.

٤- القرب من شبكات نقل الكهرباء

يؤدي قرب موقع المحطة من الشبكة الكهربائية القائمة دوراً مهماً في إنشاء محطات الطاقة وذلك لعدة أسباب أهمها توفير التكلفة الإجمالية اللازمة لإنشاء المحطة بالإضافة لسرعة ربط المحطة بالشبكة وتقليل الفقد في الكهرباء المنقولة (عبد الموجود، ٢٠١٩، ص ٤٧).

٥- القرب من شبكات الطرق

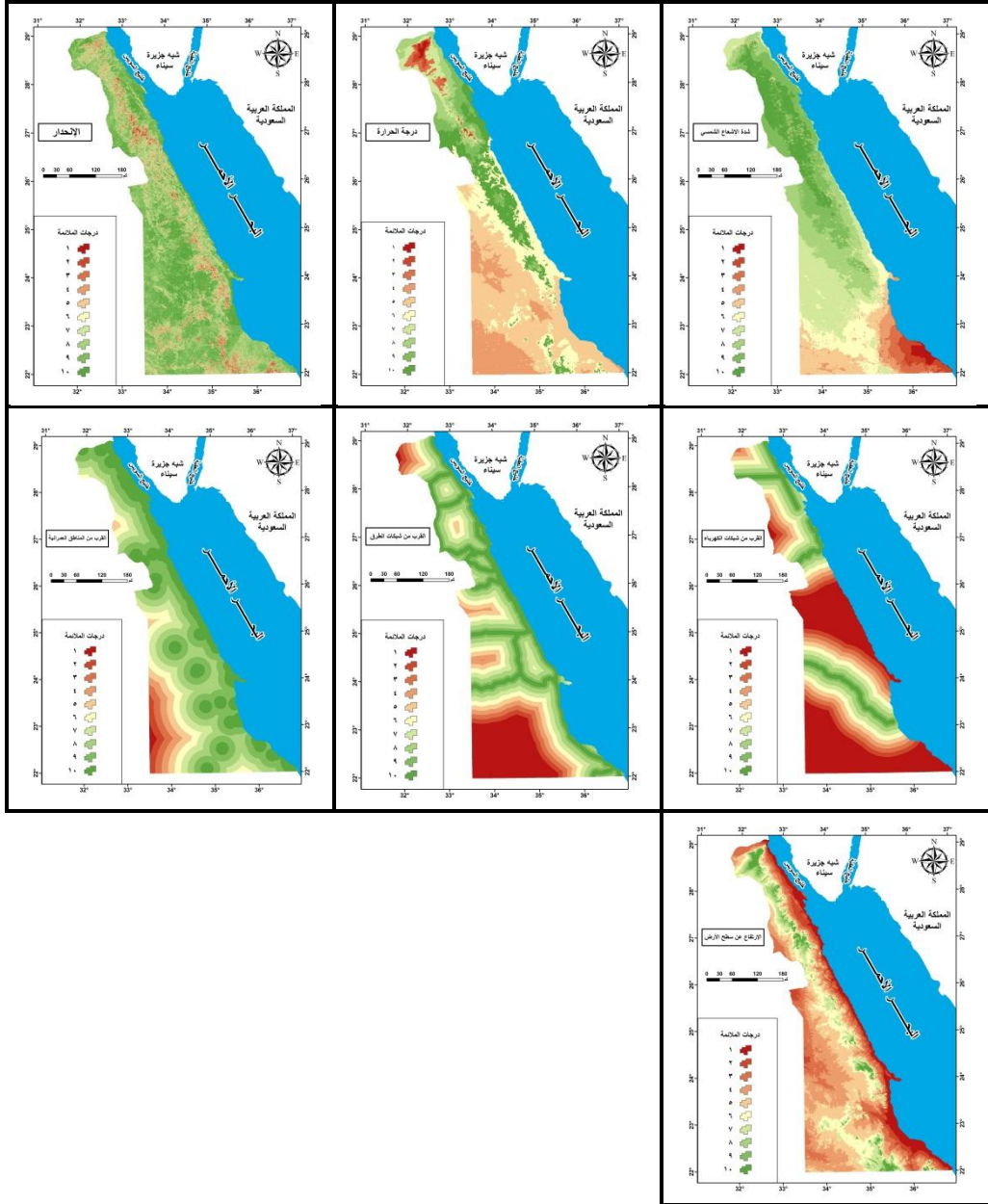
من العوامل المهمة جداً في إنشاء محطات توليد الطاقة، فتكلفة إنشاء شبكة طرق جديدة لنقل العمال والمعدات للمحطة تكون مرتفعة جداً، لذلك يجب الأخذ في الإعتبار إختيار مواقع المحطات بالقرب من شبكات الطرق القائمة.

٦- القرب من المناطق العمرانية

يجب من ضمن عوامل إنشاء محطات توليد الطاقة قربها من مناطق العمران من أجل تقليل الفاقد في الطاقة المنقولة، ومع ذلك يجب ألا تقترب المحطات بشكل كبير من المناطق العمرانية وذلك بسبب التأثير السلبي علي المناطق المأهولة.

٧- الإرتفاع عن سطح الأرض

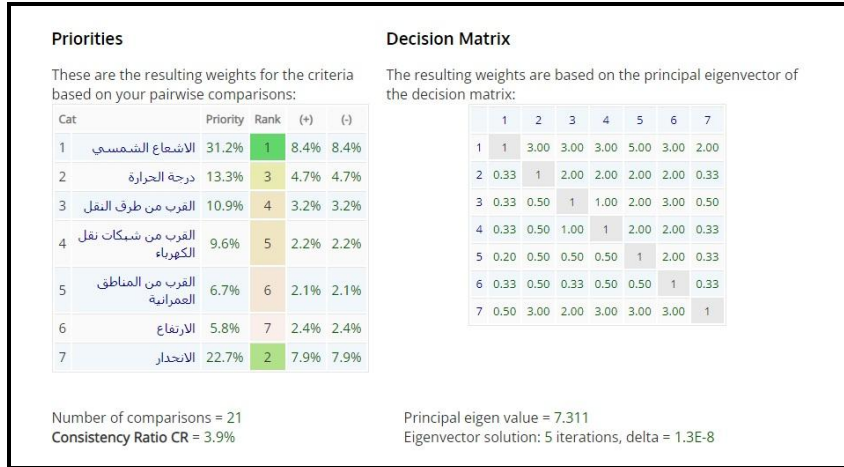
يؤثر عامل الإرتفاع عن سطح الأرض في كمية الإشعاع المستقبل فكلما زاد الإرتفاع عن سطح البحر قل سُمك الغلاف الجوي الذي يقطعه الإشعاع الشمسي، وبالتالي تزداد كمية الإشعاع الشمسي (Elboshy etc, 2022, P.4).



المصدر : من عمل الطالب

شكل رقم (٣): درجات الملائمة لكل معيار.

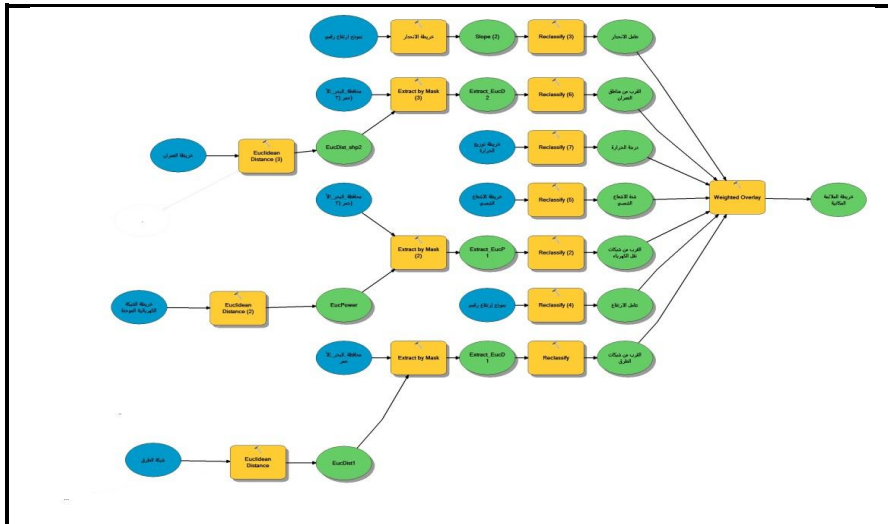
تم تحديد الأوزان النسبية للمعايير باستخدام التحليل الهرمي (AHP) وكانت الأوزان كما هو موضح بالصورة رقم (١).



المصدر: عمل الطالب باستخدام موقع: <https://bpmmsg.com/ahp/ahp-calc.php>

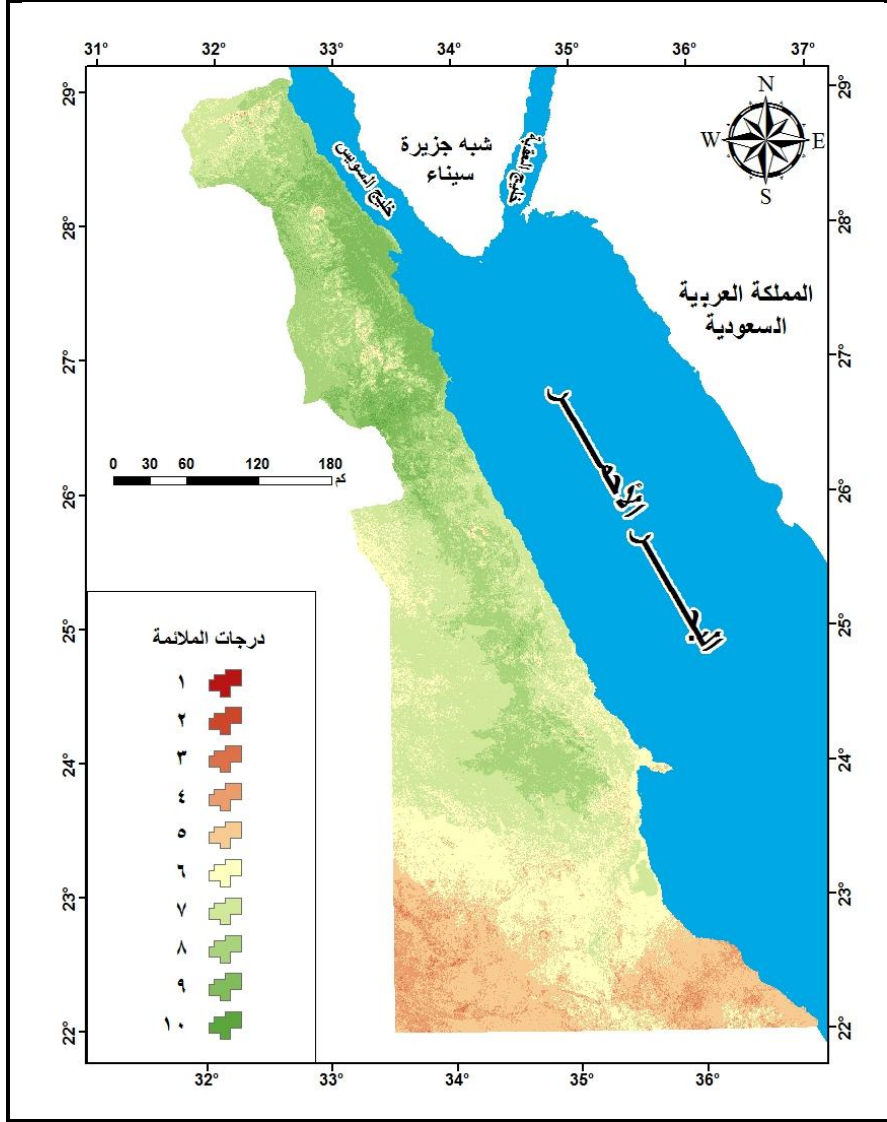
صورة رقم (١): الأوزان النسبية للمعايير.

وبتطبيق النموذج التالي تم الحصول علي خريطة الملائمة المكانية لمواقع محطات توليد الطاقة من الإشعاع الشمسي.



المصدر: من عمل الطالب

شكل رقم (٥): نموذج الملائمة المكاني.



شكل رقم (٦): درجات الملائمة لمواقع محطات الطاقة الشمسية.

ب- الرياح وإنتاج الطاقة المتجددة

تتمتع منطقة الدراسة بإمكانيات كبيرة جداً يمكن إستغلالها في إنتاج طاقة الرياح بكميات كبيرة جداً، وبدل علي ذلك أن المحطات الأربعة القائمة لتوليد طاقة الرياح وهي (الزعرانة، رأس بكر، جبل الزيت، رأس غارب) قد تم إنشاؤها في شمال محافظة البحر الأحمر.

ويمكن حساب الطاقة التي يمكن إنتاجها من طاقة الرياح من خلال العلاقة :-

$$P=0.5*D*A*V^3*Cp.$$

(Royal Academy of Engineering, Wind Power Turbine Calculate, 2010, p.2).

حيث أن (P) هي القدرة الكهربائية للتوربين، (D) هي كثافة الهواء لوحدة الحجم وتساوي (١,٢٣ كجم /م^٣)، (A) هي مساحة الدائرة التي تولدها التوربينات عند دورانها (V) هي سرعة الرياح عند الإرتفاع المطلوب (٥٠ متر)، (Cp) هو ثابت بتز (Betz) وتحسب (٠,٤) لإمكانية الاستفادة القصوي من طاقة التوربينات.

وقد تم الإعتماد علي خصائص توربينات (Gemsas G80) وهي نفس نوع التوربينات المستخدمة في محطة جبل الزيت، وقد تم تطبيق المعادلة السابقة علي معدلات سرعة الرياح الشهرية علي إرتفاع (٥٠ متر) في محطات الغردقة والقصور ورأس بيناس، وكانت نتائج المعادلة كما هو موضح في الجدول رقم (٥).

جدول رقم (٥): الكهرباء المتوقع إنتاجها لكل توربين (كيلو وات)

المحطات الشهور	الغردقة	القصور	رأس بيناس
يناير	٢٧٧٣٢٥,٤	٢٢٦٣٦٤,٥	٢٦٠٧٤٩,١
فبراير	٢٧٧٧٧٤,١	٢١٠١٤٤,٧	٢٤٤٠٦٤,٥
مارس	٣٤٣٠٦٢,٣	٢٣٩٣٧٣,٣	٢٧٨٨١١,٠
أبريل	٣٣١٨٢٧,٠	٢٠٤٥٣٣,٨	٢٣٧٤٣٤,١
مايو	٤٢٦٧٨٠,٠	٢٣١١٨٢,٧	٢٩٣٠٧٩,٩
يونيو	٦٩٦٠٣٥,٥	٣٣٩٦١٣,٥	٤١٢٣١٠,٦
يوليو	٦٢٦٧٨٧,٧	٢١٩٩٥٠,٠	١٩٤١٦٤,٠
أغسطس	٧٠٥٧٢٥,٤	٢٥٢٢٧٣,٩	٢٥٠٩٩٧,٥
سبتمبر	٦٦٨٥٤١,٤	٢٨٩٩٦٢,٥	٤٠٣٢٩١,٢
أكتوبر	٣٧٦٥٦٦,٩	١٨٤٧٢٨,٢	٢٢٩٤١٨,٠
نوفمبر	٢٤٠١٧٠,٧	١٧٦١٢٤,١	٢٠٠٤٣١,٧
ديسمبر	٢٦٢٠٥٨,٤	٢٢١٨٧٤,٥	٢٥٠٢٩٠,٢
المجموع	٥٢٣٢٦٥٤,٦	٢٧٩٦١٢٥,٨	٣٢٥٥٠٤١,٧

المصدر : من عمل الطالب بتطبيق المعادلة السابقة .

بأستخدام أسلوب الملائمة المكانية تم عمل خريطة لأنسب المواقع لإنشاء محطات الطاقة الكهربائية من الرياح بالإعتماد علي عدة معايير وهي كالآتي:-
١- سرعة الرياح .

تعتبر سرعة الرياح هي العامل الأهم في تحديد مواقع إنشاء محطات الرياح, فالرياح هي التي تتحكم في دوران التوربينات والتي تقوم بتوليد الكهرباء, وكلما زادت سرعة الرياح كلما زادت كمية الكهرباء المنتجة.

٢- البعد عن الكثبان الرملية .

تؤثر التكوينات الرملية علي محطات الرياح من حيث تراكم الرمال علي ريش التوربينة ويترتب علي ذلك إنخفاض كفاءتها في إنتاج الكهرباء, بالإضافة إلي تراكم الرمال علي الأجزاء الميكانيكية الدوارة داخل التوربينة مما يؤدي إلي زيادة عمليات الصيانة الدورية (عبد الموجود, ٢٠١٩, ص ٤٧).

٣- البعد عن خط الشاطئ .

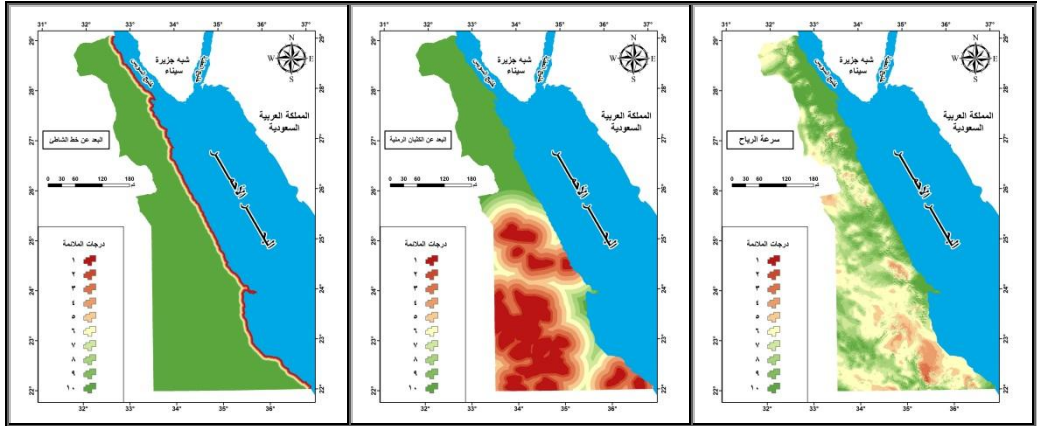
يجب إنشاء محطات طاقة الرياح بعيداً عن خط الشاطئ بأعتبره منطقة مأهولة, كما أنها مناطق النشاط السياحي, بالإضافة إلي كونها مساراً للطيور المهاجرة والتي يؤدي إصطدامها بريش التوربينات إلي هلاكها وقد يكون منها أنواعاً معرضه للإنقراض. بالإضافة إلي الإنحدار والقرب من شبكات نقل الكهرباء والقرب من المناطق العمرانية والقرب من شبكات الطرق.

وكانت الأوزان كما هو موضح بالصورة رقم (٢).

Priorities					Decision Matrix													
These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons:					The resulting weights are based on the principal eigenvector of the decision matrix:													
Cat	Priority	Rank	(+)	(-)	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	سرعة الرياح	33.9%	1	14.1%	14.1%	1	5.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00
2	البعد عن الشاطئ	4.4%	7	1.9%	1.9%	0.20	1	0.33	0.33	0.50	0.50	0.20	1	0.33	0.33	0.50	0.50	0.20
3	القرب من طرق النقل	8.3%	5	3.0%	3.0%	0.33	3.00	1	0.50	2.00	0.33	0.33	0.33	1	0.50	2.00	0.33	0.33
4	القرب من شبكات نقل الكهرباء	10.1%	4	3.5%	3.5%	0.33	3.00	2.00	1	2.00	0.33	0.33	0.33	3.00	1	2.00	0.33	0.33
5	القرب من المناطق العمرانية	5.8%	6	1.4%	1.4%	0.20	2.00	0.50	0.50	1	0.33	0.33	0.33	0.33	1	0.33	0.33	0.33
6	البعد عن التكوينات الرملية	16.1%	3	7.5%	7.5%	0.33	2.00	3.00	3.00	3.00	1	0.50	0.33	2.00	3.00	1	0.50	0.50
7	الانحدار	21.4%	2	6.8%	6.8%	0.33	5.00	3.00	3.00	3.00	2.00	1	0.33	5.00	3.00	3.00	2.00	1
Number of comparisons = 21 Consistency Ratio CR = 5.5%					Principal eigen value = 7.438 Eigenvector solution: 5 iterations, delta = 6.6E-8													

المصدر: من عمل الطالب

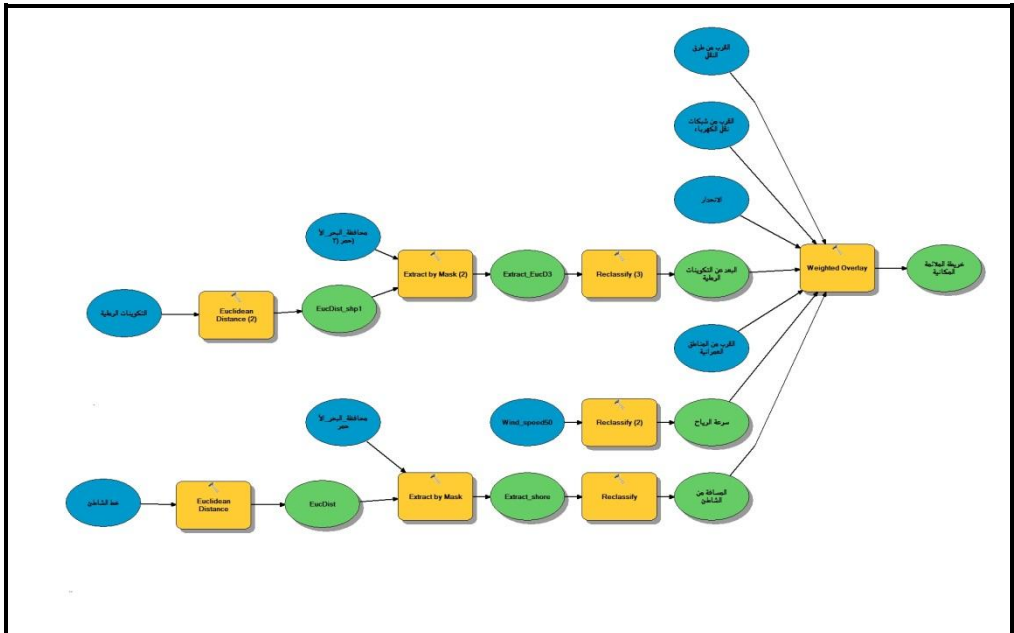
صورة رقم (٢): الأوزان النسبية للمعايير.



المصدر : من عمل الطالب

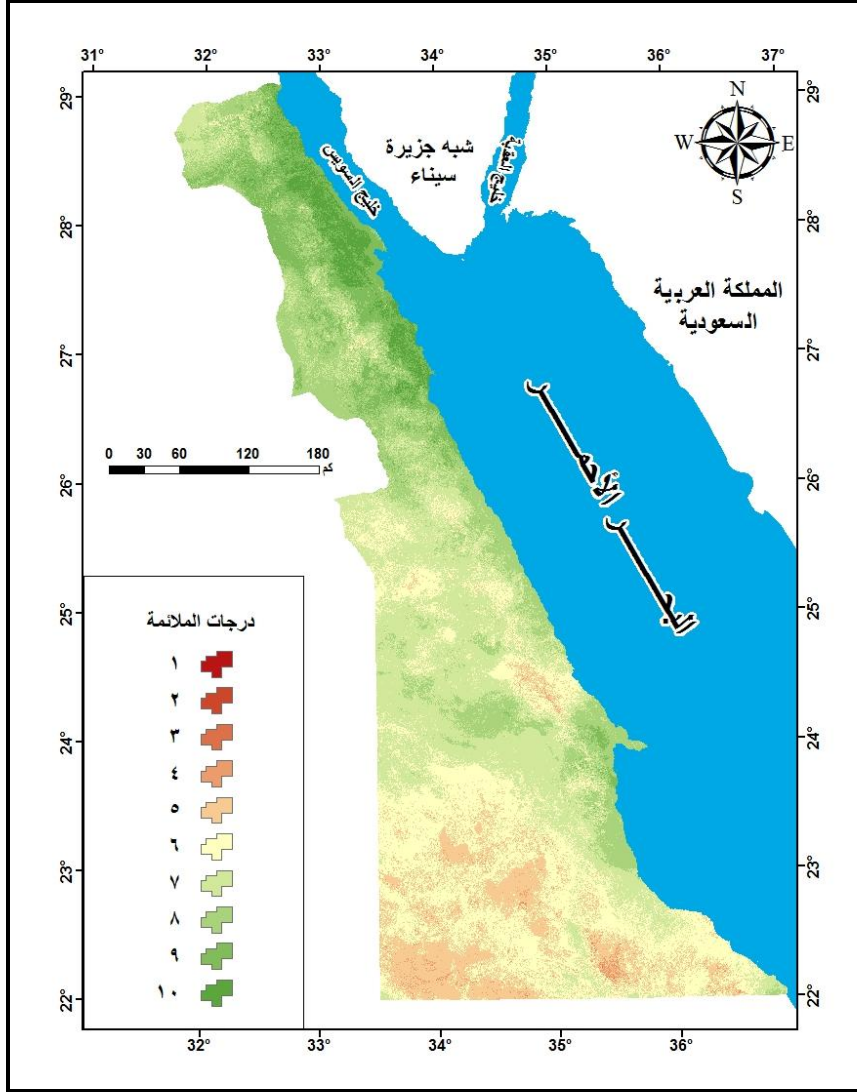
شكل رقم (٧): درجات الملائمة لكل معيار.

وبتطبيق النموذج التالي تم الحصول علي خريطة الملائمة المكانية لمواقع محطات توليد الطاقة من الرياح.



المصدر: من عمل الطالب

شكل رقم (٨): نموذج الملائمة المكانية.



المصدر: من عمل الطالب

شكل رقم (٩): درجات الملائمة لمواقع محطات طاقة الرياح.

النتائج والتوصيات

(١) النتائج.

خلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها:-

- ١- تستقبل منطقة الدراسة كميات مرتفعة جداً من الإشعاع الشمسي تتراوح بين (١٠٠٠ - ٣٢٠٠ ك وات/م^٢/سنوياً).
- ٢- الإمكانيات الكبيرة لمنطقة الدراسة في إمكانية إنتاج الطاقة المتجددة غير مستغلة بالكامل لذلك يجب العمل على إقامة محطات لإنتاج الطاقة المتجددة في المناطق التي تم تحديدها من خلال منهجية القرار متعدد المعايير.
- ٣- يتناسب شمال منطقة الدراسة بشكل أكبر لإقامة مشروعات إنتاج الطاقة وذلك بسبب الإمكانيات الكبيرة التي تتمتع بها سواء كمية الإشعاع الشمسي أو الرياح.
- ٤- بلغت مساحة المناطق التي تزيد درجة ملائمتها عن ٩٠% لإقامة محطات الطاقة الشمسية نحو (٩٨٠٠ كم^٢).
- ٥- بلغت مساحة المناطق التي تزيد درجة ملائمتها عن ٩٠% لإقامة محطات طاقة الرياح نحو (١٥٤١٨ كم^٢).

(٢) التوصيات.

- ١- العمل على إستغلال الإمكانيات الكبيرة التي تمتلكها منطقة الدراسة في توليد الطاقة المتجددة لتوفير الطاقة والحصول على خدماتها بشكل معقول.
- ٢- ضرورة مراعاة كافة المعايير التي تم التنويه إليها عند إنشاء محطات توليد الكهرباء وذلك لضمان إستمرارية الإنتاج دون وجود عوائق.

المراجع والمصادر

أولاً- المراجع والمصادر العربية:

- (١) الحياصي, مقبل محمد علي (٢٠١١). الإشعاع الشمسي والرياح , ودورهما في إنتاج الطاقة في الجمهورية اليمنية, رسالة ماجستير, قسم الجغرافيا, كلية الآداب, جامعة ذمار.
- (٢) الخياط, محمد مصطفى محمد (٢٠٠٦). الطاقة مصادر ها - أنواعها - إستخدامها, بدون ناشر
- (٣) الزامل, أحمد السيد(٢٠١٣). التغير من الطاقة الأحفورية إلي الطاقة المتجددة, وجهة نظر جغرافية, المؤتمر الجغرافي الدولي " الجغرافيا والتغيرات العالمية المعاصرة", كلية الآداب والعلوم الإنسانية, جامعة طيبة, الم أسس علم المناخ, دار الحكمة للطباعة والنشر- الموصل.
- (٤) الهيئة العامة للتخطيط العمراني (٢٠١٩). المخطط الإستراتيجي لمحافظة البحر الأحمر.
- (٥) الهيئة المصرية العامة للمساحة (٢٠٢٠). خريطة مصر الطبوغرافية مقياس (١-٢٠٠٠٠٠٠).
- (٦) عبد الموجود, ياسر محمد (٢٠١٩). تقييم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح في محافظة البحر الأحمر, المجلة الجغرافية العربية, الجمعية الجغرافية المصرية, المجلد ٥٠ ج ٢.
- (٧) مجد, زينهم السيد (٢٠١٨). المعوقات الحرارية لإنتاج الخلايا الكهروضوئية في مصر, المجلة الجغرافية العربية, الجمعية الجغرافية المصرية, المجلد ٤٩ ج ٢.
- (٨) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة, التقرير السنوي (٢٠٢١).

ثانياً- المراجع والمصادر الأجنبية:

- 1) Elboshy, Bahaa., Alwetaishi, Mamdooh., Aly, Reda. M.H., &Zalhaf, Amr.S.,(2022). A suitability mapping for the PV solar farms in Egypt based on GIS-AHP to optimize multi-criteria feasibility, Ain Shams Engineering Journal (13).
- 2) <https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php>
- 3) IRENA (2022), Renewable Energy Statistics 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- 4) Royal Academy of Engineering (2010). Wind Power Turbine Calculate.
- 5) Salah, S.I., Eltaweel, M., & Abykoon, G.(2022). Towards a sustainable energy future for Egypt: A systematic review of

renewable energy sources, technologies, challenges, and recommendations, ELSEVIER, Cleaner Engineering and Technology Journal, Volume(8).doi.org/10.1016/j.clet.2022.100497.