

## The Optimized Positions for Installing Wind Turbines Based on the Advanced Programming

Dr. Jihad Badour\*  
Ayham Asaad\*\*

(Received 28 / 6 / 2021. Accepted 23 / 12 / 2021)

### □ ABSTRACT □

Wind energy is one of the most important forms of renewable energies that does not cause environmental pollution. Wind energy is characterized by its high productivity of electric energy compared to other forms of renewable energies. Therefore, the adoption of wind energy in Syria will increase the efficiency of the electric energy system and reduce its great dependence on fossil fuel sources that pollute the environment. In general, wind energy systems require suitable areas for installation, so that these areas must have sufficient specifications necessary for the operation of wind farms with high efficiency. This research aims to apply the integrated geographic information system (GIS) throughout the Syrian Arab Republic, data management and integration, and geographical data sharing, as well as conducting spatial analysis and displaying the results in the form of maps, displaying, managing and documenting spatial data in order to determine the optimal positioning of wind farms on Syrian territory. Moreover, the investment of wind farms along the Syrian coast was discussed, so that the average wind speed throughout the year reaches (1-5 m/s). Furthermore, the parameters related to the theoretical kinetic energy of the wind, and various exclusion factors such as information of wind speed, altitude, slope, main roads, railways, residential areas, industrial areas, tourism and agricultural areas are discussed.

**Keywords:** wind power / geographic information systems / wind turbine

---

\* Professor, Faculty of Electrical and Mechanical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.  
jihadbador@gmail.com

\*\* Postgraduate Student ( Master), Faculty of Electrical and Mechanical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

## المواقع المثلى لتكريب العنفات الريحية في الساحل السوري استنادا على تقنيات برمجية متقدمة

د. جهاد بدور\*

ايهم اسعد\*\*

(تاريخ الإيداع 28 / 6 / 2021. قُبِلَ للنشر في 23 / 12 / 2021)

### □ ملخص □

طاقة الرياح هي أحد أهم أشكال الطاقات المتجددة والتي لا تسبب تلوثا للبيئة، وتتميز طاقة الرياح بإنتاجيتها العالية للطاقة الكهربائية مقارنة بأشكال الطاقات المتجددة الأخرى، وعليه إن اعتماد الطاقة الريحية في سوريا سيزيد من كفاءة منظومة الطاقة الكهربائية ويخفف اعتماديتها الكبيرة على مصادر الوقود الأحفوري الملوثة للبيئة. على العموم تتطلب منظومات طاقة الرياح مناطق ملائمة للتكريب بحيث يجب أن تتوافر في هذه المناطق المواصفات الكافية واللازمة لعمل المزارع الريحية بكفاءة عالية. يهدف هذا البحث إلى تطبيق نظام المعلومات الجغرافية المتكامل (GIS) على امتداد الجمهورية العربية السورية، وإدارة البيانات ودمجها، ومشاركة البيانات الجغرافية، وكذلك إجراء التحليل المكاني وعرض النتائج على شكل خرائط وعرض وإدارة وتوثيق البيانات المكانية من أجل تحديد التموضع الأمثل للمزارع الريحية على الأراضي السورية. أيضا، تم التطرق الى استثمار مزارع الرياح على امتداد الساحل السوري بحيث تصل سرعة الرياح في المتوسط على مدار العام إلى (1-5 m/s). علاوة على ذلك تم مناقشة المعلمات المتعلقة بالطاقة الحركية النظرية للرياح، وعوامل الاستبعاد المختلفة مثل معلومات سرعة الرياح والارتفاع والمنحدر والطرق الرئيسية والسكك الحديدية والمناطق السكنية والمناطق الصناعية والسياحة والمناطق الزراعية.

الكلمات المفتاحية: طاقة الرياح / نظم المعلومات الجغرافية / العنفات الريحية

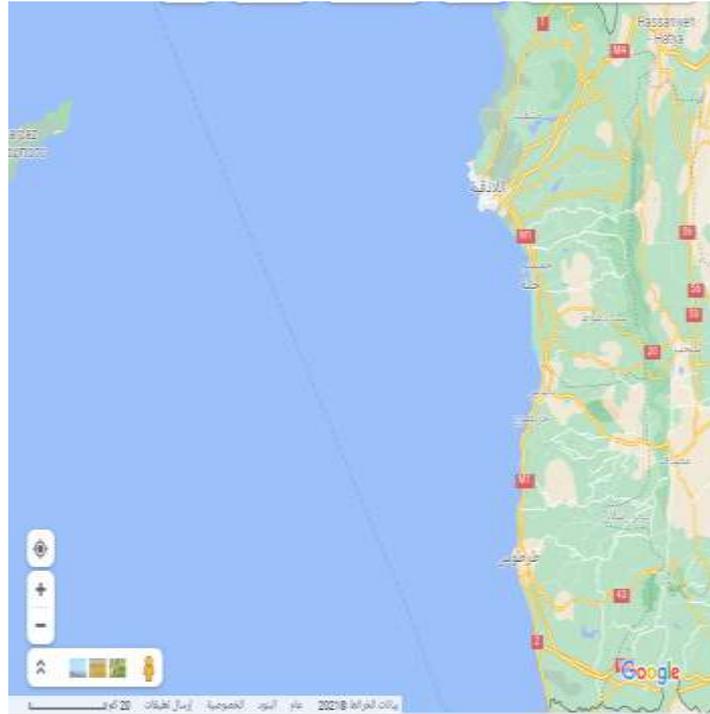
\* استاذ، كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. jihadbador@gmail.com

\*\* طالب دراسات عليا (ماجستير)، كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

**مقدمة:**

إن الاعتماد الكبير على مصادر الوقود الأحفوري بمختلف أنواعها لإنتاج الطاقة الكهربائية هو مشكلة عالمية والأبحاث حالياً تتجه الى الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة الخضراء والتي لا تؤثر على البيئة سلباً كما في مصادر الوقود الأحفوري والتي ينجم عنها انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون الضار للبيئة المحيطة والذي يتعبر مسبباً أساسياً للاحتباس الحراري وتغير المناخ في الكرة الأرضية. يبلغ متوسط انبعاثات CO<sub>2</sub> التي تصدر عن المدن والمناطق في سوريا حوالي 25.8 طن متري [1]، لذلك استخدام طاقة الرياح لإنتاج الطاقة الكهربائية في سوريا يعد أمراً في غاية الأهمية. كانت عمليات البحث عن مواقع مزارع الرياح بطيئة للغاية ومكلفة، حيث اعتمدت تلك العمليات على بيانات من الخرائط القديمة واستطلاعات المواقع المادية مما جعلها أكثر عرضة للخطأ، فاختيار الموقع الإنشائي لمزارع التوربينات الريحية يعتبر مشكلة ذات أهمية مكانية كبيرة والتي تتطلب التعامل مع الكثير من البيانات الجيوفيزيائية وتكون مستندة عادة على قواعد بيانات بيئية، اجتماعية، واقتصادية [2].

إن إجمالي استهلاك الطاقة في سوريا هو في حالة زيادة طردية. ومشروع الطاقة الريحية هو أحد أكثر الطرق الممكنة لمشروع تنمية الطاقة المستدامة. وبما أن تكلفة مشروع عنفات الرياح الكبيرة مرتفعة إلى حد ما، ينبغي أن يكون هناك دراسة وجدى اقتصادية قبل بناء مشروع عنفات الرياح الكبيرة. من حيث تحديد موقع عنفات الرياح الذي يعتبر عملية معقدة لا تشمل فقط المتطلبات التقنية، فإن اختيار الموقع المناسب للمزارع الريحية سينعكس على إنتاج فعال للطاقة الكهربائية وبكفاءة عالية، وهذا يفيد برؤيا التخطيط الاستراتيجي لتلائم المتطلبات المستقبلية [3] على أية حال المتطلبات المادية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية والسياسية قد تؤدي إلى تضارب الأهداف، وتتطلب هذه التعقيدات استخدام عدة مخططات لدعم القرارات في آن واحد مثل البيانات المستشعرة عن بعد ذات الدقة المكانية العالية، نظام المعلومات الجغرافية. فعند استخدام أنظمة المعلومات الجغرافية GIS لتقييم ملائمة مواقع مختلفة لتثبيت التوربينات الريحية فإن العديد من المعايير يجب أخذها بعين الاعتبار كسرعة الرياح والمردود الاقتصادي [4]. تم الكشف عن وجود مناطق ساحلية على طول شواطئ الساحل السوري (رأس البسيط - الصنوبر) تتمتع هذه المناطق بإمكانيات طاقة رياح عالية مناسبة لتركيب العنفات الريحية. يغطي مجال الدراسة في هذه الأبحاث ثلاث مناطق مجاورة للبحر المتوسط كما هو موضح في الشكل (1) وتهدف هذه المقالة إلى وصف اختيار موقع العنفات الريحية الكبيرة باستخدام تقنية نظام المعلومات الجغرافية (GIS)



الشكل (1) صورة لامتداد الساحل السوري [5]

مفاهيم طاقة الرياح: المعادلة الأساسية لطاقة الرياح [6]:

$$P = m \frac{u^2}{2} = \frac{1}{2} \rho * A * u^3$$

$$P = \frac{\pi}{2} \rho * R^2 * u^3$$

حيث أن:

$m$  [kg]: كتلة الهواء

$u$   $\left[\frac{m}{s}\right]$ : سرعة الهواء

$\rho$   $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$ : كثافة الهواء

$A$   $[m^2]$ : مساحة سطح الجزء الدوار.

$R$   $[m]$ : نصف قطر الجزء الدوار

قانون بيتز: هو قانون مشتق من قانون حفظ الطاقة خاص بعنفات الرياح اكتشف عام 1919م من قبل الألماني ألبرت بيتز ينص القانون على أنه [7]:

"لا يمكن لأي عنفة رياح استخراج أكثر من (59,6%) من طاقة الرياح الحركية " والمسماة بمعامل بيتز:

$$P_{mech} = \frac{\pi}{2} \rho * R^2 * u^3 * 59,6\%$$

عملياً تصل أفضل عنفات الرياح الى % (75-80) من معامل بيتز وان العنفات السيئة أقل من 35%

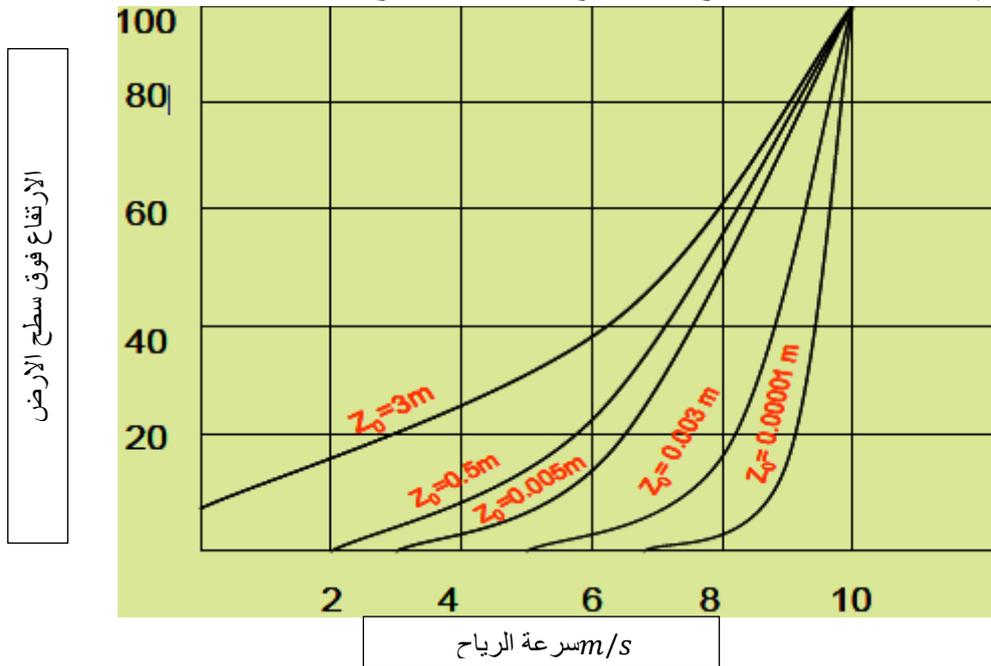
$$P' = \frac{P}{m^2} = \frac{1}{2} * \rho * u^3 \left(\frac{W}{m^2}\right)$$

تم الاستعانة بخريطة كثافة طاقة الرياح  $W/m^2$  في سوريا على ارتفاع 50 متراً من مورد إلكتروني Global Wind Atlas [8]، وذلك لتحديد المناطق ذات كثافة الطاقة العالية للرياح اعتماداً على توصيفها.

الجدول (1) توزيع الاستطاعة على وحدة المساحة [8]

توصيف طبقة الرياح	الوصف	استطاعة المقدمة حتى ارتفاع 50 m
1	منطقة فقيرة	0-200 ( $W/m^2$ )
2	منطقة متوسطة	200-300 ( $W/m^2$ )
3	منطقة مقبولة	300-400 ( $W/m^2$ )
4	منطقة جيدة	400-500 ( $W/m^2$ )
5	منطقة مفضلة	500-600 ( $W/m^2$ )
6	منطقة ممتازة	600-800 ( $W/m^2$ )
7	منطقة مثالية	800-2000 ( $W/m^2$ )
8		Above 2000 ( $W/m^2$ )

خشونة السطح (ارتفاع الخشونة): الارتفاع عن مستوى الارض الذي من أجله تكون سرعة الرياح تساوي الصفر في الموقع الشكل (2) يظهر تأثير خشونة السطح على مقاطع القص بسبب الرياح [9]



الشكل (2) تأثير سطح الخشونة على مقاطع القص بسبب الرياح

نلاحظ من المخطط البياني سرعة الرياح عند ارتفاعات أقل من 100 متر تتناقص مع ازدياد خشونة السطح.

الجدول (2) القيم النموذجية لعدة أنواع من الأراضي الموصفة بقيم مختلفة لخشونة السطح

توصيف الموقع	سطح الخشونة (متر)
أرض ناعمة جدا (جليد أو سطح طيني مستو)	0.00001
بحر هادئ أو ساكن	0.0002
بحر هائج أو عاصف	0.0005
سطح ثلج	0.003
مروج تحتوي أعشاب	0.008
مراعي	0.01
أراضي متاحة	0.03
أراضي محاصيل	0.05
وجود بعض الأشجار	0.1
وجود الكثير من الأشجار وبعض الأبنية	0.25
غابة وأراضي حراجية	0.5
الضواحي	1.5
مراكز المدن مع أبنية طويلة	3

### طرائق البحث ومواده:

تعتمد المنهجية المتبعة لتحديد مواقع انشاء العنفات الريحية على مجموعة من العوامل منها المرافق والخدمات المادية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية. ولا بد أن تحدد هذه العوامل والمعايير ضمن قيود. وفي هذه الدراسة تم اختيار معايير تستند إلى "المبادئ التوجيهية لأفضل الممارسات في مجال تنمية طاقة الرياح والعوامل الاقتصادية والتأثيرات المناخية.

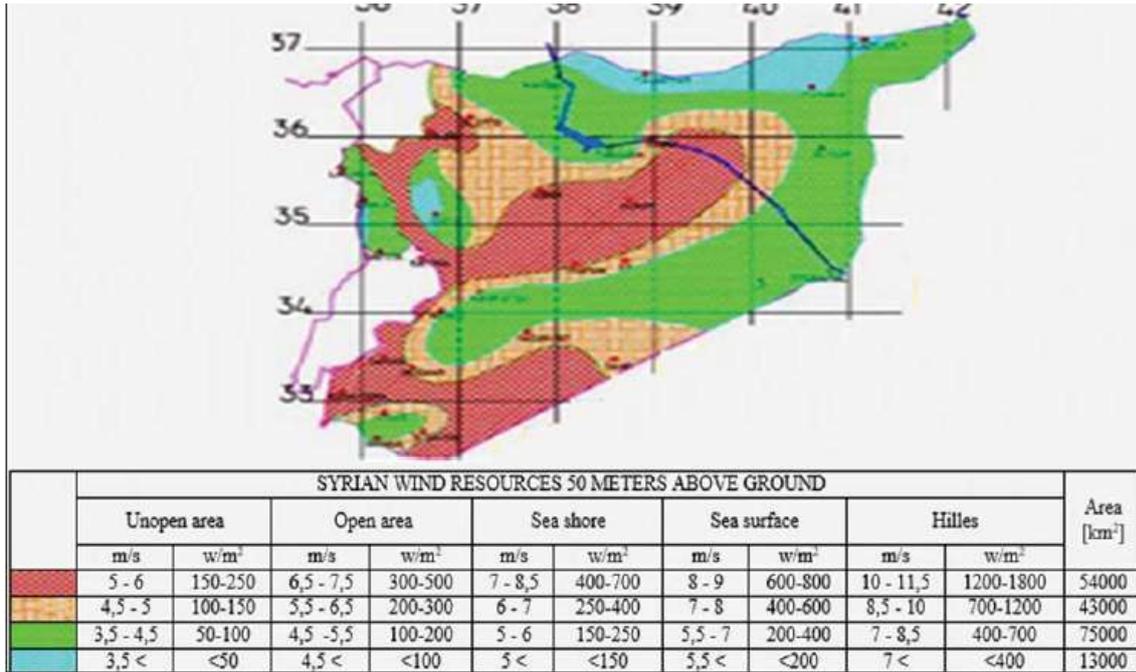
#### 1- بيانات GIS:

لمعرفة المواقع المناسبة للعنفة الريحية الكبير، توجد عشر طبقات بيانات مكانية من المدخلات لمد وحدات امتداد 9.1 ArcGIS بنظام المعلومات الجغرافية (GIS)؛ تحليل الصورة، محلل المساحة، محلل ثلاثي الأبعاد. تظهر بعض تفاصيل بيانات الإدخال في الجدول تفاصيل بيانات إدخال نظام المعلومات الجغرافية (GIS)

الجدول (3) تفاصيل البيانات إدخال نظام المعلومات الجغرافية

بيانات GIS	الوصف	مصدر البيانات
الطبقة الأولى	المناطق المدنية	بيانات صور Landsat-5 النطاق 3، 4، 5
الطبقة الثانية	مناطق المجتمع	بيانات صور Landsat-5 النطاق 3، 4، 5
الطبقة الثالثة	الاماكن الهامة	المسح الجغرافي
الطبقة الرابعة	المناطق ذات المناظر الخلابة	وزارة البيئة وتعزيز الجودة
الطبقة الخامسة	المطار	بيانات صور Landsat-5

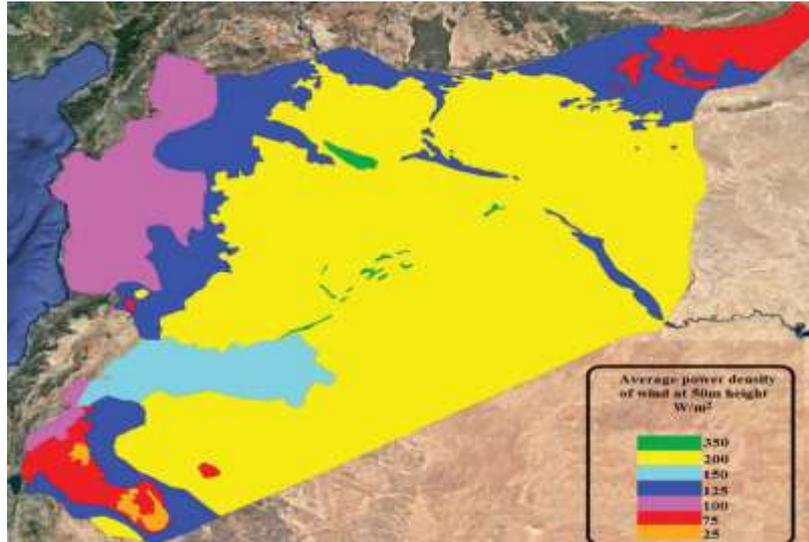
إدارة الطرق السريعة	الطريق السريع	الطبقة السادسة
إدارة الطاقة البديلة والكفاءة (الشكل 2)	طاقة الرياح المحتملة	الطبقة السابعة
إدارة الطاقة البديلة والكفاءة (الشكل 2)	خشونة السطح	الطبقة الثامنة
خريطة طوبوغرافية من المسح الجغرافي للجمهورية العربية السورية	الارتفاع	الطبقة التاسعة
أطلس سوريا	النهر/القناة	الطبقة العاشرة



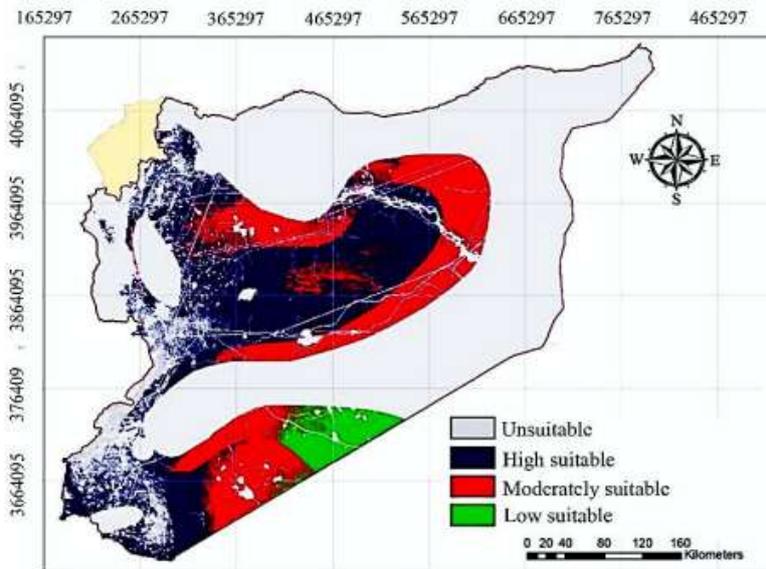
الشكل (3) مخطط طاقة الرياح المحتملة في الجمهورية العربية السورية [10,11]

من خلال قراءة خارطة الرياح في الجمهورية العربية السورية يمكن تقسيم المناطق الملائمة لاستثمار الرياح والتي تمتلك سرعة وسطية للرياح أكبر من 5 (m/s) الى خمس مناطق [12]:

- 1- منطقة الجبال الساحلية: تمتلك هذه المناطق رياحا جيدة ولكن امتداد السلاسل الجبلية ووجود الغابات والمناطق الزراعية (أشجار مثمرة) يعيق انشاء المزارع الريحية.
- 2- المنطقة الوسطى: تمتاز هذه المنطقة باتساع المساحات الملائمة لإنشاء المزارع الريحية.
- 3- المنطقة المحيطة بالطريق الدولي (حمص-دمشق): تكون سرعة الرياح فيها منخفضة ولكن تمتاز بقربها من الطريق الدولي ورخص أسعار الأراضي واتساعها.
- 4- المنطقة الجنوبية الغربية: تمتاز بسرعة رياح عالية.
- 5- المنطقة الجنوبية الشرقية: تمتلك هذه المنطقة رياح جيدة إلا أنه بعدها عن شبكات الطرق العامة يضعف من أهميتها.



الشكل (4) متوسط كثافة الاستطاعة من الرياح عند ارتفاع 50 متر.



الشكل (5) خريطة المناطق المناسبة لتموضع محطات الطاقة الريحية في الجمهورية العربية السورية [13]

## 2- مناطق الاستبعاد:

تؤثر عوامل الطبوغرافيا على تخطيط استخدام الأرض، وتشمل العوامل المهمة المرتبطة بالطبوغرافيا الأبعاد والارتفاع والمنحدرات الحادة. سياسات الخطة الرئيسية اعتبرت أن المواقع على المنحدرات أو بالقرب منها غير مناسبة لتطوير عفات الرياح، كما يتعين علينا أن نتجنب ارتفاع منطقة السياحية لأن تكاليف الاستثمار مرتفعة، ان منطقة الاستبعاد منطقة غير مناسبة مقيدة لتركيب عفات الرياح. وهو مستبعد لحماية التأثيرات على البيئة والمجتمعات والرؤية وحفظ البيئة والحدود الهندسية. في المرحلة الأخيرة من تحليل البيانات، سيتم استبعاد المناطق غير الملائمة. وهذه المناطق هي كما يلي:

- 1- مناطق المسطحات المائية ومجمعات المياه.
  - 2- ارتفاع المناطق أعلى من 200 m فوق MSL.
  - 3- مناطق المنحدرات (أكثر انحدارًا من 15% ميل).
  - 4- المناطق العازلة على بعد 2.5 km من المناطق الحضرية.
  - 5- مناطق عازلة على بعد 1 km من المجتمعات الريفية.
  - 6- مناطق عازلة على بعد 2 km من الأماكن الهامة.
  - 7- مناطق أمان على بعد 1 km حول الأماكن السياحية.
  - 8- مناطق السلامة على بعد 3 km من المطارات.
  - 9- رحلات السلامة على بعد 0.5 km من الطرق السريعة.
  - 10- مناطق السلامة الطبيعية على بعد 200 m من أجسام المياه والأنهار الرئيسية.
- 3- الوزن:

يتم اشتقاق درجات وزن كل معيار من عملية التحليل الهرمي (AHP)، وذلك من خلال مقارنة أهمية معيار ما بشكل مباشر بمعيار آخر. تكون قواعد تحديد النتيجة هي؛ النتيجة تساوي "1" عندما تكون المعايير في الأعمدة أقل أهمية من تلك الموجودة على التوالي، الدرجة التي تكون "2" عندما تكون المعايير في الأعمدة ذات أهمية مماثلة لتلك الموجودة على التوالي، ودرجة النقاط التي تصل إلى "3" عندما تكون المعايير في الأعمدة أكثر أهمية من المعايير الموجودة على التوالي. عندما تكون المعايير في الأعمدة مماثلة لتلك الموجودة على التوالي، تكون النتيجة مساوية لـ "0". يتم عرض ملخص درجات الوزن لكل معيار في الجدول (4)

الجدول (4) قياس الوزن لكل منطقة

Decision Parameters (Criterion)	1. Urban	2. Village, Community	3. Important Places	4. Scenic Area	5. Airport Area	6. Highway	7. Wind Class	8. Surface Roughness	9. Elevation	10. River/Water Body	Total Score	Weigh Score
1. Urban	0	3	1	1	3	3	1	3	1	3	19	0.106
2. Village, Community	1	0	1	1	3	3	1	3	1	3	17	0.094
3. Important Places	3	3	0	2	3	3	1	3	1	3	22	0.122
4. Scenic Area	3	3	2	0	3	3	1	3	1	3	22	0.122
5. Airport Area	1	1	1	1	0	3	1	3	1	3	15	0.083
6. Highway	1	1	1	1	1	0	1	1	1	3	11	0.061
7. Wind Class	3	3	3	3	3	3	0	3	2	3	26	0.144
8. Surface Roughness	1	1	1	1	1	3	1	0	1	3	13	0.072
9. Elevation	3	3	3	3	3	3	2	3	0	3	26	0.144
10. River/Water Body	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	0.050
Total											180	1.000

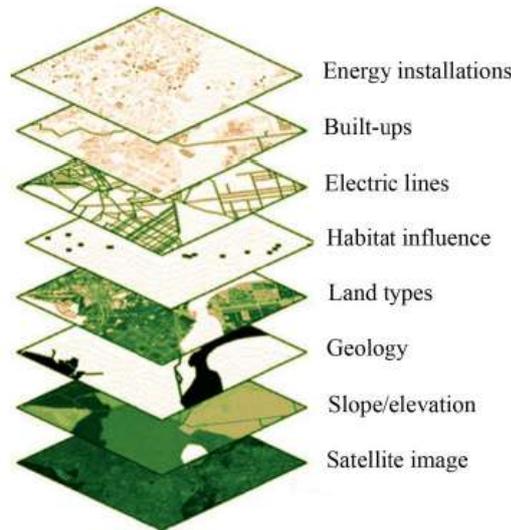
**4- مهمة الملاعة:**

في هذه الدراسة، نقوم بإجراء تحليل مكاني لنظام المعلومات الجغرافية (GIS) وتحليل ثلاثي الأبعاد باستخدام **ArcView 3.3** الذي يمثل كمجموعات من العمليات المكانية، مثل تقنيات التخزين المؤقت والتصنيف والتراكب. يتم تعيين تأثير وزن لكل معيار من معايير الإدخال استناداً إلى أهميته، ثم يتم تعيين النتيجة، على التوالي، بضرب النتائج في كل من القيود. وغالباً ما تُستخدم هذه العملية في دراسات ملاعة الموقع. ثم يمكن استخدام عملية تراكب نظام المعلومات الجغرافية (GIS) للجمع بين العوامل والقيود في شكل عملية تراكب للوزن. يتم جمع النتيجة لإنتاج مهمة الملاعة (F) كما هو موضح في الصيغة:

$$F = \sum_{i=0}^{i=N} (W_i * M_i) = 0.106M_1 + 0.94M_2 + \dots + 0.05M_{10}$$

**حيث:****Wi:** الوزن ويأخذ من الجدول (4)**Mi:** مقدار الأهمية من السطر الأفقي لكل منطقة في الجدول (4)

المناطق الأساسية في الجمهورية العربية السورية والتي من المحتمل أن تكون مناسبة لتثبيت المزارع الريحية موضحة كما يلي في المخطط (6) باستخدام **ESTI ArcGIS** بحيث يتم عرض طبقات GIS أيضا [14]



الشكل (6) طبقات GIS لمواقع المزارع الريحية [14]

**5- النتيجة:**

تعتمد النتيجة لكل طبقة بيانات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) على أهميتها وملاءمتها. نقاط مناطق التخزين المؤقت/الإزاحة المبينة في الجداول من (5) إلى (14).

الجدول (5) تصنيف النتائج لطبقة GIS الأولى - المنطقة الحضرية

الفئة	الإزاحة (km)	النتيجة	صف / طبقة
1	0.0-2.5	0	منطقة استبعاد
2	2.5-3.5	1	أقل ملائمة
3	3.5-4.5	2	ملائمة
4	4.5-5.5	3	ملائمة معتدلة
5	5.5-6.5	4	ملائمة عالية
6	> 6.5	5	ملائم للغاية

الجدول (6) تصنيف النتائج لطبقة GIS الثانية - المجتمعات

الفئة	الإزاحة (km)	النتيجة	صف / طبقة
1	0.0-1.0	0	منطقة استبعاد
2	1.0-2.0	1	أقل ملائمة
3	2.0-3.0	2	ملائمة
4	3.0-4.0	3	ملائمة معتدلة
5	4.0-5.0	4	ملائمة عالية
6	> 5.0	5	ملائم للغاية

الجدول (7) الدرجات والفئات للطبقة GIS الثالثة - أماكن مهمة

الفئة	الإزاحة (km)	النتيجة	صف / طبقة
1	0.0-2.0	0	منطقة استبعاد
2	2.0-2.5	1	أقل ملائمة
3	2.5-3.0	2	ملائمة
4	3.0-3.5	3	ملائمة معتدلة
5	3.5-4.0	4	ملائمة عالية
6	> 4.0	5	ملائم للغاية

الجدول (8) تصنيف الدرجات لطبقة GIS الرابعة - مناطق المناظر الخلابة (المناطق السياحية)

الفئة	الإزاحة (km)	النتيجة	صف / طبقة
1	0.0-1.0	0	منطقة استبعاد
2	1.0-2.0	1	أقل ملائمة
3	2.0-3.0	2	ملائمة
4	3.0-4.0	3	ملائمة معتدلة
5	4.0-5.0	4	ملائمة عالية
6	> 5.0	5	ملائم للغاية

الجدول (9) تصنيف الدرجات لطبقة GIS الخامسة - مناطق المطارات

الفئة	الإزاحة (km)	النتيجة	صف / طبقة
1	0.0-3.0	0	منطقة استبعاد
2	3.0-6.0	1	أقل ملائمة
3	6.0-9.0	2	ملائمة
4	9.0-12.0	3	ملائمة معتدلة
5	12.0-15.0	4	ملائمة عالية
6	> 15.0	5	ملائم للغاية

الجدول (10) تصنيف الدرجات لطبقة GIS السادسة - الطرق السريعة

الفئة	الإزاحة (km)	النتيجة	صف / طبقة
1	0.0-0.5	0	منطقة استبعاد
2	0.5-1.0	1	أقل ملائمة
3	1.0-1.5	2	ملائمة
4	1.5-2.0	3	ملائمة معتدلة
5	2.0-2.5	4	ملائمة عالية
6	> 2.5	5	ملائم للغاية

الجدول (11) تصنيف الدرجات لطبقة GIS السابعة - فئات الرياح

الفئة	القوة ( $W/m^2$ )	النتيجة	صف / طبقة
1	< 100	1	أقل ملائمة
2	100-150	2	ملائمة
3	150-200	3	ملائمة معتدلة
4	200-250	4	ملائمة عالية
5	> 250	5	ملائم للغاية

الجدول (12) تصنيف الدرجات لطبقة GIS الثامنة - الخشونة

الفئة	الخشونة (mm)	النتيجة	صف / طبقة
1	400	1	أقل ملائمة
2	100	2	ملائمة
3	50	3	ملائمة معتدلة
4	10	4	ملائمة عالية
5	0.1	5	ملائم للغاية

الجدول (13) تصنيف الدرجات لطبقة GIS التاسعة - الارتفاع

الفئة	الارتفاع (m)	النتيجة	صف / طبقة
1	0-40	5	ملائم للغاية
2	40-80	4	ملاءمة عالية
3	80-120	3	ملاءمة معتدلة
4	120-150	2	ملاءمة
5	150-200	1	أقل ملاءمة
6	>200	0	منطقة استبعاد

الجدول (14) تصنيف الدرجات لطبقة GIS العاشرة - النهر/القناة

الفئة	العازل (km)	النتيجة	صف / طبقة
1	0.0-0.2	0	منطقة استبعاد
2	0.2-0.4	1	أقل ملاءمة
3	0.4-0.6	2	ملاءمة
4	0.6-0.8	3	ملاءمة معتدلة
5	0.8-1.0	4	ملاءمة عالية
6	> 1.0	5	ملائم للغاية

يمكن أن تتراوح النتائج التي توصلت إليها الدراسة، إجمالي الدرجات من حيث "مهمة الملاءمة"، إلى 5 درجات كما هو محدد في الجدول (4). ويرد في الجدول (5) ملخص لمناطق الملاءمة وهي البسيط و صنوبر. يتم عرض مناطق الملاءمة ضمن الأشكال من (6) إلى (17).

الجدول (15) نطاقات وفئات مهمة الملاءمة

الفئة	نطاق من مهمة الملائمة	صف / طبقة
1	0.00-1.00	غير ملاءمة
2	1.01-2.00	أقل ملاءمة
3	2.01-3.00	ملاءمة معتدلة
4	3.01-4.00	ملاءمة عالية
5	4.01-5.00	ملائم للغاية

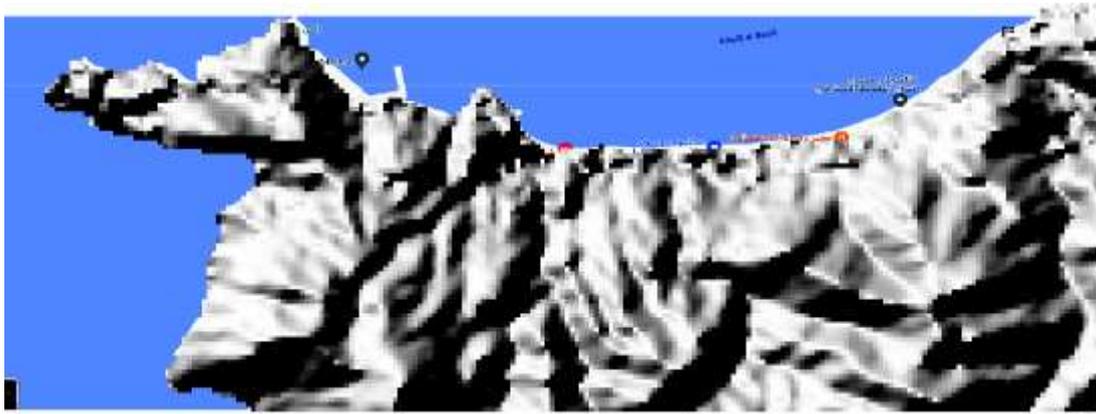
الجدول (16) ملخص مناطق الملاءمة (مساحة المناطق مقدره بالهكتار)

المنطقة	الفئة 1	الفئة 2	الفئة 3	الفئة 4	الفئة 5	المجموع
البسيط	-	1,424.9	9,286.7	8,428.8	4,428.8	178,765
صنوبر	-	2,132.1	4,413.8	3,947.9	1,373.7	85,759
المجموع	-	7,675	284,806	2,611.7	1,44	491,388

تبين الأشكال من (6) الى (17) صور فضائية للمناطق المراد دراستها وهي (البسيط - الصنوبر) بحيث تم تحديد توزع مناطق الرياح والمناطق الملائمة للمزارع الريحية.



الشكل (6) صورة لمنطقة رأس البسيط



الشكل (7) صورة للمرتفعات الجبلية لمنطقة رأس البسيط



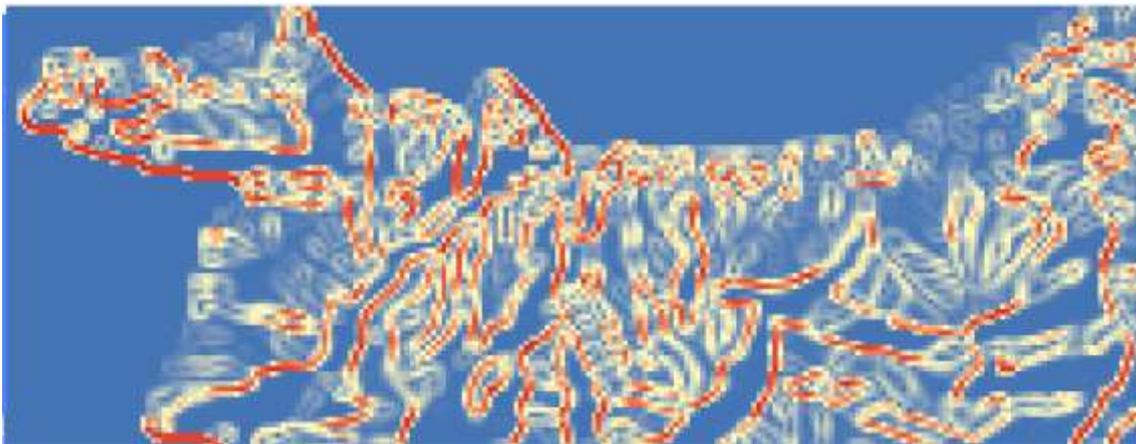
الشكل (8) صورة لتوزع طبقة الرياح لمنطقة رأس البسيط



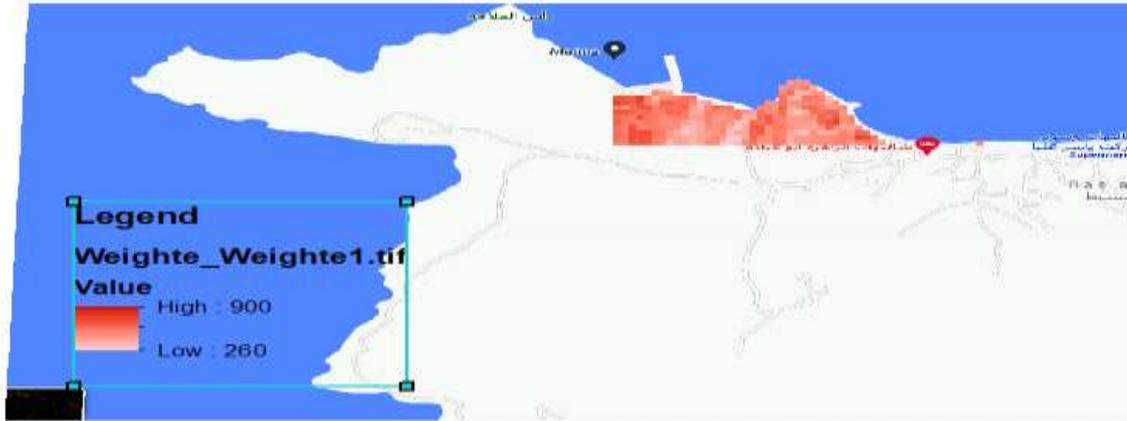
الشكل (9) توزع شبكة الطرق الرئيسية لمنطقة رأس البسيط



الشكل (10) توزع المناطق السياحية لمنطقة رأس البسيط



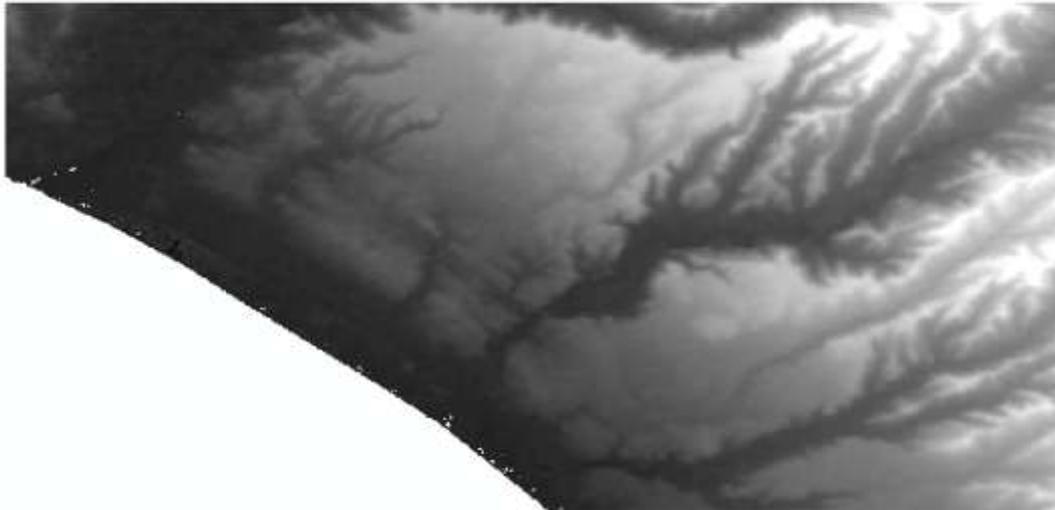
الشكل (11) الانحدار في الطبقات لمنطقة رأس البسيط



الشكل (12) المناطق الملائمة في منطقة رأس البسيط



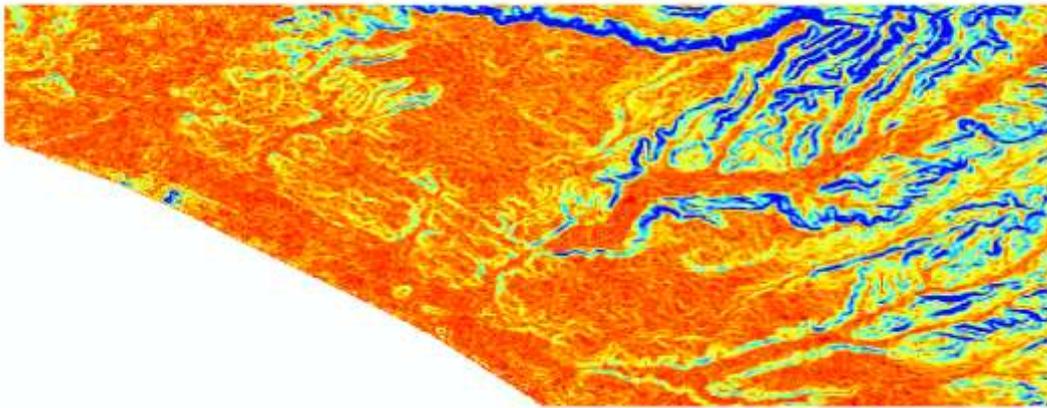
الشكل (13) توزيع الطرق الرئيسية لمنطقة صنوبر



الشكل (14) الارتفاعات الجبلية لمنطقة صنوبر



الشكل (15) توزيع طبقات الرياح في منطقة صنوبر



الشكل (16) يبين الشكل مخطط الانحدار لمنطقة صنوبر



الشكل (17) المناطق الملائمة في منطقة صنوبر

من الشكل (12) نلاحظ أن المنطقة الأكثر ملائمة هي الأقرب إلى الخط الساحلي نظرا للقرب من البحر بالإضافة إلى الانحدار الأقل بالإضافة إلى البعد عن التضاريس الجبلية والتي تعتبر مناطق استبعاد من الشكل (17) نلاحظ أن المنطقة الأكثر ملائمة هي المنطقة (1) الأبعد عن الخط الساحلي نظرا للانحدار الأقل والتضاريس المنخفضة ولكن توزع مناطق الغابات يعوق المناطق الأخرى، وبالتالي تعتبر المنطقة (1) الأكثر ملائمة بالمطابقة بين (12) و(17). نلاحظ منطقة صنوبر هي الأنسب لإقامة مزارع العنقبات الريحية نظرا لكون منطقة البسيط أقرب للمناطق السياحية بينما صنوبر أبعد عن الخط الساحلي [15].

### الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- إن تحليل البيانات المتعلقة بالمناطق المناسبة لتكوين عناق الرياح في هذه الدراسة كان له أوزان أعلى من البيانات المتعلقة بفعالية طاقة الرياح والارتفاع مقارنة بالعوامل الأخرى. وهذا يوضح أنه تم العثور على المناطق المناسبة للغاية المصنفة من الفئة 5 والمرتفعة المناسبة من الفئة 4 في المناطق الجبلية، وهذا يتفق مع خريطة طاقة الرياح في الساحل السوري.
- 2- بالنسبة للإمكانيات الهندسية والإنشائية في منطقة الدراسة هذه، فإن المرتفعات التي تتجاوز 200m فوق سطح البحر المتوسط وأكثر انحدارًا من 15%، تعتبر هذه المناطق "مناطق استبعاد".
- 3- إن السهول والمناطق الساحلية هي موقع المجتمعات الحضرية والريفية، والأماكن السياحية الرئيسية، والطرق الرئيسية. تعتبر هذه المناطق "مناطق استبعاد" عند مستوى 0 إلى 2.5 km وينتج عن ذلك ندرة المناطق الملائمة. لذلك، إذا استخدمت هذه النتائج، ينبغي تعديل تقاطع السهول والمناطق الساحلية عند المستوى الأدنى.

### References:

- [1] <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>.
- [2] Dragan Pamucar, Ljubomir Gigovi'c, Zoran Baji'c, and Miljojko Janoševi'. "Location Selection for Wind Farms Using GIS Multi-Criteria Hybrid Model: An Approach Based on Fuzzy and Rough Numbers". MDPI, Sustainability 2017, 9, 1315; doi:10.3390/su9081315.
- [3] Paul A. Adedeji, Stephen A. Akinlabi, Nkosinathi Madushele, and Obafemi O. Olatunji. "Hybrid neuro-fuzzy wind power forecast and wind turbine location for embedded generation". Wiley, DOI: 10.1002/er.5620. 2020.
- [4] Erez Peri, and Alon Tal. "A sustainable way forward for wind power: Assessing turbines' environmental impacts using a holistic GIS analysis". Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115829>. 2020
- [5] Retrieved December 04, 2021, from <https://www.google.com/maps/@35.2995695,36.2721637,9z>
- [6] Kh. S. Heni, A. B. Khamees, O. H. Raja. "Wind Power Density Estimation In The Middle of Iraq "Karbala Site"". International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM). Volume 4, Issue 4, April 2015
- [7] Weihang Yan, Xiao Wang, Wei Gao, and Vahan Gevorgian. "Electro-mechanical Modeling of Wind Turbine and Energy Storage Systems with Enhanced Inertial Response". JOURNAL OF MODERN POWER SYSTEMS AND CLEAN ENERGY, VOL. 8, NO. 5, DOI: 10.35833/MPCE.2020.000272. September 2020.
- [8] Retrieved December 05, 2021, from <https://globalwindatlas.info/>

- [9] Ongaki N. Laban, Christopher M. Maghanga, and Kerongo Joash. "Determination of the Surface Roughness Parameter and Wind Shear Exponent of Kisii Region from the On-Site Measurement of Wind Profiles". Hindawi Journal of Energy Volume 2019, Article ID 8264061, 12 pages. 2019
- [10] Ramadan, A. "Study and calculation of wind power plant parameters for Syria conditions" Master thesis, Saint Petersburg, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, 110p. 2016
- [11] Hamzeh, A. "Overview of THE Syrian Energy Profile", Energy Efficiency and Renewable Energy Technology, Beirut, Lebanon, 17p. 2004
- [12] <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/42032/guidelines-wind-resource-assessment.pdf>
- [13] M Habib, and A Matouk. "Integrating AHP and GIS as a decision-making tool for the optimal allocation of wind farm: A case study of Syria". Materials Science and Engineering 800 (2020) 012019. 2019
- [14] Muhammad Shaheen, and Muhammad Zeb Khan. "A method of data mining for selection of site for wind turbines". Renewable and Sustainable Energy Review, Elsevier. 2015.
- [15] Mehdi Jahangiri, Reza Ghaderi, Ahmad Haghani, and Omid Nematollahi. "Finding the best locations for establishment of solar-wind power stations in Middle-East using GIS: A review", Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews 66 38–52. 2016