استخدام التحليل المكاني بنظم المعلومات الجغرافية لإدارة الطاقة المتجددة بليبيا بتحديد افضل المواقع (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح)

أ. م. محمد فرج بلعيد المقرحي

المعهد العالي لمهن البناء و التشييد، بنغازي، ليبيا، بريد إلكتروني:mohamedbaleid79@gmail.com

الملخص

إن تحقيق الاستدامة لتنمية مصادر الطاقة المتجددة يتطلب استخدام تقنيات متطورة كنظم المعلومات الجغرافية، ونظم دعم القرار المبنية عليها. وبهذا البحث تم عرض تطبيقات التحليل المكاني بنظم المعلومات الجغرافية لتحديد المواقع الأنسب لإنشاء محطة توليد الكهرباء بليبيا باستخدام (طاقة الرياح، طاقة الشمسية) بعدة معايير يتم الاستعلام عنها. وذلك باستخدام الصور الفضائية و البيانات اليومية من سرعة الرياح و الاشعاع الشمسي للفترة من 1983 حتى 2012، لعدد 28 محطة رصد مناخية. حيث نجد ان المناطق الواقعة بالسهل الشرقي الشمالي وعلي الشريط الساحلي الغربي الشمالي هي الانسب لإنشاء محطة انتاج طاقة كهربائية من طاقة الرياح حيث يقع ضمن نطاقها مدن حيوية كبيرة وتمر بخطوط نقل الجهد وايضا بها شبكة طرق رئيسية حيث سرعة الرياح بهذه المناطق من 4.5 حتي 7.3 م/ث. و المناطق المرتفعة بالساحل الشرقي والمنخفضات بالمناطق الشرقية الجنوبية و الصحراء و السهول الوسطى بها اشعاع شمسي اعلي من 5.7 حتى7.7ك.و.س/ م^2 / يوم وهي الاكثر ملائمة من حيث اعلي قيم للإشعاع الشمسي و الانحدار اقل من 0.32 و مناطق منبسطة و شاسعة و قريبه من المدن وتمر بها خطوط الطرق و ونقل الجهد. وبنهاية الدراسة يتم التوصية بضرورة استخدام نظم المعلومات الجغرافية لدعم عملية صنع القرار وتحقيق أغراض التنمية المستدامة في قطاع الكهرباء والطاقة المتجددة، و وضع الخطط والبرامج التي تهدف إلي استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحديثة في تطوير وتنمية مشروعات الطاقة الكهربائية، وذلك بالتوسع في بناء محطات توليد الكهرباء باستخدام المصادر المتجددة والتي يمكن أن تلبي الاحتياجات المتزايدة من الكهرباء في الداخل وتصدير الفائض إلي الخارج.

كلمات مفتاحية: الطاقة المتجددة، ادارة مصادر الطاقة المتجددة، نظم المعلومات الجغرافية، التحليل المكاني، الاستعلام المكاني.

1- المقدمة

تزايد الاهتمام العالمي حاليا إلى تنويع وتجديد مصادر الطاقة وخاصة المصادر (الشمس، الرياح، المصادر المائية)، وذلك لتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية المهددة بالزوال والمضرة للبيئة. حيث

تمتاز تكنولوجيات الطاقة الشمسية المباشرة بأنها متنوعة في الطرق التي يستخدم بها البشر الطاقة، كما استخدمت طاقة الرياح في طائفة واسعة من التطبيقات كتوليد الكهرباء من توربينات رياح كبيرة، يجري نشرها إما على اليابسة أو في البحر أو في مجاري المياه. وتم نشر تطبيقات الطاقة المتجددة بوتيرة سريعة في بلدان كثيرة، ولا توجد حواجز فنية تحول دون زيادة مستويات تغلغلها في نظم الإمداد بالكهرباء. وعلي الرغم من غني ليبيا بمصادر الطاقة المتجددة (شمس، رياح، كتلة حيوية، المد والجزر) إلا أن تطبيقاتها لا تزال محدودة، ويرجع ذلك إلي توافر النفط والغاز بكميات كبيرة وبأسعار مدعومة. ومع ذلك زاد الاهتمام محليا بالبحث عن مصادر طاقة بديلة، لتعويض النقص في كمية الطاقة الكهربائية الموجودة، وكان من أهم هذه البدائل هي الطاقة التي تولد من الاشعاع الشمسي و الرياح، حيث تم إنشاء العديد من المشاريع برعاية وزارة الكهرباء و الطاقة المتجددة. انشأت محطات للطاقة الشمسية في كل من المدن (هون و سبها و جنوب الجبل الاخضر) بمجموع قدرة 104 ميجا وات و محطات لطاقة الرياح بمدينة (درنة و المقرون) بمجموع قدرة 260 ميجا وات [1] .

و بالنظر في الخدمات التي توفرها تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (نظم المعلومات الجغرافية GIS، الاستشعار عن بعد RS، النظم العالمية لتحديد المواقع GPS ونظم دعم القرار المرتبطة بالبيانات المكانية)، نجد ان هناك إمكانية للاستفادة منها في تنمية تطبيقات الطاقة المتجددة بليبيا على أسس صحيحة وأدوات دعم القرار لإمداد متخذي القرارات بالمعلومات الفورية والدقيقة. حيث تناولت العديد من الدراسات تطبيق التحليل المكاني و أسلوب المعايير و الاستعلام عنها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في مجالات ادارة الطاقة المتجددة ومنها :

دراسة قدمت من قبل(داود، واخرون، 2018) لتحديد أفضل المواقع لتجميع الطاقة الشمسية في منطقة مكة المكرم بدولة المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير. حيث استخدموا ببحثهم تلك المعايير بناءً على عدة بيانات للمنطقة، و توصلوا إلى أن كافة مناطق مكة المكرمة مناسبة لإنشاء مشاريع الطاقة الشمسية بمتوسط نسب ملائمة % 80 [2]. ايضا اعدت دراسة من قبل(عويضة،2017) للتحليل المكاني للإشعاع الشمسي وإمكانات توليد الطاقة في محافظة الوادي الجديد بدولة بمصر. و من النتائج التي تحصل عليها استنتج ان الجزء الشمالي الغربي للوادي من أنسب الأماكن لتوطين استخدامات الطاقة الشمسية؛ حيث قوة الإشعاع الشمسي واستواء السطح والقرب من شبكة الطرق والشبكة العامة للكهرباء ورخص أسعار الأراضي وتوافرها [3]. والدراسة التي قدمتها الباحثة(جاد الرب، ياسمين،2013) لتحديد أفضل المواقع لاستغلال الطاقة المتجددة باستخدام أسلوب المعايير المتعددة بدولة مصر، واستنتجت بأن ملائمة النصف الجنوبي من شبه جزيرة سيناء، وشمال ووسط الصحراء الغربية، ومناطق متفرقة بالصحراء الشرقية بشكلٍ ممتازٍ اقتصاديا لطاقة الرياح، ومنطقة الواحات الخارجة، وجنوب واحة سيوة، ووسط سيناء [4]. وقدما ايضا (عبد الخالق، وآل سرور،2018) دراسة تعرض التوزيع الأمثل لمواقع استغلال الطاقة الشمسية بمحافظة النعيرية بالمملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات

الجغرافية. من خلال النتائج التي تحصلوا عليها أن غالبية المناطق الملائمة للاستغلال كمحطة طاقة شمسية بالمحافظة بمساحة 11230 كم^2 أي بنسبة 75% من المساحة الكلية للمحافظة [5].

بهذه الدراسة تم عرض امكانية استخدام التقنيات المكانية بنظم المعلومات الجغرافية GIS لتحديد أفضل موقع لإنشاء محطة طاقة شمسية او توربينات رياح وفق عدة معايير يتم الاستعلام عنها كميل السطح للأرض الطبيعية، والإشعاع الشمسي و سرعة الرياح، والشبكة الكهربائية و البعد عن العمران و المناطق الاثرية و السياحية. وذلك باستخدام الصور الفضائية و البيانات اليومية من سرعة الرياح و الاشعاع الشمسي للفترة من 1983 حتى 2012، لعدد 28 محطة رصد مناخية.

2- نظرية عمل الدراسة و البيانات المستخدمة:

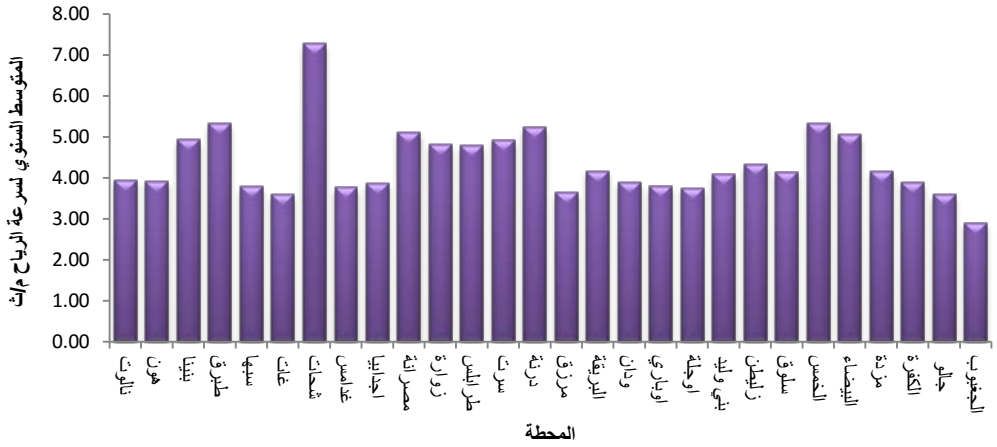
- **موقع الدراسة:**

تقع ليبيا في القسم الأوسط من الساحل الشمالي للقارة الإفريقية و تشغل مساحة تبلغ نحو 1775500 كم^2. فهي تقع بين دائرتي عرض($'58\ ^0 32$ و$'45\ ^0 18$) وخطي طول ($'8\ ^0 9$ و $'59\ ^0 24$) بشريط ساحل يزيد عن 1900 كم. ومن الممكن تحديد أربعة أقسام رئيسية للوحدات التضاريسية لليبيا منها نطاق السهول الساحلية والسهول الضيقة ونطاق الجبال الشمالية الممتدة غرباً حتى الحدود المصرية شرقاً. بالإضافة الي مناطق الانتقال بين الجبال والصحراء. واخيرا الصحراء وتضم الجبال والمنخفضات الشمالية والمنخفضات الجنوبية. ويبلغ عدد السكان بناءً على إحصائيات (2017م–2018م) حوالي 6,754,507 نسمة، و تتميز ليبيا بالمناخ الحار خلال فصل الصيف خاصةً في المناطق الصحراوية بالإضافة إلى العواصف الرملية، والرياح وصولاً إلى البحر الأبيض المتوسط اما بالنسبة للرطوبة فهي مرتفعة طول العام علي المناطق الساحلية بسبب هبوب الرياح الرطبة من جهة البحر و منخفضة جدا بالمناطق الصحراوية[6]. و الشكل (1) يوضح موقع ليبيا و حدودها .

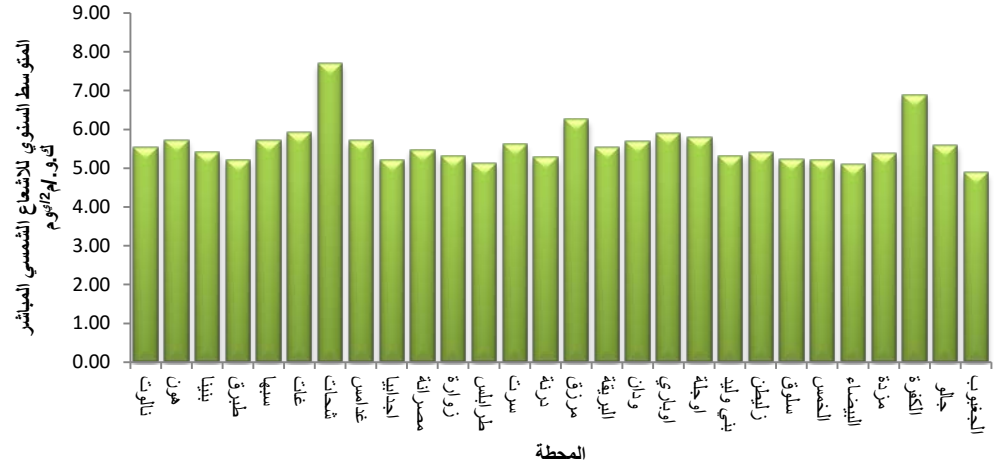
شكل(1):موقع و حدود دولة ليبيا.

- **البيانات المستخدمة بالدراسة :**

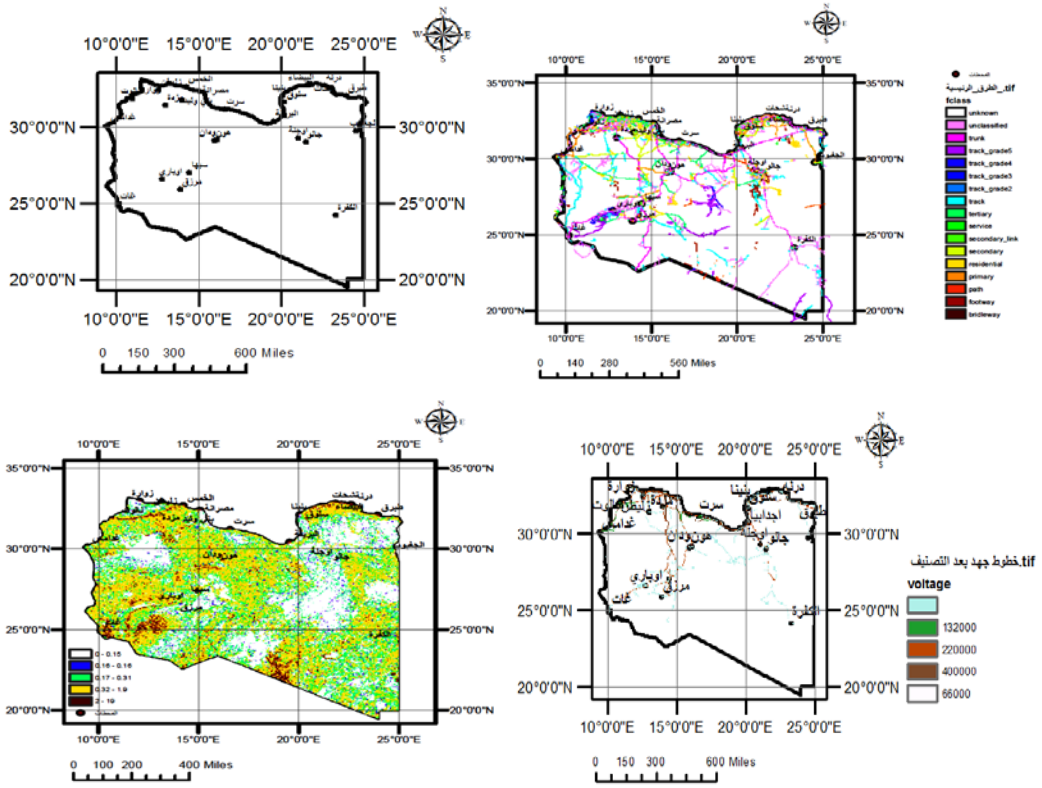
البيانات التي تم الاعتماد عليها بالدراسة هي المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر و سرعة الرياح التي تم الحصول عليها من هيئة الارصاد الجوية بليبيا من الفترة 1981م الي 2012م لعدد 28 محطة رصد مناخية. اما بخصوص الخرائط و المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية STRM هي لعام 2018 تم الحصول عليها من الموقع الإلكتروني لهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية بدقة 10 ×10م. و شبكة الطرق والمناطق العمرانية تم الحصول عليها من الموقع الإلكتروني لشبكة الطرق المفتوحة. حيث تم عرض التوزيع الاحصائي للبيانات حسب كل محطة و الخرائط و المرئيات بالشكل 2 حتي 4.



شكل (2): مخطط لبيانات المتوسط السنوي لسرعة الرياح لدولة ليبيا من الفترة 1983 الي 2012.



شكل (3): مخطط لبيانات المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر لدولة ليبيا من الفترة 1983 الي 2012.



الشكل (4) : الخرائط المستخدمة بالدراسة توضح موقع محطات الرصد، الطرق، خطوط نقل جهد الكهرباء و الميول و الانحدار للأرض الطبيعية .

- **مفهوم نظم المعلومات الجغرافية و الإمكانيات المتوافرة به:**

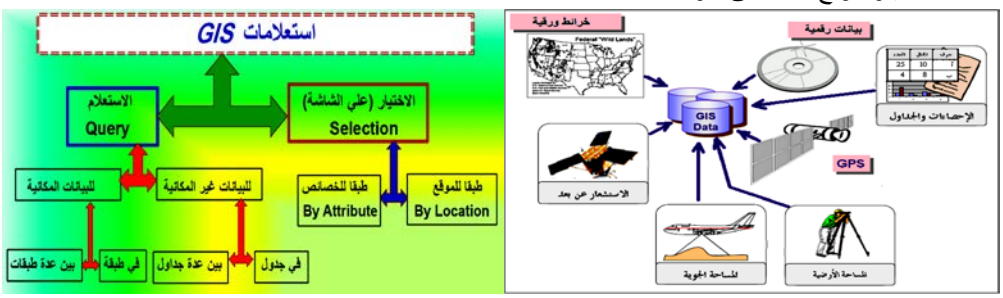
نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS)، هو علم لجمع وتخزين ومعالجة وتحليل وعرض وإخراج المعلومات الجغرافية والوصفية و يتضمن البيانات التالية:

1. **البيانات المكانية:** خرائط وصور جوية بواسطة أدوات المساحة الأرضية والتصوير الجوي او الاستشعار عن بعد والنظام العالمي لتحديد المواقع GPS. تخزن وتحلل وتعالج هذه البيانات من خلال برامج نظام المعلومات الجغرافية ، مثل برنامج ArcView.
2. **البيانات الوصفية:** جداول البيانات وأسماء الخرائط وأسماء المناطق الموجودة في الخرائط تخزن وتحلل وتعرض هذه البيانات من خلال نظم إدارة قواعد البيانات .

و تتضمن برامج نظم المعلومات الجغرافية الإمكانيات التي تم توضيحها وعرضها بالشكل رقم (5)،[7]:

1. استرجاع المعلومات من نظام إدارة قواعد البيانات المستخدم لتخزين هذه البيانات.
2. إمكانية تحليل العلاقات بين الأماكن علي الخرائط، مثل علاقات التجاور (قرب منطقة من مناطق معينة، البيئة المحيطة بمنطقة ما، تأثير ظواهر طبيعية على المناطق).
3. إمكانية تحليل ومعالجة بيانات الشبكات، مثل شبكة الطرق لتحديد أفضل الطرق التي تقود إلي موقع معين، شبكة الموصلات، شبكات إرسال الطاقة الكهربائية.
4. إمكانية تركيب طبقتين أو أكثر لإنتاج طبقة جديدة.

5. تمثيل الظواهر الطبيعية والتعامل معها على الخريطة لتحديد العلاقات المكانية لهذه الظواهر بناء على معطيات محددة.
6. إنشاء النطاقات اللازمة للعمليات التخطيط العمراني والاقتصادي.
7. إمكانية إجراء الاستعلام عن بيانات مكانية معينة، إجراء عمليات خاصة لتوضيح العلاقات بين المعلومات باستخدام العلاقات الرياضية.
8. تستخدم نظم المعلومات الجغرافية لدعم عملية صنع القرارات، كالمساعدة على الوصول إلي قرار حول اختيار موقع بناء على عوامل مختلفة.



شكل (5): مكونات نظام المعلومات الجغرافي و الامكانيات المتوفرة به.

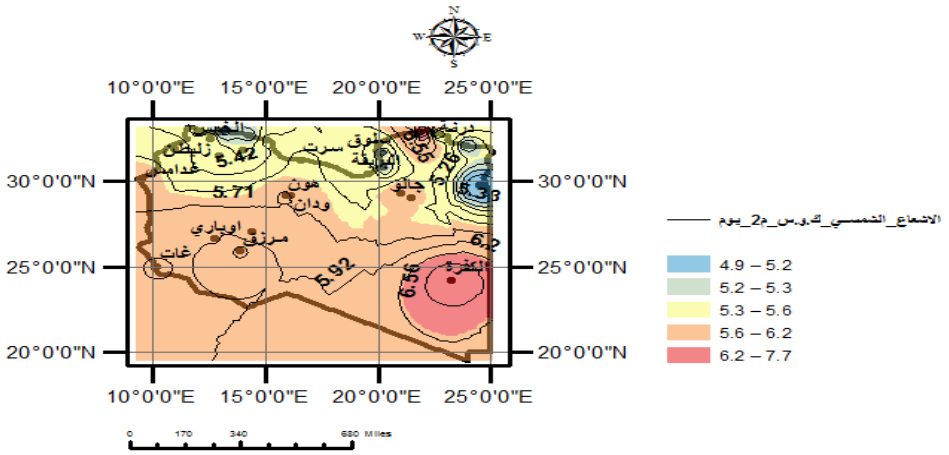
3–استخدام التحليل المكاني لتحديد افضل المواقع لإنشاء محطات توليد الطاقة من الطاقة الشمسية و الرياح في ليبيا:

ان اعداد نموذج تنبؤ و تحليل مكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية يتضمن تحويل البيانات الوصفية المتجهة vector data إلى البيانات المكانية raster data المطلوبة للتطبيق، ومن ثم بناء نموذج لإجراء التحليل المكاني للبيانات لتنفيذ العمليات المختلفة مثل (التصنيف، الترميز Symbology، بناء طبقات البيانات، معالجة الصور، وضع الإسقاطات على الخرائط map projection) كما هو موح بالمخطط (6).

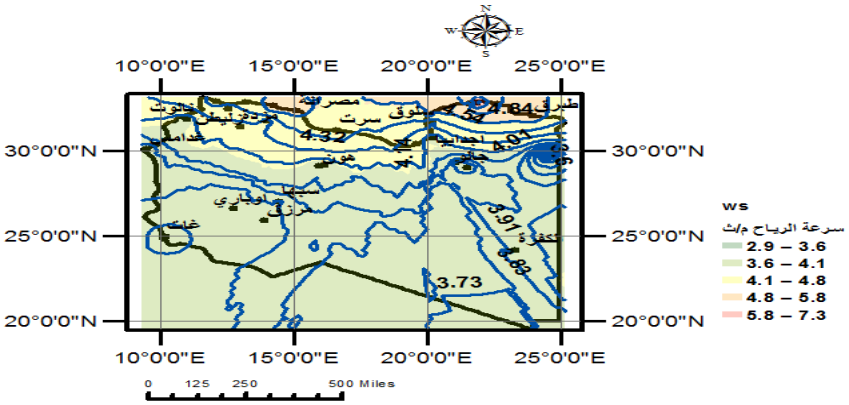
شكل (6): النموذج المقترح نظام المعلومات الجغرافي لتطوير الطاقة المتجددة.

تمت هذه المرحلة اولا إعداد ملف نقطي يحتوي علي البيانات للمحطات من حيث دوائر العرض و خطوط الطول و المنسوب و الاشعاع الشمسي و سرعة الرياح لكل محطة بطبقة النقاط بالصيغة(Shape file) باستخدام برنامجArcMap. ثانيا يتم تحميل المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية لإعداد طبقة تخص الطرق الرئيسية و اخري لخطوط نقل الجهد وايضا طبقة تخص المناسيب و

الميل للأرض الطبيعية. ثالثا تم عمل نموذج تنبؤ مكاني باستخدام اداة Geostatistical interpolation لقيم الاشعاع الشمسي المباشر و سرعة الرياح ومن ثم مطابقتها علي الطبقات التي تمثل البيانات الأخرى. و توضح الخرائط بالأشكال رقم7 و8 التوزيع المكاني لكل من سرعة الرياح و الاشعاع الشمسي و الخرائط الكنتورية .



الشكل (7): التوزيع المكاني للإشعاع الشمسي حسب النموذج المعد.



الشكل (8): التوزيع المكاني لسرعة الرياح حسب النموذج المعد.

رابعا تم تحديد المعلومات و المعايير التي يتم الاستعلام عنها باستخدام اداة Quarry builder لكل طبقة وفق التصنيفات التي تم التحصل عليها كما الجدول(1) لتحدد المناطق المثلى لإنشاء محطات طاقة شمسية و الرياح :

- **الاشعاع الشمسي:**
  الاستعلام عن المناطق التي تكون بها اشعاع شمسي اكثر من 6 ك. و.س/ م^2 / يوم.
- **سرعة الرياح**
  الاستعلام عن المناطق بها سرعة الرياح اكثر من 4.5 م/ث
- **منسوب و ميل سطح الأرض:**

الاستعلام عن المناطق التي تقع ضمن انحدار بسيط وذلك للتقليل من تكاليف الإنشاء بالإضافة لسهولة تركيب الواح الطاقة الشمسية و التوربينات الرياح، الانحدار من 1.90 واقل.

- **خلو المناطق من العوائق (المباني ، الأشجار العالية):**

يتم الاستعلام عن المناطق البعيدة عن التجمع السكني و العمران ، لكي لا يتم العبث بها إضافة إلى تأثير العمران السيئ على الإشعاع الشمسي الواصل بان تكون تبعد بأكثر من 2 كم.

- **القرب من شبكات إرسال الطاقة الكهربائية و الطرق:**

يتم الاستعلام عن الاماكن التي تبعد عن شبكة الكهرباء باقل من 1 كلم لتوصيلها بالشبكة الكهربائية بأقل تكاليف وعن الامكان الاقرب للطرق الرئيسية باقل من 250 متر لسهولة الوصول إليها وتنظيفا باستمرار.

- **البعد عن الأماكن السياحية والثقافية:**

لا يفضل بناء محطات توليد الكهرباء باستخدام طاقة الرياح في مناطق السياحية وذلك لتجنب الضوضاء التي تسببها حركة توربينات الرياح والمحافظة على أمان المنطقة من الإخطار الكهربائية.

جدول رقم (1) توزيع مستويات سرعة الرياح و الاشعاع الشمسي وميل الارض الطبيعية و خطوط نقل الجهد.

التصنيف	سرعة الرياح م/ث	الاشعاع الشمسي ك.و.س/م^2/يوم	الميل للأرض الطبيعية	خطوط نقل الجهد فولت
المستوى الأول	3.6–2.9	5.2–4.9	0.15–0	0
المستوى الثاني	4.1–3.6	5.3–5.2	0.16–0.16	132000
المستوى الثالث	4.8–4.1	5.6–5.3	0.31–0.17	220000
المستوى الرابع	5.8–4.8	6.2–5.6	1.9–0.32	400000
المستوى الخامس	7.3–5.8	7.7–6.2	19–2	66000

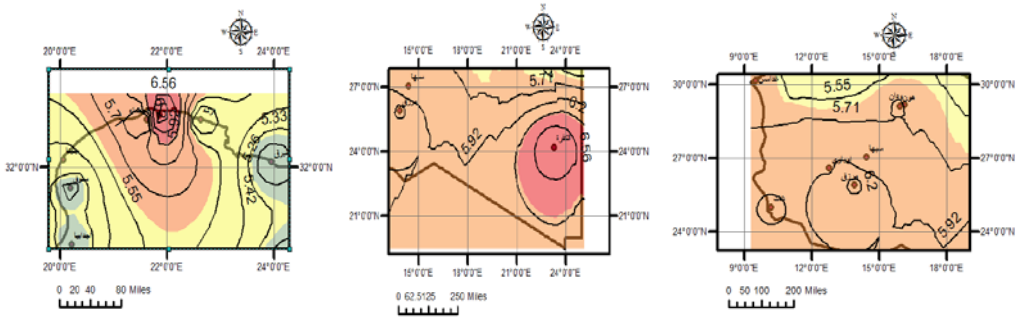
4- مناقشة النتائج :

بناء علي المخططات التي تم الحصول عليها من نتائج الاستعلام عن الامكان الاكثر ملائمة من حيث اعلي قيم للإشعاع الشمسي و اعلي سرعة رياح واقل انحدار و الاقرب الي خطوط نقل الجهد والاقرب للأراضي الفضاء بحدود المدن وهو ما عرض بالأشكال (9) و (10) نجد ان :

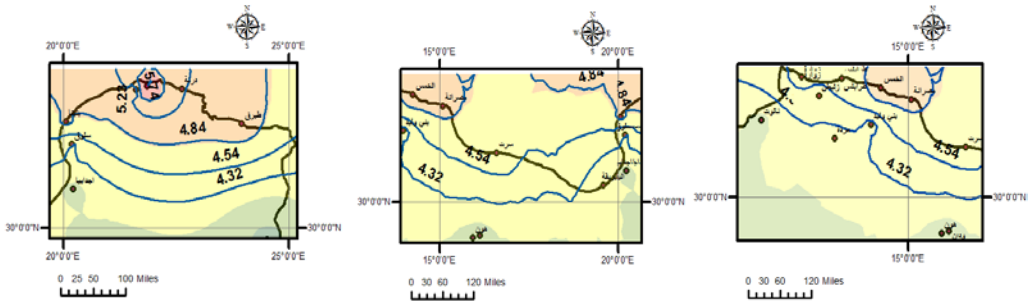
- توضح خطوط تساوي الإشعاع الشمسي في الشكل رقم() ان هناك خمس أقاليم جغرافية وفق تصنيف الاشعاع الشمسي اذ نجد ان القسم الأكبر من مساحة ليبيا بمعدل 5.6 حتى عن 6.2 ك.و.س/ م^2 / يوم والتي تقع ما بين دائرتي عرض (10E^0 الي 30E^0) و خطي طول (30 N^0 الي 20 N^0) وهي المنطقة المتمثلة بالحزام الجنوبي لدولة ليبيا بالمدن جالو واوجلة وسبها واوباري وهون وودان ومرزق وغات حتي الحدود الجنوبية للدولة. اما المساحة ذات الاشعاع الشمسي الأعلى فهي تتمركز بمنطقة الكفرة والتي تقع ما بين دائرتي عرض (25E^0 الي 20E^0) وخطي طول (25 N^0 الي 20 N^0) بمعدل اعلي من 6.2 حتى 7.7 ك.و.س/ م^2 / يوم . و ظهرت ايضا منطقة ذات اشعاع شمسي عالي في منطقة محدودة وتمثل المناطق المرتفعة من الجبل الأخضر بمعدل 5.6 حتى عن 7.3 ك.و.س/ م^2 / يوم الواقعة بين دائرتي عرض (25E^0 الي 20E^0) وخطي طول (25 N^0 الي 30 N^0) بالمدن شحات و درنة و البيضاء .
- بالنظر الي التوزيع المكاني لقيم سرعة الرياح لكامل لليبيا يتضح أن الرياح الموزعة علي كامل الشريط الساحلي لليبيا بحدود 4.1 حتي 5.8 م/ ث وهي المحصورة بين دائرتي عرض (25E^0 الي 10E^0) وخطي طول (25 N^0 الي 30 N^0) بالمدن من طبرق بالحدود الشرقة الشمالية حتى نالوت بالحدود الغربية الشمالية .و تمتاز المناطق بمرتفعات الجبل الاخضر باعلي معدل لسرعة رياح سنوية ما فوق

5.8 حتى 7.3 م/ث الواقعة بين دائرتي عرض ($25E^0$ الي $27E^0$) وخطي طول ($25\ N^0$ الي $17\ N^0$) بالمدن طبرق وشحات و درنة و البيضاء وبنغازي، ايضا بنفس المعدل المناطق من الخمس حتى زليتن.

- و وفق الخريطة الخاصة بتوزيع خطوط نقل الكهرباء نجد ان توافر شبكات الإرسال الكهربائية (محطات المحولات) في مناطق علي طول الساحل بشمال ليبيا ابتداء من طبرق حتى نالوت وزوارة و كما تتوافر ايضا خطوط نقل الكهرباء تصل المناطق اوجلة وجالو الي الكفرة و من هون و ودان حتى اوباري و مرزق الي غات بجهد من 220 الي 400 كيلو فولت وتلك المناطق جميعها تتميز بسرعات رياح و معدل اشعاع شمسي عالية و كما تتوفر شبكة نقل رئيسية تربط كل هذه المناطق و المدن مع بعضها البعض. غير ان لا يفضل بناء محطات توليد الكهرباء باستخدام طاقة الرياح او الاشعاع الشمسي في منطقة شحات و سوسة صبراتة وغيرها من التي تعتبر مناطق سياحية واثرية.
- وحسب النموذج الخاص بتحليل ميل الارض الطبيعية ان الاماكن ذات الميل الاقل اي بين 0 حتى 2 فنجدها بالسهول الشرقة من طبرق حتى سلوق والمنخفضات الساحلية من زوارة حتى الزاوية ومنخفضات بالوسط من اوجلة وجالو والسرير و تازربو ومنخفضات بسبها و مرزق و اوباري.



شكل(9): يوضح الامكان الملائمة لانشاء محطة شمسية.



شكل(10): يوضح الامكان الملائمة لانشاء محطة لتوليد الطاقة من الرياح.

5- الخلاصة والتوصيات:

تضمن البحث استخدام نموذج لتحليل البيانات المكانية لتحديد المواقع الأنسب لإنشاء محطات إنتاج الكهرباء باستخدام طاقة الرياح، والاشعاع الشمسي بالاستعلام عن البيانات تضمنت (اعلى سرعة الرياح، اعلى الاشعاع الشمسي ،القرب من شبكات الإرسال الكهربائية، القرب من الطرق الرئيسية، القرب من المدن السكنية، ميل وانحدار الارض الطبيعية). وفق النتائج المتحصل عليها نجد ان المناطق الواقعة بالسهل الشرقي الشمالي لليبيا الواقعة بين دائرتي عرض ($24E^0$ الي $21E^0$) وخطي طول ($33\ N^0$ الي

^{0}31 N) هي الانسب لإنشاء محطة انتاج طاقة كهربائية لقربها من المدن (البيضاء و درنة و طبرق و بنغازي حتى سلوق). ايضا من الممكن انشاء محطات من طاقة الرياح بالمناطق الواقعة علي الشريط الساحلي الغربي الشمالي و بها المدن سرت و مصراته و طرابلس و الخمس الي زوارة وزليتن وبني وليد ومزدة. و نجد ان افضل المواقع لإنشاء محطة شمسية هي بالساحل الشمالي الشرقي بالإضافة الى المنخفضات بالمناطق الشرقية الجنوبية و الصحراء و السهول الوسطى لدولة ليبيا و المنطقة الواقعة بالجنوب الغربي و المتاخم للحدود الليبية النيجرية و الجزائرية. كل تلك المناطق المختارة تمتاز كونها بأعلى اشعاع شمسي مباشر و سرعة رياح و بانحدار للأرض الطبيعية 0.0 الي 0.32 وتقع من وبالطبع تمر من خلالها خطوط نقل الجهد والطرق الرئيسية. و من هنا نوصي بضرورة استخدام نظم المعلومات الجغرافية ونظم قواعد البيانات المرتبطة بها، ذلك لدعم عملية صنع القرار وتحقيق أغراض التنمية المستدامة في قطاع الكهرباء والطاقة المتجددة.. بناء شبكات المعلومات الجغرافية، والتي تساعد على الوصول إلي الخرائط الجغرافية عبر شبكة الانترنت، وصور الأقمار الصناعية، وهذا بهدف توفير البيانات والمعلومات المكانية الفورية لمتخذي القرار وتحقيق أغراض التخطيط المستدام للقطاع.

المراجع

[1] الامين، فتحي حسن؛ بلعم، محمد علي؛ الطاقة المتجددة و حماية البيئة في اطار التنمية المستدامة في ليبيا،المجلة الدولية للعلوم الهندسية و تقنية المعلومات، 2، 1، 2015 ،1:6. 2410-4256 ISSN.

[2] داود، جمعة؛ الغامدي، خالد؛ ومندور، مسعد؛ تحديد أفضل المواقع لتجميع الطاقة الشمسية في منطقة مكة المكرمة الإدارية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير، الملتقى الوطني الحادي عشر لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في المملكة العربية السعودية، جامعة الملك فيصل بن عبد الرحمن، 2017، الدمام.

[3] عويضة، محمد علي؛ التحليل المكاني للإشعاع الشمسي وإمكانات توليد الطاقة في محافظة الوادي الجديد، دراسة في المناخ التطبيقي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة حلون، 2018، مصر.

[4] جاد الرب، ياسمين محمد عادل؛ الطاقة المتجددة في مصر دراسة في الجغرافيا الاقتصادية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق،2013، مصر.

[5] عبد الخالق، شريف عبد السلام شريف؛ آل سرور، فوزية علي أحمد؛ التوزيع الأمثل لمواقع استغلال الطاقة الشمسية بمحافظة النعيرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة علوم جغرافية ، 54، 2018 ،114:137, ISSN2286.

[6] الصواني، سهيلة الطاهر؛ الطاقة الشمسية في ليبيا،مجلة كلية التربية،4،2019 ،268:271.

[7] داود، جمعة؛ أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية، مكة المكرمة، 2012،المملكة العربية السعودية.