الاختيار الأمثل لبناء محطات توليد الطاقة الكهربائية في العراق بواسطة طاقة الرياح باستخدام معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

الدكتور مكي غازي عبد لطيف المحمدي
جامعة بغداد /كلية التربية – قسم الجغرافية

المقدمة:

تعد طاقة الريح والتي باتت الأسرع نمواً في مجال توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة والتي تتولد بصورة طبيعية وبشكل مستمر، اي تتجدد كل يوم ما دامت الشمس باقية وتوظف هذه الطاقة حسب نوع الاستخدام والتي تتمثل في توليد الطاقة الكهربائية، ولأجل الحصول على الطاقة الكهربائية من تحويل طاقة الرياح الى طاقة حركية ينبغي معرفة سبب نشوء الرياح وحركتها وسرعتها،وعند الحديث عن مصادر الطاقة البديلة ينبغي لنا التميز بين قسمين من هذه المصادر وبين استراتيجيين مختلفتين للطاقة المستقبلية والبديلة فيمكن أن نميز بين المصادر ذات الطابع المؤقت أي ما يتوافر من مخزون من هذه المصادر محدود ولا يمكن بكل الأحوال التعويض عن المستنزف والمستهلك منه،وبالرغم من أهمية تلك المصادر ومساهمتها الفعالة في تلبية الاحتياجات البشرية من الطاقة إلا أن محدوديتها تقتضي التفكير في إيجاد الحلول والبحث عن مصادر الطاقة التي تتمتع في الديمومة والتجدد، ولابد لنا التميز عند التحدث عن مصدر الدائمة للطاقة التي تتطلب مستوى تكنولوجي رفيع لا يملكها العالم حتى وقتنا الحاضر وما بين مصادرها تحتاج الى مستوى تكنولوجي يعد في متناول الغالبية من دول العالم وان التفريق بين هذين المصدرين هو في الحقيقة الأمر التمييز بين إستراتيجيتين.

وتعد معطيات الاستشعار عن بعد بما توفره المرئيات الفضائية من كم هائل من المعلومات الحديثة عن طبيعة منطقة الدراسة ذات أهمية كبيرة، فضلاً عن استخدام المرئيات الفضائية كأساس في رسم وإنتاج الخرائط وتفسيرها ولقد تم استخدام مجموعة من المرئيات الفضائية ذات دقة عالية لأقمار اصطناعية مختلفة ولتسهيل عملية جمع هذه المعلومات وضبطها وتحليلها وتحديثها وتوظيفها بشكل فعال ومؤثر في عملية التقييم والتخطيط والتحليل والرجوع اليها اذا ما اقتضت الضرورة فأنه يستحسن ان يتّم لهذه الغاية الاستعانة بنظام المعلومات الجغرافية من خلال الاستفادة من تلك البيانات لأغراض تنموية وتخطيطية شتى ، فضلاً عن اجراء الحسابات والقياسات وأنتاج الخرائط وتحليلها للوصول الى نتائج سريعة والوقوف الى المشكلات والعقبات التي تواجه النقص الحاد في إنتاج الطاقة الكهربائية واستثمار طاقة الرياح وتأشير المناطق المناسبة لتوقيع المحطات من خلال المعلومات الإحصائية التحليلية الكارتوكرافية المتطورة التي تعتّمد على الاساليب الرقمية الحديثة والمسح الفضائي.

واقع الطاقة الكهربائية في العراق

إن كفاءة الشبكة الوطنية تدنت إلى مستويات غير معهودة لتتسع اكثر ظاهرة الانقطاعات في التيار الكهربائي الأمر الذي تسبب في تعطيل عجلة الحياة اليومية , وتسبب النقص في توفر الوقود الكافي لتشغيل المولدات الاحتياطية واسلوب التشغيل المتناوب للمولدات هذه وقدم وتهرؤ محطات التوليد, وهبوط مستويات المعيشة وارتفاع كلفة توليد الكهرباء من المولدات المنزلية والأهلية كما واجهت مرتكزات شبكةالطاقة الكهربائية الوطنية دمارا يقدر (90%) في حرب الخليج الثانية وتعطلت قدرات تصل الى (8585 Mw) بينما تعطل المتبقي بسبب فقدان مقومات الانتاج كالوقود والصيانة, وقطع الغيارالامر الذي تسبب بالنقص الشديد في الوحدات العاملة اذ لاتعمل سوى ب (50%) من طاقتها وانقطاع التيار المبرمج ليدوم لفترات تصل الى (14) ساعة متذبذبة بسبب عجز المحطات ووحدات الانتاج, وبالتالي انعكس سلباً على كافة مجالات الحياة في العراق وتوقفت عن العمل مشاريع الصناعة ومياه الشرب وتدهور الوضع الصحي بسبب عدم توفر المستلزمات والخدمات الوقائية وما زاد الأمر سوء ما جرى بعد الاحتلال الامريكي للعراق عام ٢٠٠٣ حيث سهل الأمريكان عمليات التخريب والدمار والنهب والسلب في المنشاءات الكهربائية وهذا بالطبع شمل مخازن مشاريع الكهرباء التي تقدر ممتلكاته بأكثر من (250)مليون دولار التي طالتها اعمال السرقة والحرق الكامل, فضلاً عن تلف وتدمير النظام الحاسوبي المركزي في مركز السيطرة الوطنية([1]) ،وعلى الرغم من الجهود التي بذلت للنهوض بالقطاع الكهربائي والمبالغ التي صرفت من اجل إعادة تأهيل محطات التوليد إلا إن النقص مازال كبير في شبكات نقل الطاقة وتوزيعها إذ إن سعة المؤسسة الكهربائية بلغت حوالي (5000 Mw) أي اقل من(50%) من اجمالي السعة ماقبل حرب الخليج وربع اجمالي السعة ماقبل الاحتلال الأمريكي للعراق بينما بلغ الطلب والنقص(6000 Mw) ولا زال النقص في الطاقةالكهربائية يبلغ (35%) وان انقطاعات الكهرباء تصل الى (18) ساعة او أكثر([2])

ولا بد لنا إن نشير وبشكل مختصر الى ما يمتلكه العراق من محطات كهربائية موزعة في انحاء البلاد والتي يبلغ عددها (44) محطة كهربائية وهي بثلاثة أصناف بحسب نوع الوقود او الطاقة المشغلة لها وهي:-

- محطات حرارية وتشمل محطة (بيجي ,دبس, جنوب بغداد ،الدورة، المسيب ، النخيب، الناصرية ، الهارثة)

- محطات غازية وتشمل محطة (دبس ،ملا قديم،ملا الجديدة ،الموصل،وحدات محطات متنقلة بيجي،بيجي المتنقلة،اربيل المتنقلة، سليمانية المتنقلة، كركوك ،جنوب بغداد،التاجي القديمة، التاجي الجديدة ،الدورة،الحلة ،النجف،الحلة الجديدة القدس (٢،١) القدس(٤،٣) القدس(٨،٧،٦،٥)، بزركان,خورالزبير,الشعيبة,السماوة ال(٢٩).

-المحطات الكهرومائية وتشمل المحطات (موصل رئيسي,موصل تنظيمي,موصل الخزن,دوكان,دربندخان,سامراء,حمرين,حديثة,الفرات الاوسط).

ولقد ربطت هذه المحطات بالشبكة الوطنية للطاقة الكهربائية وتم ربطها أيضا بدول الجوار عن طريق ثلاث خطوط وهي (الخط التركي،الخط السوري،الخط الإيراني) (٣).

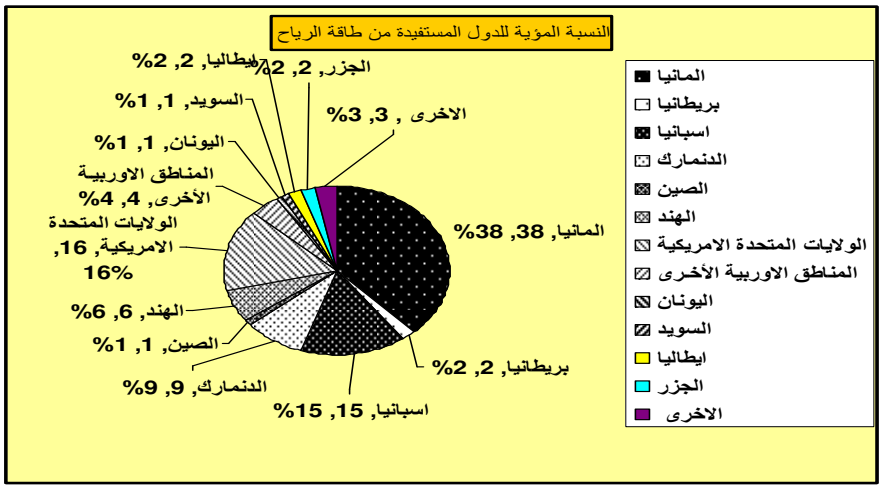
مشكلة الدراسة:

في ضوء النقص الحاد في الطاقة الكهربائية يبقى السؤال أين يقع العراق من الطاقة النظيفة والرخيصة ؟اذ أثبتت الإحصائيات الأولية انعدام استغلال الطاقة المتجددة في العراق بالمقارنة مع الشرق الأوسط و العالم و السؤال الذي يطرح نفسه هو هل من الممكن أنتاج طاقة كهربائية من الرياح في العراق؟ هل توجد مناطق واعدة في العراق لنصب مزرعة توربينات الرياح ؟ أين تقع المنطقة الأنسب لنصب هذه المحطات في ضوء المتغيرات الجغرافية؟

أهمية طاقة الرياح ومساهمتها في سد الاستهلاك العالمي

ان الطاقة المستمدة من الرياح وتعرّف بأنهاعملية تحويل حركة (طاقة) الرياح إلى شكل آخر من أشكال الطاقة سهلة الاستخدام، في الغالب كهربائية وذلك باستخدام عنفات المروحيات، وقد بلغ إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح للعام 2006 بـــ 74,223 ميغاواط في العالم، بما يعادل 1% من الاستخدام العالمي للكهرباء، وبالتفصيل فقد بلغت نسبة الانتاج إلى الاستهلاك حوالي 20% في الدانمارك و9% في اسبانيا و7% في المانيا،انظر شكل(١)

شكل(١) مساهمة طاقة الرياح في الاستهلاك العالمي



المصدر:شبكة الانترنيت http://www.greenpeace.org

وبهذا يكون الإنتاج العالمي للطاقة المحولة من الرياح قد تضاعف 4 مرات خلال الفترة الواقعة بين عام 2000 وعام 2006. في سويسرا أنتجت تربينات توليد الطاقة الكهربائية من الرياح 11600 ميغا واط لتغطية احتياجات 4000 وحدة سكنية في عام ٢٠٠٧ بزيادة قدرها 84% عما كان عليه أنتاج الكهرباء بتلك الطريقة قبل عام واحد(٤).

المبدأ الفيزيائي الذي تبنى عليه عملية توليد الكهرباء

يعد علم ديناميكية الهواء هو العلم الذي يدرس القوانين الفيزيائية على الاجسام التي تقع ضمن تيار الهواء والقوى الناتجة منه هذا هو المبدأ الاساسي لتفسير ديناميكية توربينات الرياح ذات العنفات الثلاثة وفيما يلي شرح يوضح الاجزاء الاساسية:-

مكونات المنظومة الريحية

العنفات الريحية:

إن المكونات الرئيسية لعنفة الرياح هي عبارة عن شفرات دوّارة تحمل على عمود بأطوال مختلفة تصل إلى ١٢٠ متر، ومن ريش مختلفة الأطوال أيضا وتتألف من ثلاث ريش او أكثر فضلاً عن مولد يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية، فعندما تمر الرياح على الشفرات تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دوران الشفرات الامر الذي يؤدي الدوران إلى تشغيل المولد فينتج طاقة كهربية وينبغي ان تكون هناك بطاريات، كما جهزت تلك التوربينات بجهاز تحكم مركزي وبسيطره مرتبطة بشبكة ومركزسيطرة مركزيه من اجل التحكم بها وتنظيم سرعها والتيار الكهربائي المنتج منهاوكذلك في دوران الشفرات (فرامل) لتنظيم معدلات دورانها ووقف حركتها إذا لزم الأمر. و تصنف العنفات الريحية الى نوعين :

١- العنفات ذات المحور الافقي.

٢- العنفات ذات المحور العمودي،انظر الشكل (٢)

ولا يخفى إن اختيار نوعية وحجم وموقع المروحة عامل أساسي مهم في إنتاج الطاقة الكهربائية لذلك إن سرعة الرياح وحجم المروحة هو الذي يحدد كمية الطاقة المنتجة من تلك المراوح، فهناك توربينات لاتتعدى قدرتها (0.5kw) ،بينما هناك تربينات للرياح عملاقة تصل قدرتها الى (3000kw).

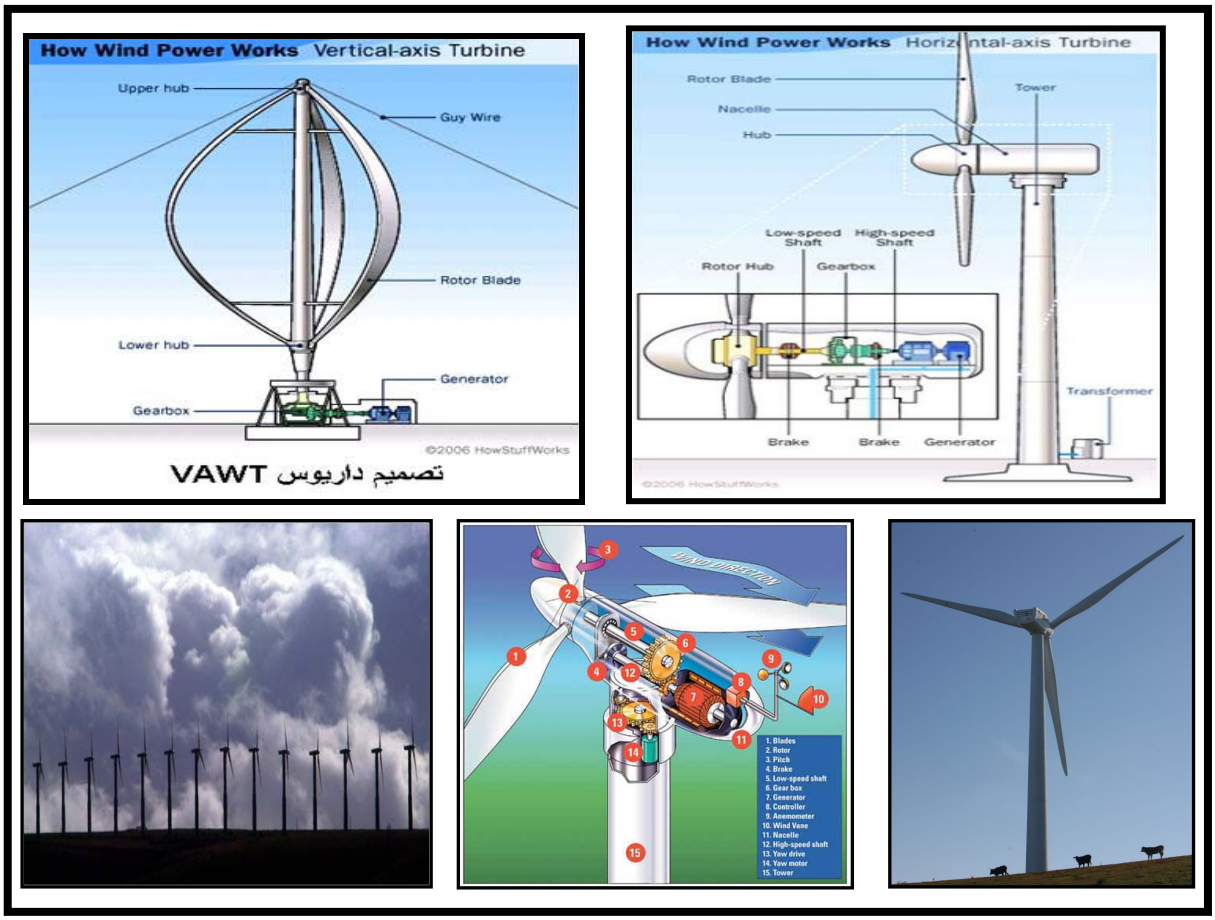
ويمكن إن نقسم الطاقة الكهروريحية الى نمطين أما توقع على شكل مجاميع من المراوح وتسمى بالمزارع الريحية وتزود بنظام سيطرة ومن ثم تربط بصورة مباشره بشبكة اسلاك الكهرباء،وهنالك نوع اخر وهو مايستخدم من قبل المنازل في القرى اي المنازل الريفية او تلك المنازل التي يتعذر وصول اسلاك كهربائية لها وهي ذات رواج كبير الان في الدول الأوربية.

في السنوات الماضية انتعشت كثيراً فكرة مزارع الرياح لما من لها فوائد ايجابية منها :

١- التكلفة الاقتصادية تقارب الوقود التقليدي ٢- لا تحتاج إلى مشغل ٣- تحتاج إلى صيانة قليلة.
٤- عمر المنظومة طويل الأمد يزيد على ٢٠ سنة.

وتتم عملية توقيعها وذلك عن طريق اختيار مساحة واسعة من الأرض بعد درس خواصها الطبوغرافية وتوزيع سرعة الرياح السنوي فيها ونصب عدد من توربينان الرياح يتراوح عددها(١٠-٥٠) وربطها مع شبكة موحدة لتقليل استهلاك الوقود أو الربط مع شبكة محلية بالمدن والقرى السياحية أو مع وحدات الديزل للمصانع والحد الأعلى والمثالي لإنتاج القدرة ٣٠ ميكا.

شكل(٢) نماذج من العنفات الريحية ومكوناتها وأجزائها



التربينات شائعة الاستخدام في العالم

هنالك عدة أنواع من التربينات المتداولة والمتعامل حيث تقسم بحسب الفولتية المتولدة منها اذ تتراوح مابين (4kw)الى(2.5Mw). وهنالك نوع اكثر شيوعا واستعمالا من التوربينات لتوليد الكهرباء (V47-

660Kw) اذ تمتاز بزخم (1Hz) وقصور ذاتي (3.05-0.2). لكل وحدة (ثانية) للدّوار (rotor) وللمولد وكذلك معامل التوهين يتناقص لوغارتمياً بحدود (5%) .

التوزيع الجغرافي للرياح في العراق

بما إن إنتاج الكهرباء يعتمد على طاقة الرياح إذن لابد من الوقوف على كيفية وديناميكية الرياح التي تستخدم في طاقة الرياح لابد من معرفة توزيعها الجغرافي وحركتها واتجاهاتها وسرعتها وتعبر سرعة الرياح عن المسافة التي تقطعها جزيئات الهواء المتحرك في وحدة الزمن، وتسمى الرياح باسم المنطقة إلهابه منها وليس باسم الرياح الهابه عليها وتعد الرياح كمية متجهة لها مقدار(انطلاق) واتجاه، فالرياح الجنوبية هي تلك الرياح القادمة من الجنوب متجهة نحو الشمال مثلاً ويعبر عن اتجاه الرياح بوحدة الدرجات مقاسه بالاعتماد على اتجاه عقارب الساعة ابتداء من الشمال الجغرافي، (صفر – 360 درجة) وسرعة الرياح تعبر عن المسافة التي تقطعها جزيئات الهواء المتحركة في وحدة الزمن المتر/ ثا أو كم / الساعة .. الخ ،وتتفاوت اتجاهات الرياح في العراق في كل فصل برياح هابة من اتجاهات مختلفة على الرغم من الرياح السائدة.

ففي فصل الشتاء تهب أنواع مختلفة من الرياح ومن عدة اتجاهات إلا إن الرياح السائدة هي الرياح الشمالية والشمالية الغربية والتي تخضع إلى المراكزالضغطية وبحسب الغطاء الأرضي.

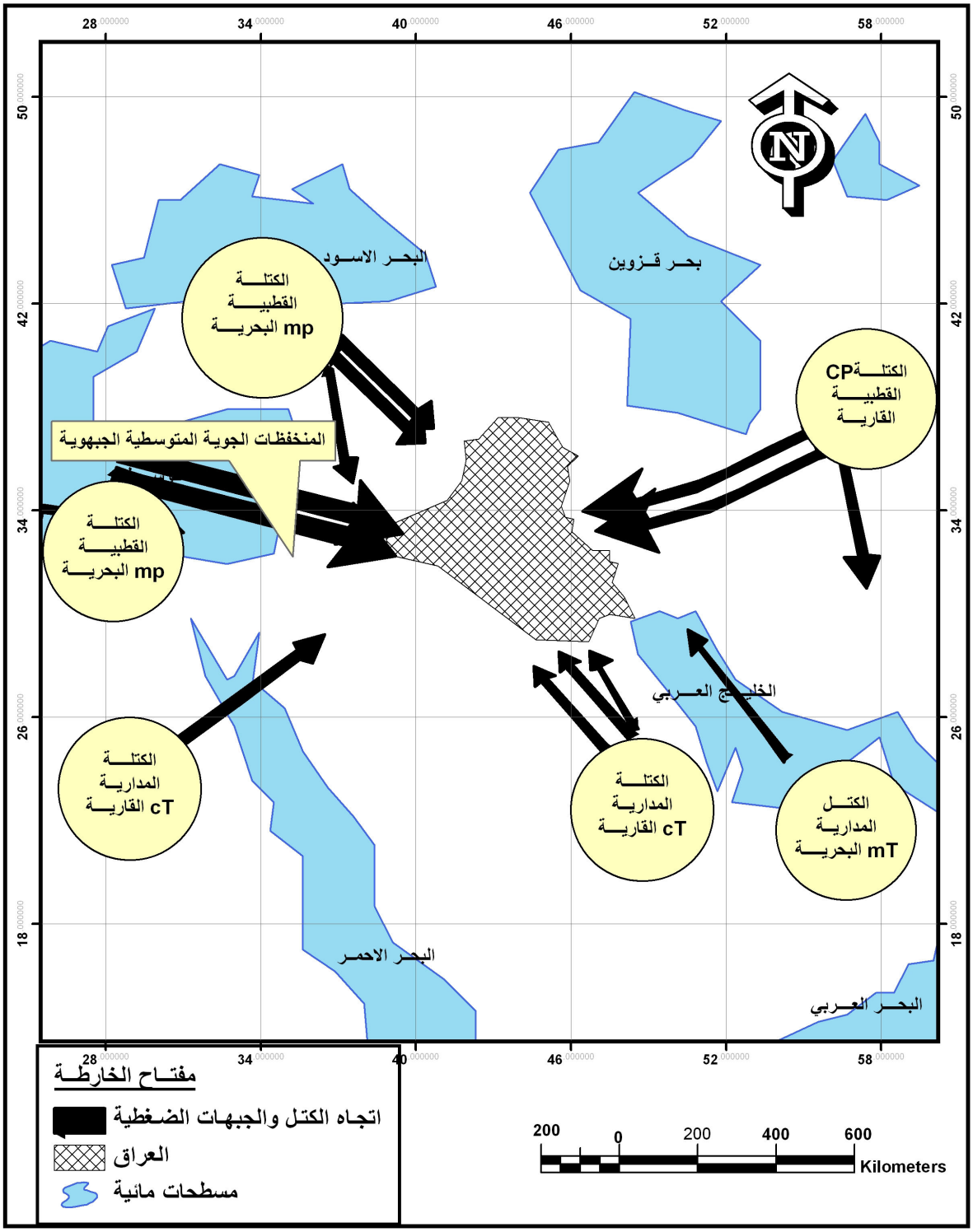
أما في فصل الصيف، فأن نمط توزيع الرياح سهل جداً. يكون اتجاه الرياح بصورة عامة من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي ويرجع السبب في ذلك إلى تمركز الضغط المنخفض والسائد فوق شبه القارة الهندية خلال فصل الصيف وعليه تعتبر الرياح السائدة وهي الجنوبية والشمالية والشمالية الغربية والغربية لكافة إنحاء القطر(°)،انظر خارطة(٢،١)

التغير الديناميكي في سرعة الرياح في العراق

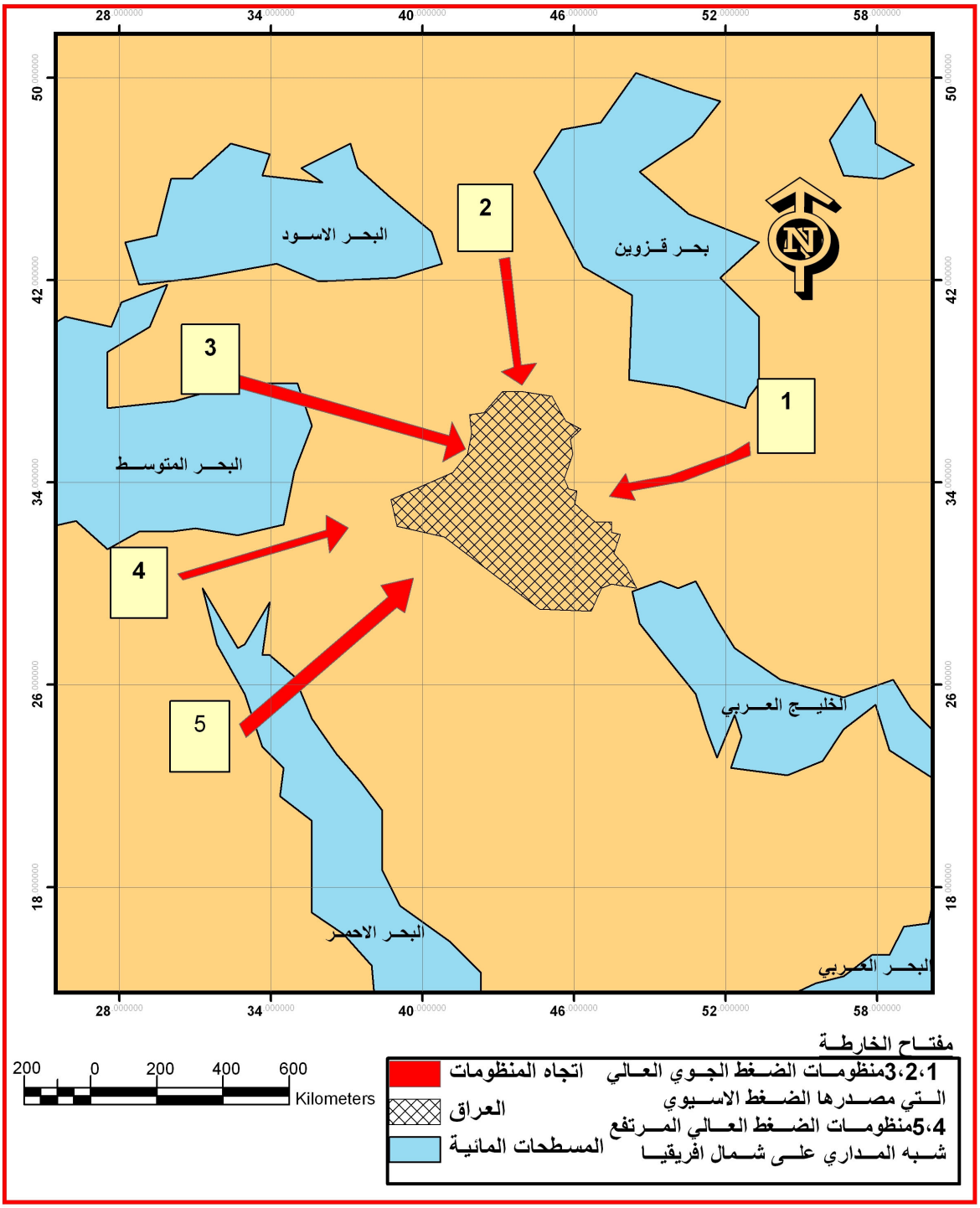
إن العراق يقع ضمن تركيبة معقدة ومتشابكة من نطاقات الضغوط العالية والمنخفضة لوقوعه ضمن الحزام الشبه المداري لذا تتميز الرياح بسرعتها المنخفضة نسبيا على مدار السنة حيث لا يساعد ذلك التوزيع الضغطي على هبوب رياح شديدة السرعة باستثناء بعض الحالات التي تحدث فيها اضطرابات ومنخفضات جوية خاصة المنخفضات المتوسطية التي تصاحبها رياح سريعة، انظر خارطة(٢،١).

إن سرعة الرياح لا تخضع لحركة ثابتة بل هي متغيرة وفق ديناميكية اختلاف الضغوط واختلاف كثافة الهواء وللرياح تغير يومي وشهري وفصلي وسنوي ، فالرياح هي حركة الهواء الأفقية والتي تعمل على تسوية الفروق في درجات الحرارة والرطوبة والضغط الجوي بين مكان و أخر، تعتبر هي المحرك الرئيسي لتنظيم الظواهر المناخية السائدة وتتأثر سرعة وحركة الرياح بحسب المواقع الجغرافية (6) .

خارطة(1) الكتـل والجبهـات الهوائيـة المؤثـرة علـى العـراق



خارطة(2) المسالك الرئيسة لمنظومات الضغط العالي المؤثرة على العراق



المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على
ليث محمود الزنكة ، موقع التيارات النفاثة واثره في منخفضات وامطار العراق ، رسالة ماجستيرغير منشورة كلية الاداب ، جلمعة بغداد ، 1996، ص46

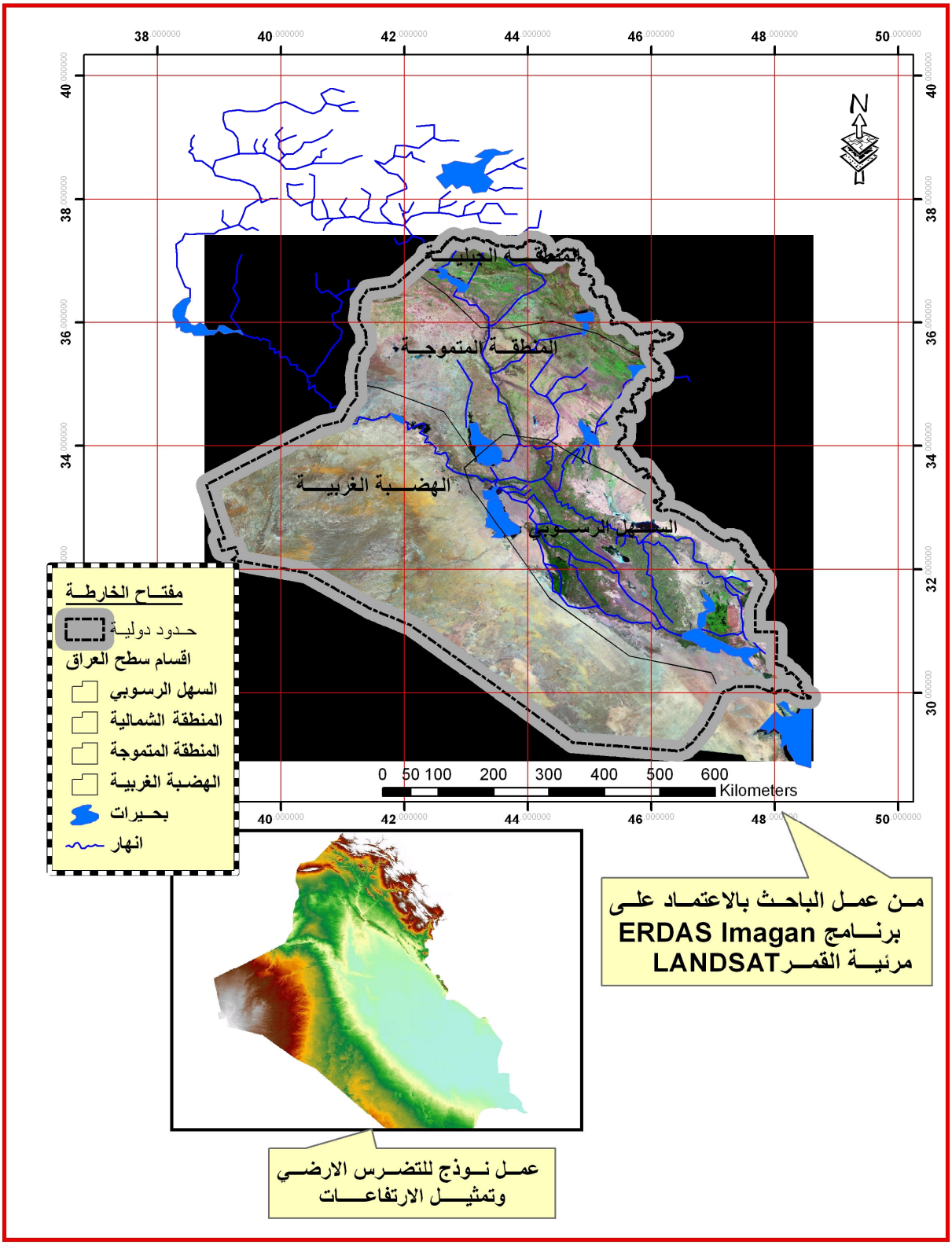
البيانات المستخدمة في البحث

يشكل سطح الأرض عامل مؤثر في سرعة الرياح وتغير اتجاهها وذلك من خلال قوة الاحتكاك المتولدة من سطح الأرض في حالة هبوب الرياح فوق سطح خشن، حيث تكون حركة الهواء بشكل غير انسيابي وينجم عن تزايد تأثير الاحتكاك في الطبقة السفلى من الجو القريبة من سطح الأرض إلى حدوث تجمع للهواء في المناطق ذات الضغط الواطئ، وتفرق للهواء في المناطق ذات الضغط المرتفع، شكلت التضاريس دوراً مهماً في تحديد التباين داخل العراق، ولقد قسم الجغرافيون سطح العراق إلى أربعة مناطق من حيث البيئة الجغرافية (المنطقة الجبلية،المتموجة ،الهضبة الغربية،والسهل الرسوبي) انظر الخارطة الصورية(٣) ،وهنالك ثلاث أنماط لقياس سرعة الرياح:

١. قياسات طويلة الأمد،أي الحصول على سرعة الرياح لفترة طويلة قد تكون لسنة أو لعشرات السنيين.
٢. قياسات متوسطة الأمد ويقصد به اخذ القياسات لسرع الرياح لفترة متوسطة مثل شهر او يوم
٣. القياسات القصيرة الأمد ويقصد به اخذ القياسات لسرع الرياح لفترة قصيرة جدا قد تكون لساعة او لثواني.

ولقد تم الاعتماد على البيانات المأخوذة من هيئة الأنواء الجوية والرصد الزلزالي حسبت البيانات للمدة من (١٩٧٨-2008) حيث توفرت فيها بيانات عن سرعة الرياح (مقداراً واتجاهاً) لجميع أشهر السنة, اذ تم اعتماد مقياس سرعة الرياح وطبوغرافية السطح وتم انتخاب توقيت أساسي وهو الساعة 12 ظهرا وذلك لان هذه الساعة تمثل أعلى وقت يبلغ فيه الإشعاع الشمسي شدة بسقوط أشعة الشمس عمودية في هذا الوقت على سطح الأرض وبالتالي تمثل أعلى وقت تبلغ درجة الحرارة قيمتها العظمى لان أشعة الشمس تكون عمودية على سطح الأرض في هذه الوقت ، وهذا يزيد من التسخين الأرضي وبالتالي زيادة التيارات الهوائية. وتم انتخاب (16) محطة رصديه موزعة على كافة أنحاء القطر وتم اعتماد تقسيم العراق جغرافياُ وعلى أساس تقسيم مظاهر السطح وهي (المنطقة الجبلية، المنطقة المتموجة ،الهضبة الغربية و السهل الرسوبي) وتم حصر وتوقيع تلك المحطات بحسب التقسيم الجغرافي للقطر لكي يمكن تشخيص المناطق الأمثل لتوقيع المحطات وبأسلوب تحليلي دقيق ،انظر جدول (١).

خارطة(3) اقسام سطح العراق من خلال المرئيات الفضائية ونموذج التضرس الارضي



جدول(١) توزيع المحطات الرصدية المنتخبة تبعاً لأقسام سطح العراق

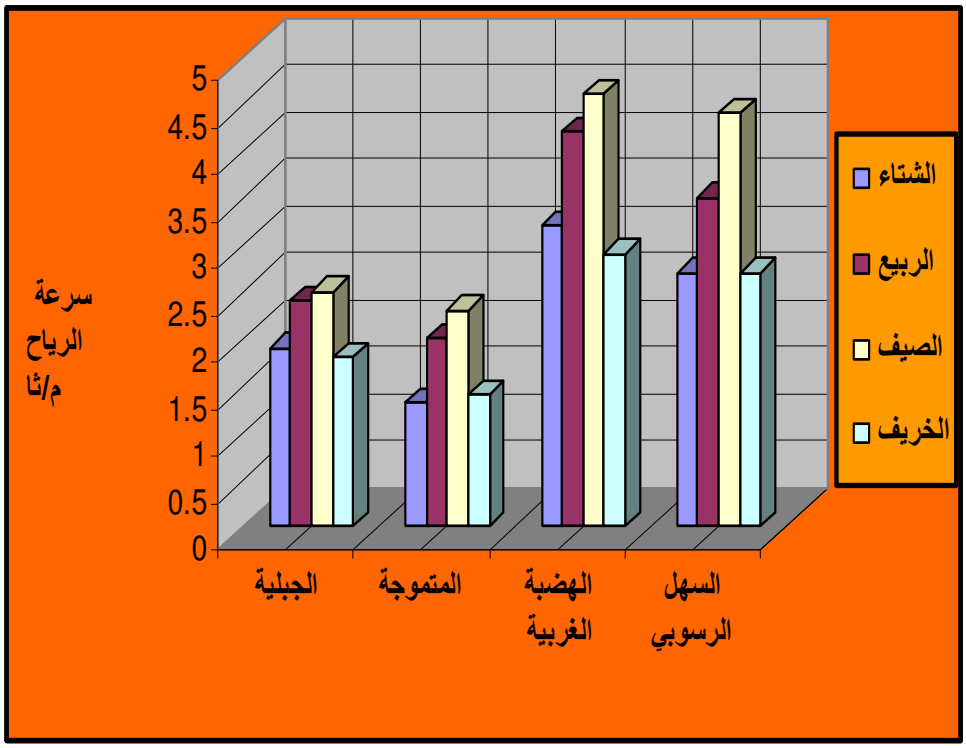
المنـــاطق	المحطـــــــــــــــــــــات							
الجبلية	سنجار	ربيعة						
المتموجة	بيجي	الموصل	كركوك					
الهضبة الغربية	بصية	حديثة	الرطبة	النخيب				
السهل الرسوبي	العمارة	الديوانية	الناصرية	بغداد	كربلاء	النجف	البصرة	

جدول (٢) يوضح المعدل الفصلي لسرعة الرياح بالمتر /ثا تبعاً لأقسام سطح العراق

الفصول / المنطقة	الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف
المنطقة الجبلية	1.9	2.4	2.5	1.8
المنطقة المتموجة	1.3	2.0	2.3	1.4
الهضبة الغربية	3.2	4.2	4.6	2.9
السهل الرسوبي	2.7	3.5	4.4	2.7

من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (٣) والبيانات المأخوذة من وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

شكل(٣) المعدل الفصلي لسرعة الرياح بالمتر/ثا في أقسام سطح العراق



من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (٢)

جدول(٣) المعدل السنوي والشهري لسرعة الرياح بالمتر/ثا في محطات البحث للفترة ١٩٧٨ –٢٠٠٨

محطات/الاشهر	ك١	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	المعدل
سنجار	1.5	1.6	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.9
ربيعة	1.7	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	3.0	2.7	2.7	2.3	2.1	1.6	2.3
الموصل	1.0	1.0	1.3	1.4	1.5	1.8	1.8	1.8	1.5	1.1	0.9	0.7	1.3
كركوك	1.0	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	1.9	1.9	1.8	1.4	1.5	1.2	1.6
بيجي	1.5	1.6	1.9	2.4	2.6	2.9	3.5	3.5	3.3	2.3	1.9	1.5	2.4
حديثة	2.5	2.6	3.0	3.4	3.6	3.7	4.4	4.8	4.6	3.1	2.6	2.2	3.4
الرطبة	2.9	3.3	3.2	4.3	4.3	4.3	4.6	4.5	3.9	3.1	2.7	2.7	3.7
النخيب	2.6	3.3	3.6	4.5	4.3	4.6	4.7	4.7	4.3	3.1	2.7	2.6	3.8
بصية	3.2	3.6	4.1	4.6	4.6	4.6	4.7	4.9	4.7	3.6	3.0	2.9	4.0
بغداد	2.4	2.5	2.8	3.2	3.2	3.3	3.9	4.1	3.6	2.8	2.5	2.5	3.1
عمارة	2.7	2.8	3.3	3.8	3.9	4.2	5.9	5.9	5.4	4.1	3.0	3.0	4.0
كربلاء	1.9	2.1	2.5	3.0	3.1	3.2	4.0	4.2	3.5	2.4	2.0	1.8	2.8
بصرة	2.9	3.1	3.4	3.8	3.8	3.9	5.1	5.1	4.6	3.5	2.8	3.0	3.8
نجف	1.2	1.4	1.9	2.2	2.3	2.4	3.0	3.0	2.5	1.8	1.5	1.3	2.0
ديوانية	2.4	2.7	3.1	3.4	3.5	3.3	4.0	4.1	3.3	2.6	2.3	2.2	3.0
ناصرية	3.2	3.5	3.9	4.4	4.6	4.8	6.1	6.2	5.4	4.2	3.4	3.4	4.4

من عمل الباحث بالاعتماد على:وزارة النقل والمواصلات،الهيئة العامةللأنواء الجوية،قسم المناخ، بيانات غير منشورة

التحليل المكاني لسرعة الرياح باستخدام معطيات الاستشعار عن بعد وبرامج GIS

تعد الوظائف التحليلية المكانية التي توفرها نظم المعلومات الجغرافية من الأمور المهمة للجغرافي من اجل الوقوف على استخراج التحليل والتوزيع والتباين للظواهر المكانية والمساعدة في الكشف عن الموقع الأمثل في توقيع الظواهر وإيجاد المكان الأنسب للظاهرة المكانية وفق البيانات والمعلومات المدخلة للنظام فضلاً عن إجراء الحسابات الإحصائية وتبويبها وخزنها وتوقيعها على خرائط تحليلية مهمة تكشف عن أسباب توقيع الظاهرة في مكان دون الأخر الأمر الذي يتيح لنا اتخاذ القرار المناسب في توقيع واختيار المكان المناسب للظاهرة(٧)، وتم إدخال البيانات الخاصة بالمحطات وتم حساب المعدلات الشهرية والسنوية لسرعة الرياح وتبويبها واستخراج DTM نظام التضرس واستخدام نظم المعلومات الجغرافية من خلال خاصية Arc GIS Spatial AndAnalyst Buffer .

وتم ايضا استخدام عدة مرئيات للاقمار قمر لاندسات Landsat 7 والقمر Ikonos 7 والقمر Quick Bird 2 كأساس لعمل خرائط منطقة الدراسة فضلا عن توقيع ودراسة سطح العراق ودراسة دور التضاريس ودورها في التحكم بسرعة الرياح واستخدام خرائط طبوغرافية وتفصيلية لكافة مناطق محطات الدراسة ذات مقياس ١:١٠٠٠٠٠ و١:٢٥٠٠٠ وخرائط أخرى مختلفة المقياس وتم عمل Geometric correction للخرائط والمرئيات ببرنامج ERDAS IMAGEN 8.7 ،وتم الاستعانة بمجموعة من المعادلات الرياضية التي تم معالجتها ببرنامج ARCmap وادخالها والتي يمكن من خلالها تحويل سرعة الرياح الى طاقة كهربائية مقاسة بالواط/المتر المكعب ،حيث إن الطاقة هي مقدار الشغل المنجز في وحدة الزمن ، وطبقا لذلك فان طاقة الرياح في وحدة المساحة (واط/م٢) تعطى بالمعادلة(٨):

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3$$

الطاقة الحركية للرياح= ١/٢ ×المساحة×الكثافة ×مكعب سرعة الهواء

علما إن كثافة الهواء =١,٢، وهذه المعادلة تمثل الطاقة المحسوبة للهواء غير المنتظم (أي بدون مروحة الهواء) في الموقع،وكما نلاحظ ان طاقة الرياح المباشرة تتناسب طرديا مع مكعب سرعة الرياح بالاضافة الى مساحة المقطع العرضي للمروحة.

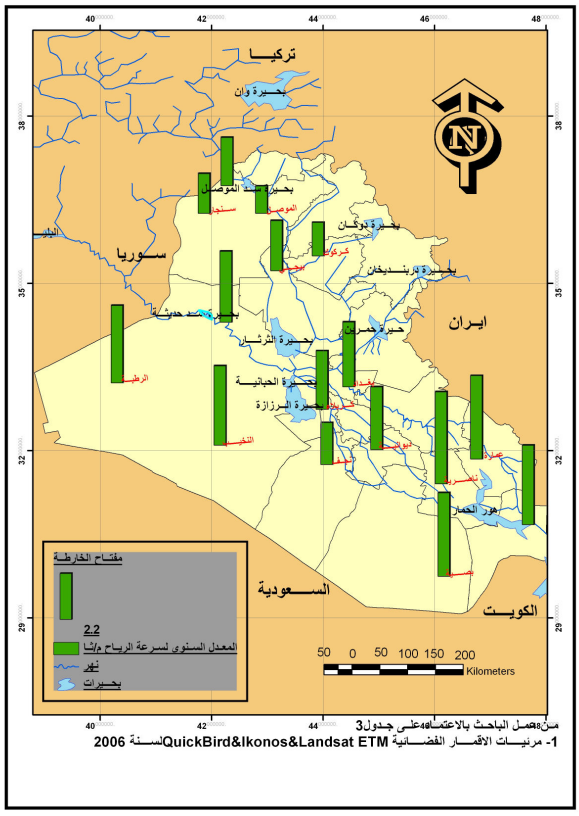
وبعد إجراء عملية إدخال ومعالجة وتحليل البيانات يتضح من التحليل الفصلي في الجدول(١) و(٢) ان معدلات سرعة الرياح تزداد ابتداءً من المنطقة الشمالية (الجبلية والمتموجة) باتجاه المنطقة الغربية والجنوبية (الهضبة الغربية والسهل الرسوبي) حيث سجلت سرعة للرياح في المنطقة الجبلية خلال فصل الصيف كما هو في الخارطة (٤) إذ بلغت نحو (٢,٥ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(9.37)** واط/م٢، وسجلت ادنى سرعة للرياح خلال فصل الخريف اذ بلغت نحو (١,٨ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(3.49)** واط/م٢،وهذه السرعة خلال هذين الفصلين ضمن نطاق المنطقة الجبلية تعد من المناطق قليلة السرعة، اما في

المنطقة المتموجة فان اعلى سرعة سجلت فيها خلال فصل الصيف حوالي (٢,٣ متر/ثا) تقابلها قيمة لطاقة الرياح وهي **(7.3)** واط/م٢،بينما سجلت أدنى سرعة في فصل الشتاء حوالي (١,٣ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(١,٣١)** واط/م٢،وتعد هذه السرعة قليلة في هذه المنطقة ايضاً ,اما الهضبة الغربية فان أعلى سرعة سجلت فيها خلال فصل الصيف حوالي(٤,٦ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(٥٨,٤٠)** واط/م٢، وتعد هذه السرعة مرتفعة نسبياً قياسا بالمنطقة الجبلية والمتموجه وهي رياح ملائمة من حيث سرعتها لتدوير المراوح الكهروهوائية بينما ادنى سرعة للرياح سجلت خلال فصل الخريف حوالي (٢,٩ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي**(١٤,٦٣)** واط/م٢،اما منطقة السهل الرسوبي فأن اعلى سرعة للرياح سجلت خلال فصل الصيف بنحو (٤,٤ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(51.1)** واط/م٢، وهي تعتبر رياح مرتفعة السرعة وملائمة لتدوير المراوح الكهروهوائيه وان ادنى سرعة للرياح سجلت في فصلي الشتاء والخريف بنحو (٢,٧ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(11.8)** واط/م٢.

ويعزى سبب تزايد معدلات سرعة الرياح وطاقة الرياح في المنطقتين الوسطى والجنوبية عنها في المنطقة الشمالية، إلى جملة عوامل جغرافية أبرزها اختلاف طبوغرافية سطح الارض التي تعمل على تقليل سرعة الرياح في المنطقة الشمالية وارتفاعها في المنطقة الوسطى والجنوبية، وبالرغم من ارتفاع عدد المنخفضات الجوية المارة على المنطقة الشمالية الا إن سرعة الرياح تتأثر بشكل الأرض الطوبوغرافي، بينما يقل في المنطقة الوسطى والجنوبية.

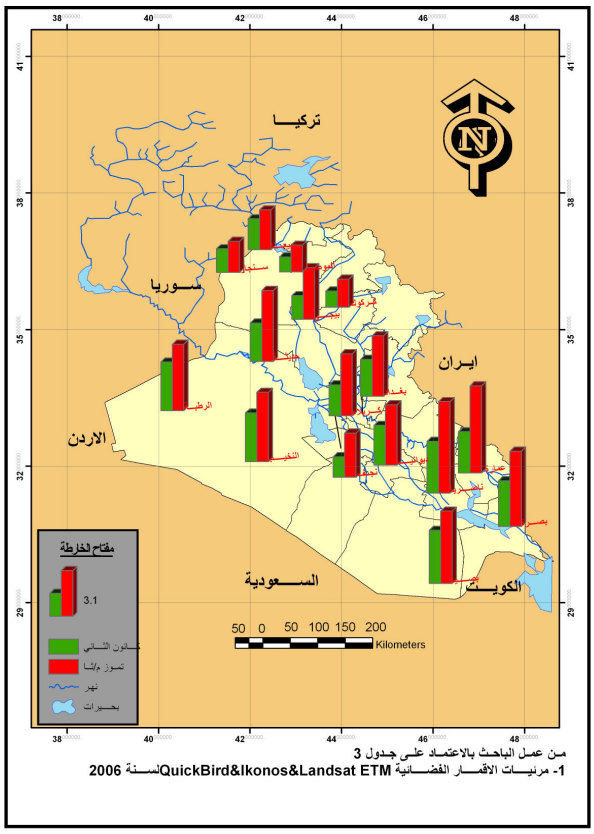
وتركز مرور المنخفضات الخماسينية فوق المنطقة الوسطى والجنوبية اكثر من المنطقة الشمالية فضلا عن زيادة سرعة التسخين في المنطقتين الوسطى والجنوبية عنها في المنطقة الشمالية([9])، لطول الفصل البارد وتراكم الثلوج فوق المرتفعات الجبلية، مما يزيد من حالة عدم الاستقرار في المنطقتين الوسطى والجنوبية التي تساعد على زيادة سرعة الرياح ولا شك ان قلة الغطاء النباتي في المنطقة الوسطى والجنوبية عامل ايجابي للمنطقتين الوسطى والجنوبية في عدم إعاقة سرعة الرياح.

خارطة رقم (4) المعدل السنوي لسرعة الرياح م/ثا لمحطات البحث للفترة من 1978 - 2008



من عمل الباحث بالاعتماد على جدول3
1- مرئيات الاقمار الفضائية QuickBird&Ikonos&Landsat ETM لسنة 2006

خارطة رقم (5) المعدل الشهري لسرعة الرياح م/ثا لمحطات البحث لشهري تموز وكانون الثاني للفترة من 1978 - 2008



من عمل الباحث بالاعتماد على جدول 3
1- مرئيات الاقمار الفضائية QuickBird&Ikonos&Landsat ETM لسنة 2006

تحليل سرعة الرياح باستخدام خرائط خطوط التساوي لشهري تموز وكانون الثاني

تعد خطوط تساوي السرعة من الطرائق المهمة في الخرائط الانوائية التي تكشف عن مناطق السرعة العالية والواطئة للرياح(١٠) ، وتم استخدام هذه الطريقة لتحليل المعدلات الشهرية لسرعة الرياح للمحطات الرصدية في العراق المنتخبة وللفترة الزمنية (١٩٧٨–2008). وقد رسمت خطوط تساوي على الخارطة بفرق بين خط واخر (0.5 م/ثا) و بارتفاع (10) متر عن سطح الأرض(١١).

وتبين من خلال الخارطة(٦) و(٧)خطوط تساوي السرعة، لشهري كانون الثاني و تموز، يلحظ من الخرائط تدرج قيم الخطوط من المنطقة الشمالية الى المنطقة الجنوبية، وذلك بسبب وجود التضاريس الارضية التي تؤدي بدورها الى تقليل سرعة الرياح، وكذلك نلحظ التدرج في قيم سرعة الرياح على السطح، حيث تزداد قيم سرعة الرياح بصورة تدريجية لكل شكل . تظهر الاشكال تبايناً كبيراً في سرعة الرياح بين مناطق الرياح الاربعة (المنطقة الجبلية، المتموجة،الهضبةالغربية والسهل الرسوبي).

يلحظ من خلال التحليل لمعدلات الفترة من ١٩٧٨–٢٠٠٨ إن في شهر كانون الثاني سجلت ادنى قيمة لسرع الرياح كانت في المنطقة المتموجة حيث سجلت (1.0م/ثا) في كل من محطة الموصل تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (0.79) واط/م٢ و (١,١) لكركوك تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (0.80) واط/م٢، تقابلها

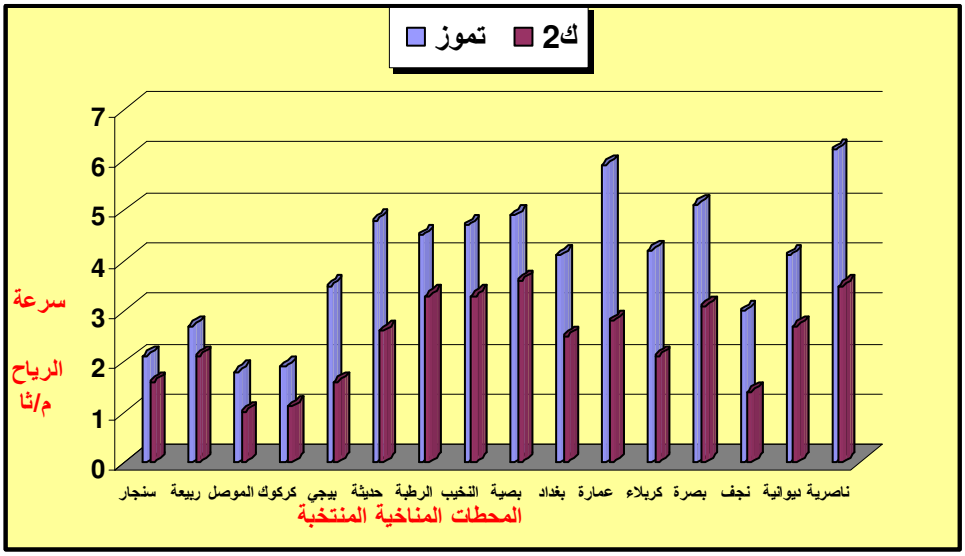
أعلى قيمة لسرعة الرياح وهي (٣,٦ م/ثا) لمحطة البصية في الجزء الجنوبي من القطر لنفس الشهر وتقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (٢٧,٩٩) واط/م٢.

أما شهر تموز فقد سجلت ادنى قيمة لسرعة الرياح فيه (١,٨م/ثا) لمحطة الموصل في المنطقة المتموجة تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (3.49) واط/م٢، تقابلها أعلى قيمة للسرعة (٦,٢ م/ثا) لكل من محطة الناصرية تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (١٤٢,٩٩) واط/م٢ والعمارة(٥,٩ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (١٢٣,٢٢) واط/م٢ والبصرة(٥,١ متر/ثا)تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (79.59) واط/م٢) في والبصية (٤,٩ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (٦٢,٢٩) واط/م٢ في السهل الرسوبي، ويلحظ من خلال التحليل إن هنالك تباين واضح في سرعة الرياح ويعود السبب في عامل هذا التباين الى سرع الرياح و الاختلاف الكبير في درجة الحرارة ما بين فصلي الصيف والشتاء فضلاً عن العامل الطوبوغرافي لكل منطقة، ويتبين من هذا التحليل ان أعلى معدلات سرعة الرياح تلاحظ في المنطقة الغربية والجنوبية ولاشهر الصيف المتمثلة بشهرايار و حزيران و تموز،ان سبب تسارع الرياح في فصل الصيف يعود إلى الحمل الحراري الذي يزداد نشاطاً في هذا الفصل بسبب التسخين لليابس فضلاً عن زيادة شدة المنحدر الضغطي بسبب تعمق المنخفض الحراري الموسمي في فصل الصيف([١٢]).

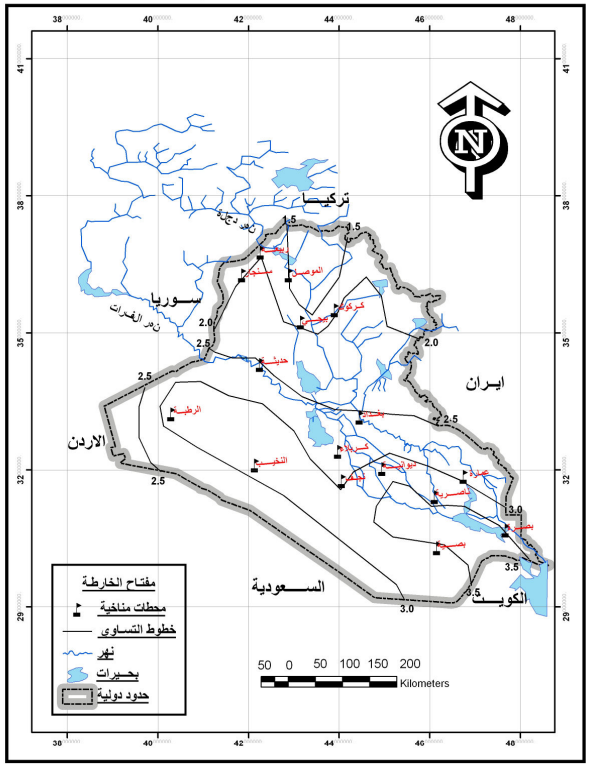
أما تسارعها في فصل الربيع فانه ناتج عن تأثر محطات منطقة الدراسة بالدوامات القطبية ودوامات البحر المتوسط ونشوء الأخاديد الضغطية ([13])، في حين يعود تباطئ معدل سرعة الرياح في فصلي الشتاء والخريف إلى ضآلة النشاط الحراري وسيادة تأثير المرتفع السيبيري وتراجع المنخفض الموسمي على الرغم من تزايد تكرار المنخفضات الجوية وضعف نشاط الحمل الحراري في فصل الخريف([14]).

,تتدرج المعدلات الفصلية لسرعة الرياح على نحو عام من الشمال إلى الجنوب، إذ ترصد أوطأ المعدلات في المنطقة الشمالية في حين ترصد أعلاها في محطات المنطقة السهل الرسوبي، وبهذا تمثل المنطقة الوسطى نطاقاً انتقالياً بين الاثنين، والسبب في ذلك يعود إلى عاملي خشونة سطح الأرض والحمل الحراري، إذ يتناقص الأول ذي التأثير السلبي ويزداد الثاني ذي التأثير الايجابي بالاتجاه نفسه انظر الشكل (٣).

شكل(٣) معدلات السرعة للرياح لمحطات منطقة الدراسة للفترة من ١٩٧٨–٢٠٠٨

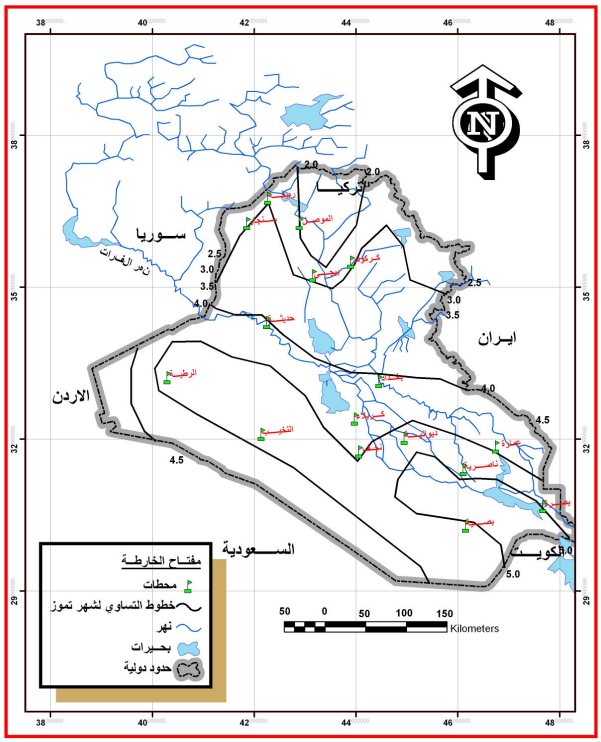


خارطة (6) خارطة خطوط تساوي السرعة لشهر كانون الثاني لمحطات منطقة الدراسة



من عمل الباحث بالاعتماد على جدول 3
1- مرئيات الاقمار الفضائية QuickBird&Ikonos&Landsat ETM لسنة 2006

خارطة (7) خارطة خطوط تساوي سرعة الرياح لشهر تموز لمحطات الدراسة



من عمل الباحث بالاعتماد على جدول 3
1- مرئيات الاقمار الفضائية QuickBird&Ikonos&Landsat ETM لسنة 2006

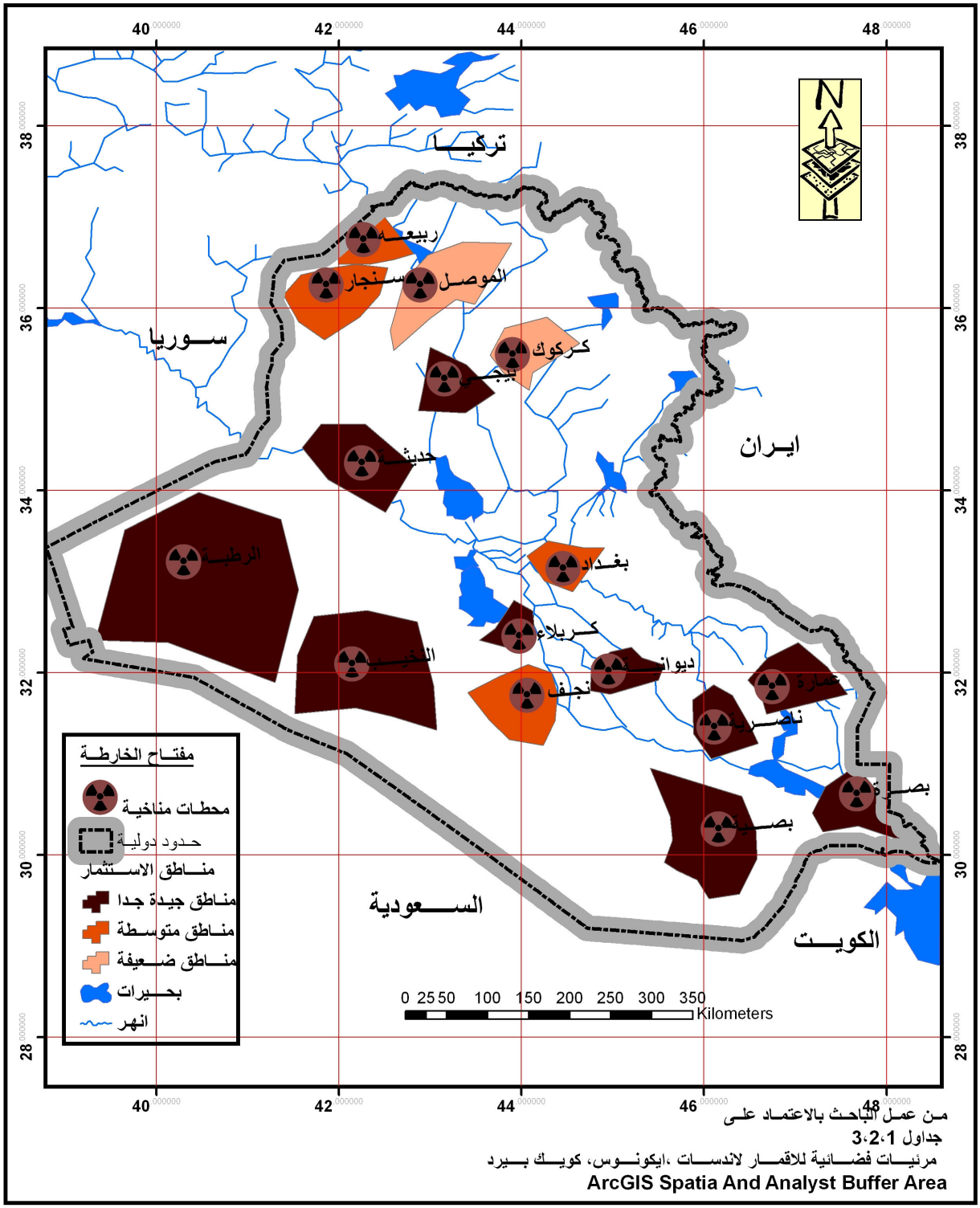
الجدوى الاقتصادية لسرعة الرياح في العراق

إن مقدار سرعة الرياح يؤثر بشكل جذري في تحديد الجدوى الاقتصادية من عملية نجاح هذه التقنية حيث إن تصميم تلك العنفات الريحية والمختلفة الأحجام تتوقف على سرعة الرياح والتي تترتب عليها مقدار الطاقة المنتجة من تلك المنظومات(١٠)،وإن السرعة الدنيا التي يمكن أن تعطي فيها المحطات الكهروريحية بشكل مجدي وبحسب انواع المراوح يتراوح بين ٢,٥-٣ متر/ثا صعوداً لكي يتسنى لها قدره في دوران المراوح الهوائية التي تتحول بدورها الى طاقة كهربائية من خلال مولدات وبطاريات وكلما ارتفعت سرعة الرياح كلما زادت طاقتها بالإضافة الى عدد أيام او شهور السنة التي تكون بها تلك المقاييس لكي نحصل على طاقة مستمرة. فالتغير الفصلي و التغير ما بين الليل و النهار، واختلاف تأثير قوة كوريولس و الانعكاسية بين اليابسة و الماء و التضاريس الأرضية المختلفة و غيرها من العوامل التي تقلل من سرعة الرياح و بالتالي تؤثر على الطاقة الناتجة وهناك عامل أخر هو إن نجاح طاقة الرياح هو متعلق في بلدنا في أسعار النفط باعتباره السلعة الرئيسة بصادرات العراق حيث كلما ارتفع سعر النفط كلما ازداد الطلب على طاقة الرياح وأصبحت أكثر جدوى ومفيدة من الناحية الاقتصادية وان انتاج العالم من طاقة الرياح لعام ٢٠٠٤ بلغ ٤٠٠٠٠ ميغا واط من الكهرباء أي ما يكفي ١٥ مليون عائلة عراقية مكتفية من الكهرباء على اساس التوزيع الحالي لذا لابد من التفكير وبجدية في انتاج الكهرباء بالطاقة البديلة .

التحليل المكاني لحركة الرياح واختيار الأماكن الملائمة لتوقيع المحطات

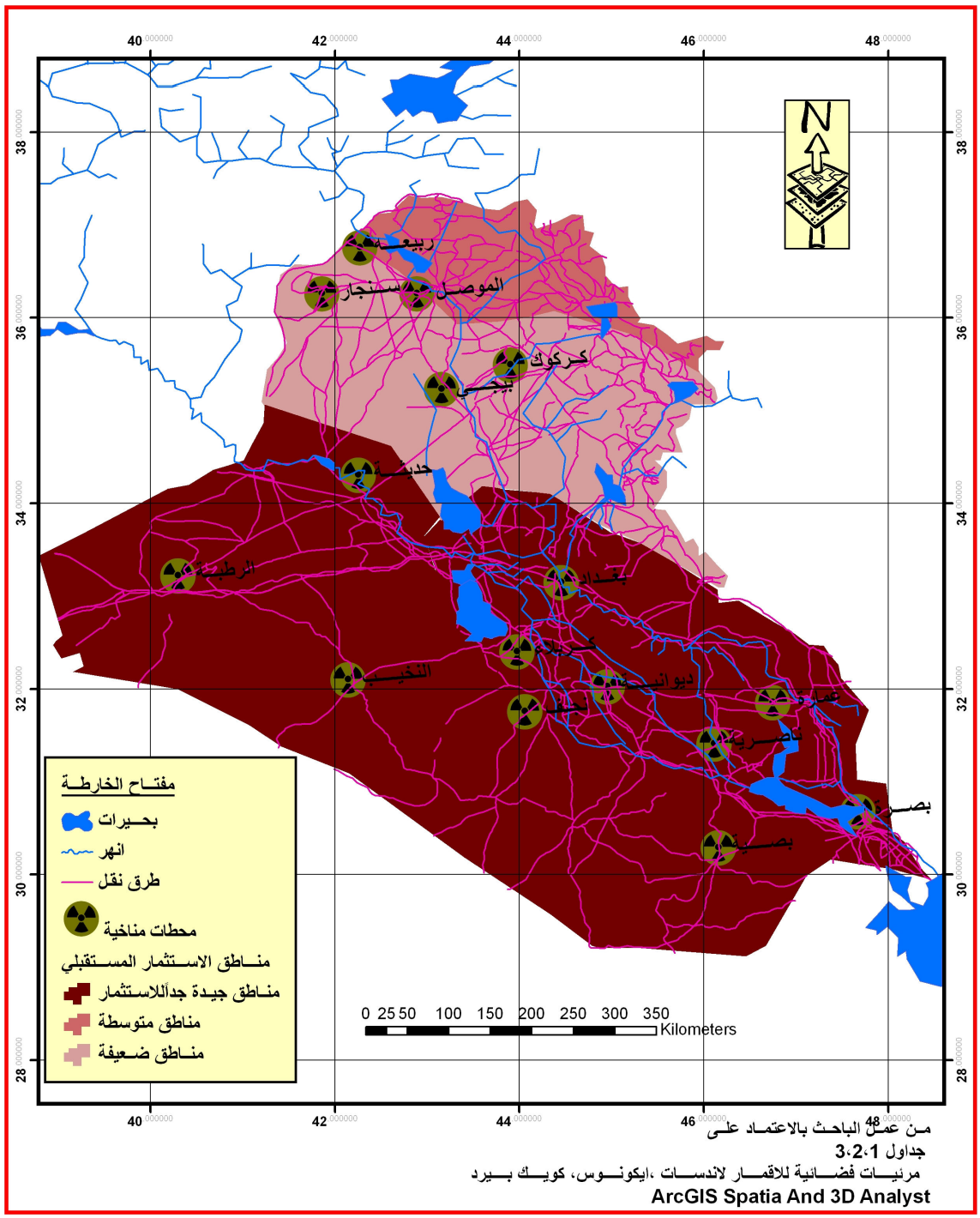
من خلال نتائج التحليل المعتمدة على الشكل الطبوغرافي والمرئيات الفضائية وخرائط تحليل سرعة واتجاه الرياح لمنطقة الدراسة يمكن تحديد المناطق الملائمة لغرض نصب مزرعة رياح تعمل على توليد القدرة الكهربائية من قدرة الرياح حيث عملت سرعة واتجاه الرياح وشكل سطح الأرض والموقع الفلكي لمناطق التوقيع دوراً مهم في تشكيل خرائط إنشاء وبناء محطات توليد الكهرباء والمكان المناسب لإنشاء أماكن تنصيب المراوح الهوائية وبعد إدخال وتحليل بيانات واتجاه السرعة للرياح في العراق وبمساعدة برامجيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ومن خلال خاصية Arc GIS Spatia And 3D Analyst ،تم الوصول الى إنتاج خرائط مبنية على المعلومات الإحصائية والعمليات الحسابية(١٦) التي توصل إليها البحث من اجل تقديم تلك المعلومات والخرائط الى متخذي القرار لكي يتسنى لتلك التقنيات ان تدخل حيز التطبيق والاستفادة من تلك المصادر النظيفة والمتجددة ولقد قسمت منطقة الدراسة إلى ثلاث فئات وهي جيدة جداً ومثالية ومتوسطة وضعيفة أي مستبعدة وتبين خارطة التحليل (٨،٩) ان أفضل المناطق التي تنشط فيها الرياح هي في المناطق الغربية والمناطق الجنوبية المتمثلة بالسهل الرسوبي (١٧).

خارطة(8) منـــاطق الاســـتثمار المســـتقبلي لطاقـــة الريـــاح فـــي العـــراق



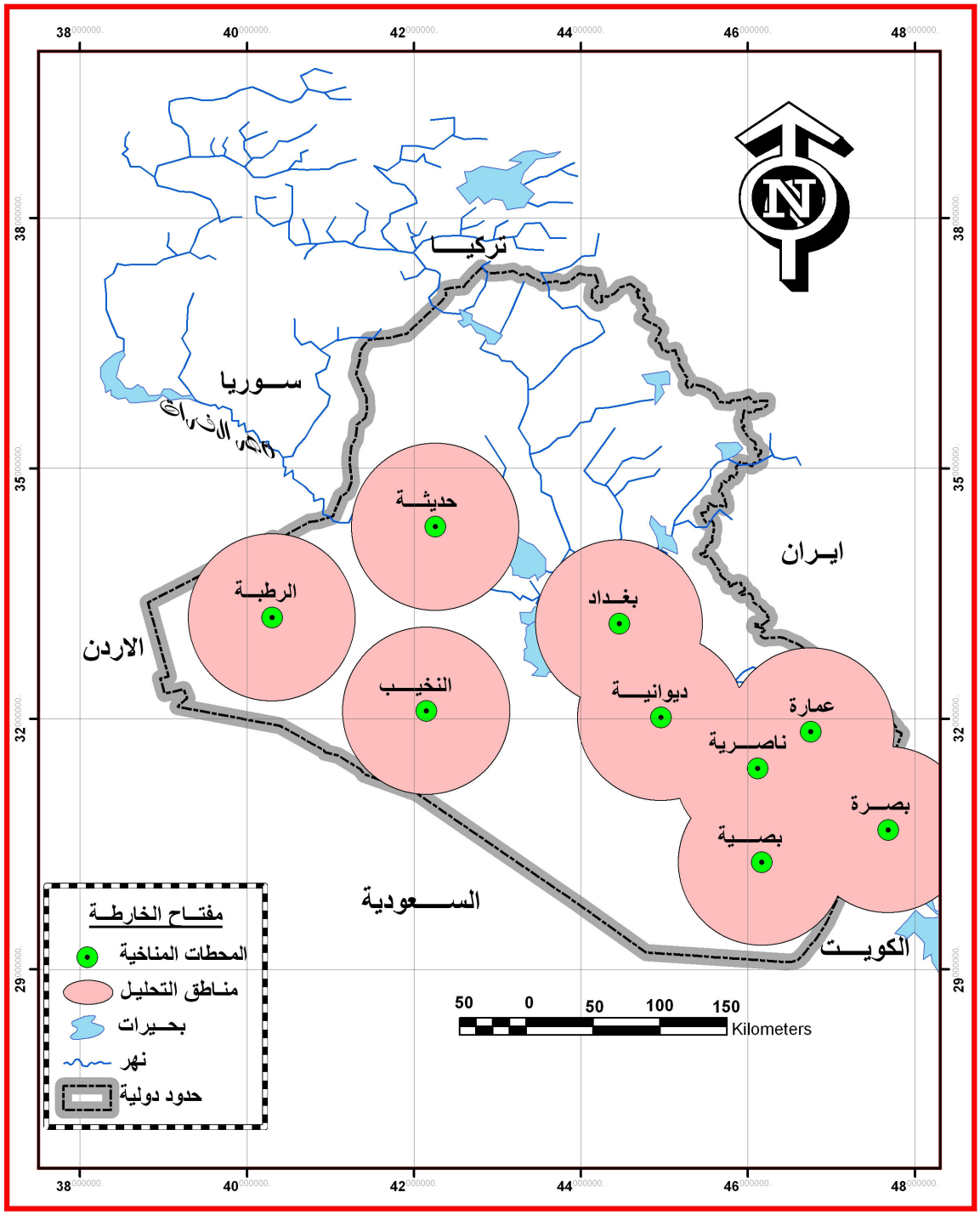
من عمل الباحث بالاعتماد على
جداول 1،2،3
مرئيـات فضـائية للاقمـار لاندسـات ،ايكونـوس، كويـك بـيرد
ArcGIS Spatia And Analyst Buffer Area

خارطة(9) منـــاطق الاســـتثمار المســـتقبلي لطاقـــة الريـــاح بحســـب اقســـام ســـطح العـــراق



من عمل الباحث بالاعتماد على
جداول 1،2،3
مرئيات فضائية للاقمار لاندسات ،ايكونوس، كويك بيرد
ArcGIS Spatia And 3D Analyst

خارطة (10) المناطق الملائمة لنصب محطات المراوح الهوائية بحسب نتائج التحليل



من عمل الباحث بالاعتماد على جدول 3

1- مرئيات الاقمار الفضائية QuickBird&Ikonos&Landsat ETM لسنة 2006

ArcGIS Spatial And Analyst_BUFFER

الاستنتاجات:

١- أظهرت النتائج إن سرعة الرياح في شهر كانون الثاني سجلت ادنى قيمة لسرعة الرياح كانت في المنطقة المتموجة حيث سجلت (1.0م/ثا) في كل من محطة الموصل تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (0.79) واط/م٢ و (١,١) كركوك تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (0.79) واط/م٢، تقابلها أعلى قيمة لسرعة الرياح وهي (٣,٦ م/ثا) لمحطة البصية في الجزء الجنوبي من القطر لنفس الشهر وتقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (٢٧,٩٩) واط/م٢.

أما شهر تموز فقد سجلت أدنى قيمة لسرعة الرياح فيه (١,٨م/ثا) لمحطة الموصل في المنطقة المتموجة تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (3.49) واط/م٢، تقابلها أعلى قيمة للسرعة (٦,٢ م/ثا) لكل من محطة الناصرية تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (١٤٢,٩٩) واط/م٢ والعمارة(٥,٩ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (١٢٣,٢٢) واط/م٢ والبصرة(٥,١ متر/ثا)تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (79.59) واط/م٢) في والبصية(٤,٩ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي (٦٢,٢٩) واط/م٢،في الديوانية في السهل الرسوبي.

٢- أظهرت نتائج التحليل ان معدلات سرعة الرياح تزداد ابتداءَ من المنطقة الشمالية (بالجبلية والمتموجة) باتجاه المنطقة الغربية والجنوبية (الهضبة الغربية والسهل الرسوبي) حيث سجلت سرعة للرياح في المنطقة الجبلية خلال فصل الصيف كما هو في الخارطة (٤) إذ بلغت نحو (٢,٥ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(9.37)** واط/م٢، وسجلت ادنى سرعة للرياح خلال فصل الخريف اذ بلغت نحو (١,٨ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(3.49)** واط/م٢،وهذه السرعة خلال هذين الفصلين ضمن نطاق المنطقة الجبلية تعد من المناطق قليلة السرعة، اما في المنطقة المتموجة فان اعلى سرعة سجلت فيها خلال فصل الصيف بنحو (٢,٣ متر/ثا) تقابلها قيمة لطاقة الرياح وهي **(7.3)** واط/م٢،بينما سجلت أدنى سرعة في فصل الشتاء بنحو (١,٣ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(١,٣١)** واط/م٢،وتعد هذه السرعة قليلة في هذه المنطقة ايضاً ,اما الهضبة الغربية فان أعلى سرعة سجلت فيها خلال فصل الصيف بنحو(٤,٦ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(٥٨,٤٠)** واط/م٢ وتعد هذه السرعة مرتفعة نسبياً قياسا بالمنطقة الجبلية والمتموجة وهي رياح ملائمة من حيث سرعتها لتدوير المراوح الكهروريحية بينما أدنى سرعة للرياح سجلت خلال فصل الخريف بنحو (٢,٩ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي**(١٤,٦٣)** واط/م٢ اما منطقة السهل الرسوبي فأن اعلى سرعة للرياح سجلت خلال فصل الصيف بنحو (٤,٤ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(51.1)** واط/م٢، وهي تعتبر رياح مرتفعة السرعة وملائمة لتدوير المراوح الكهروهوائيه وان

ادنى سرعة للرياح سجلت في فصلي الشتاء والخريف بنحو (٢,٧ متر/ثا) تقابلها قيمة طاقة الرياح وهي **(11.8)** واط/م٢

٣- أظهرت نتائج التحليل إمكانية استثمار طاقة الرياح تتركز في المنطقتين الوسطى والجنوبية أكثر من المنطقة الشمالية، وهذا مايستدعي الاهتمام والتوجه عند وضع خطط التنمية المستقبلية والعمل إلى استغلال هذه المناطق وخاصة الهضبة الغربية والسهل الرسوبي لاقامة مزارع لإنتاج الطاقة الكهروريحية .

٧- إن الرياح الشمالية الغربية والغربية هي الرياح الأكثر سيادة بين اتجاهات الرياح في منطقة الدراسة خلال معدلات تكرارها السنوية.

٦- أظهرت نتائج التحليل أيضا ان العراق يمتلك إمكانيات للطاقة المتجددة بما فيها الرياح , تؤهله لاستثمارها في مجال الطاقة الكهربائية , بما يحقق الرفاهية للمجتمع العراقي , لاسيما المناطق البعيدة والصحراويةوحل مشكلة نقص الكهرباء .

٤- أظهرت نتائج التحليل ان أفضل المناطق في توليد الكهرباء لخدمة المستقرات البشرية في معظم إنحاء العراق في مناطق الجزيرة والبيجي وبصية والناصرية إذ تتوافر سرعة للرياح عالية, فضلا عن صغر حجم المستقرات البشرية في بالمناطق الصحراوية وماتعانيه من نقص وصعوبة وصول خطوط الشبكة الوطنية للطاقة ومراكز بيع النفط والغاز المناطق الجبلية مثلا في شمال العراق التي تعاني أيضا من بعدها عن خطوط الشبكة الوطنية للطاقة الكهربائية.

المراجع:

([1]) شبكة الانترنيت عنوان الموقع http://www.pcinty.com

([2]) وزارة الكهرباء ،دائرة انتاج الطاقة الكهربائية ،معلومات عن محطات انتاج الطاقة الكهربائية في العراق ،معلومات غير منشورة ،٢٠٠٩

([3]) شبكة الانترنيت عنوان الموقع http://www.moelc.go.ig

([4])الحايك ،سلطان جدوى استخدام طاقة الرياح في توليد الكهرباء، المركز الوطني لبحوث الطاقة،الدورية الأردنية لملخصات الطاقة،٢٠٠٣،ص١٩

([5]) الشلش،علي حسين،وآخرون،الأقاليم المناخية،مطبعة جامعة بغداد،١٩٧٨،ص٥٥

البياتي،صبري مصطفى،أحلام جمعة الدوري،تصنيف مناخ العراق،مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد٤٥، ٢٠٠٠

([6])ص٣١٥

([7]) وسام الدين محمد،مقدمة في نظم المعلومات الجغرافية،٢٠٠٦،ص٤٥

([8]) سعود يوسف عياش،تكنولوجيا الطاقة البديلة،عالم المعرفة،الكويت، ١٩٨٠،ص٤٣

([9]) السامرائي،قصي عبد المجيد،المناخ والأقاليم المناخية،دار اليازوري للنشر والتوزيع،الأردن،٢٠٠٨،ص٦٣

([10])العاني،حازم توفيق،ماجد السيد ولي،خرائط الطقس والتنبؤ الجوي،جامعة البصرة،١٩٨٦ ،ص٣٤

([11]) الجوهري، الخرائط الجغرافية ،مكتبة الإشعاع للطباعة والنشر والتوزيع ،مصر ،١٩٩٧،ص ٣٤٨

([12]) سليمان،محمد محمود،محطة الرطبة دراسة مناخية تفصيلية،رسالة ماجستير غير منشورة،كلية التربية،جامعة الانبار، 2004،ص٧١

([13])حديد،احمد سعيد،واخرون،المناخ المحلي،جامعة بغداد،١٩٨٢،ص ١٤٨

([14])الاسدي،كاظم عبد الوهاب حسن،تكرار منخفض الهند الموسمي فوق العراق وأثره في تحديد اتجاهات الرياح السطحية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد ٣٧ ،١٩٩٨ ،ص ١٩٩

([15]) الروحي،نواف،مصادر الطاقة في الوطن العربي والعالم،الواقع والافاق المستقبلية ،تونس،١٩٩٤، ص ٤٥

Fisher, M. Scholten, H.J. and Unwind 1996"Spatial Analytical perspectives on GIS ([16]) ".Taylor& Francis Ltd.Britain. p 129-138

([17])وزارة التخطيط والتعاون الانمائي ،الجابري،رسول ،تنمية المناطق الصحراوية ، بغداد، ١٩٨٨.