Iraqi Journal of Humanitarian, Social and Scientific Research المجلة العراقية للبحوث الانسانية والاجتماعية والعلمية
Print ISSN: 2710-095 Electronic ISSN 2790-1254
عدد خاص بالمؤتمر العلمي الدولي الثامن لكلية التربية ابن رشد للعلوم الانسانية – جامعة بغداد بعنوان
التكامل المعرفي للدراسات التربوية والاجتماعية

أثر الاحترار الأرضي في طاقة الرياح وتنميتها المستدامة في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق

م.د. شيماء كريم هادي القريشي
جامعة بغداد/كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية
shayma.k@ircoedu.uobaghdad.edu.iq
م.د عمر حمدان عبد الله الشجيري
وزارة التربية/ مديرية تربية واسط
Omarhamdin1989@gmail.com

المستخلص:
يهدف هذا البحث إلى تحليل أثر الاحترار الأرضي في خصائص الرياح وانعكاساته على إمكانات طاقة الرياح والتنمية المستدامة في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق. اعتمدت الدراسة على تحليل بيانات مناخية طويلة الأمد للمدة (1985–2024) شملت متوسطات درجات الحرارة وسرعة الرياح لعدد من المحطات المناخية، باستخدام أساليب التحليل الإحصائي وتحليل الاتجاهات الزمنية، فضلاً عن حساب كثافة طاقة الرياح اعتماداً على معادلة القدرة الناتجة عن حركة الهواء. أظهرت النتائج اتجاهاً عاماً نحو ارتفاع درجات الحرارة في معظم المحطات، مقابل ميل واضح لانخفاض سرعة الرياح في العقود الأخيرة، إذ سجلت نحو (70–90%) من المحطات اتجاهاً تناقصياً خلال المدة (2005–2024). كما تركزت أعلى قيم طاقة الرياح في بعض محطات المنطقة الجنوبية خلال العقود الثلاثة الأولى، متجاوزة (70 واط/م²)، في حين انخفضت في محطات أخرى إلى أقل من (10 واط/م²) مع تغير ملحوظ في توزيعها المكاني في العقد الأخير. وأظهرت النتائج وجود علاقة عكسية بين درجة الحرارة وسرعة الرياح في معظم المحطات، حيث بلغ معامل الارتباط نحو (-0.45). وتشير هذه النتائج إلى أن تزايد الاحترار الأرضي قد يسهم في تراجع نشاط الرياح وكثافة طاقتها، مما يستدعي إدماج البعد المناخي في تخطيط مشاريع الطاقة المتجددة في العراق.
الكلمات المفتاحية: الاحترار الأرضي، المنطقتين الوسطى والجنوبية، كثافة طاقة الرياح، الطاقة المستدامة، العراق.

The Impact of Global Warming on Wind Energy and Its Sustainable Development in the Central and Southern Regions of Iraq

Assist. Prof. Dr. Shaymaa Karim Hadi Al-Quraishi
University of Baghdad / College of Education Ibn Rushd for Human Sciences
shayma.k@ircoedu.uobaghdad.edu.iq
Assist. Prof. Dr. Omar Hamdan Abdullah Al-Shujairi
Ministry of Education / Wasit Education Directorate
Omarhamdin1989@gmail.com

Abstract:
This research aims to analyze the impact of global warming on wind characteristics and its implications for wind energy potential and sustainable development in the central and southern regions of Iraq. The study relied on the analysis of long-term climatic data for the period (1985–2024), including average temperatures and wind speeds from a number of meteorological stations, using statistical analysis methods and time trend analysis, as well as calculating wind power density based on the power equation generated from air motion. The results showed a general trend toward increasing temperatures in most stations, in contrast to a clear tendency for wind speed to decrease in recent decades, as about (70–90%) of the stations recorded a declining trend during the period (2005–2024). The highest values of wind power density were concentrated in some stations of the southern region during the first three decades, exceeding (70 W/m²), while they decreased in other stations to less than (10 W/m²), with a noticeable change in their spatial distribution during the last decade. The results also showed the existence of an inverse relationship between temperature and wind speed in most stations, where the correlation coefficient reached about (-0.45). These results indicate that the increasing global warming may contribute to a decline in wind activity and wind power density, which requires integrating the climatic dimension into the planning of renewable energy projects in Iraq.
Keywords: Global warming, the central and southern regions, wind power density, sustainable energy, Iraq.

اولاً: مقدمة:

يشهد العالم في العقود الأخيرة تغيرات مناخية متسارعة تمثلت في الارتفاع المستمر في متوسط درجات الحرارة العالمية، وهو ما يعرف بظاهرة الاحترار الأراضي، الناتجة عن زيادة تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، وقد أصبحت هذه الظاهرة من أبرز التحديات البيئية والاقتصادية في القرن الحادي والعشرين، لما لها من تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على الأنظمة الطبيعية والأنشطة البشرية، ومن بينها قطاع الطاقة.

تعد طاقة الرياح من مصادر الطاقة المتجددة ذات الأهمية التي يعول عليها في تحقيق التنمية المستدامة وتقليل الاعتماد على الوقود الاحفوري، إذ تعتمد كفاءة إنتاجها على خصائص مناخية دقيقة، أهمها سرعة الرياح وانتظامها، ومن ثم فإن أي تغير في هذه الخصائص نتيجة الاحترار الأرضي قد يؤدي الى تغير في إمكانات إنتاج الطاقة الكهربائية من هذا المصدر.

يعد العراق من الدول التي تعاني من ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة وتزايد موجات الحر والتطرف المناخي، ولاسيما في المنطقتين الوسطى والجنوبية، اللتين تتميزان بخصائص مناخية وجغرافية قد تجعل منهما مناطق واعدة لاستثمار طاقة الرياح، لكنها في الوقت نفسه عرضة لتأثيرات التغير المناخي، ومع التوجه الوطني نحو تنويع مصادر الطاقة وتعزيز الاعتماد على الطاقة المتجددة، تبرز الحاجة الى دراسة علمية تربط بين الاحترار الأرضي وإمكانات طاقة الرياح في هذه المناطق.

من هنا تأتي أهمية هذا البحث في محاولة تحليل أثر الاحترار الأرضي على سرعة الرياح في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق، وبيان انعكاس ذلك على واقع ومستقبل الطاقة المستدامة، يسعى البحث إلى تقديم رؤية علمية يمكن أن تسهم في دعم التخطيط الاستراتيجي لقطاع الطاقة، بما ينسجم مع متطلبات التنمية المستدامة والتكيف مع التغيرات المناخية المستقبلية.

1- مشكلة البحث الرئيسة:

تعتبر مشكلة البحث جوهر العمل البحثي وهي تحدد مسارات اسئلة لم يتم الإجابة عليها، فمشكلة البحث الرئيسة هي:

تشهد المنطقتان الوسطى والجنوبية من العراق خلال العقود الأخيرة ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة وتزايداً في مظاهر التطرف المناخي، وهو ما يعزى الى ظاهرة الاحترار الأرضي، ونظراً لاعتماد طاقة الرياح على الخصائص المناخية، ولاسيما سرعة الرياح وانتظامها، فان أي تغير في هذه العناصر قد يؤثر بصورة مباشرة في كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية من هذا المصدر المتجدد.

وتتمثل مشكلة البحث في وجود قصور في الدراسات التطبيقية التي تربط بين الاحترار الأرضي وتغير خصائص الرياح وانعكاس ذلك على إمكانات الطاقة المستدامة في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق، رغم أهمية هذه المناطق في خطط التنمية الوطنية ومشروعات الطاقة المتجددة.

وعليه يمكن صياغة مشكلة البحث بالتساؤل الاتي:

كيف أثر الاحترار الأرضي في سرعة الرياح وإمكانات الطاقة المستدامة في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق؟

يتفرع عن هذا التساؤل الأسئلة الاتية:

1. هل حدثت تغيرات زمنية ذات دلالة إحصائية في سرعة الرياح خلال العقود الماضية؟
2. ما طبيعة العلاقة بين ارتفاع درجات الحرارة وتذبذب أنماط الرياح في منطقة البحث؟
3. كيف تنعكس هذه التغيرات على كفاءة وإنتاج مشاريع طاقة الرياح الحالية والمستقبلية؟
4. ما الإجراءات التخطيطية اللازمة لمواجهة التحديات المناخية وضمان استدامة مشاريع الطاقة المتجددة؟

2- فرضية البحث:

تنطلق البحث من فرضية رئيسة مفادها ان الاحترار الأراضي أثر بصورة مباشرة او غير مباشرة في سرعة الرياح، مما انعكس على كفاءة وإمكانات إنتاج طاقة الرياح في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق.

تتفرع عن هذه الفرضية الرئيسة الفرضيات الاتية:

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين ارتفاع متوسط درجات الحرارة وتغير سرعة الرياح في منطقة البحث.
2. يؤدي الاحترار الأرضي الى تغير في نمط الرياح نتيجة اضطراب التوازن الحراري، مما يؤثر في استقرار إنتاج طاقة الرياح.
3. إن التغيرات المناخية وما يصاحبها من تغير في أنماط سرعة الرياح وتذبذبها الزمني في العراق، ولاسيما في المنطقتين الوسطى والجنوبية، تؤثر بكل مباشر في كفاءة وإنتاجية مشاريع طاقة الرياح الحالية والمستقبلية، إذ قد تؤدي هذه التغيرات إلى زيادة أو انخفاض في القدرة التوليدية للطاقة تبعاً لطبيعة التغير في خصائص الرياح.
4. إن دمج الاعتبارات المناخية في التخطيط لمشاريع الطاقة المتجددة يزيد من كفاءة واستدامة إنتاج الطاقة مقارنة بالمشاريع التي لا تأخذ سيناريوهات التغير المناخي بالحسبان.

3- اهداف البحث:

1. تحليل الاتجاهات الزمنية لدرجات الحرارة في منطقة البحث للكشف عن الاحترار الأرضي خلال العقود الأخيرة.
2. دراسة تغير سرعة الرياح عبر المدة الزمنية المحددة.
3. قياس العلاقة الإحصائية بين ارتفاع درجات الحرارة وسرعة الرياح لتحديد طبيعة تأثير الاحترار الأراضي.
4. تقييم إمكانات إنتاج طاقة الرياح الحالية والمستقبلية في ضوء التغيرات المناخية المتوقعة.
5. تحليل واقع الطاقة المستدامة في المنطقتين الوسطى والجنوبية وتحديد التحديات المناخية التي تواجهها.
6. اقتراح توصيات واستراتيجيات تخطيطه تسهم في تعزيز كفاءة مشاريع الطاقة المتجددة وضمان استدامتها في ظل التغير المناخي المستقبلية.

4- أهمية البحث:

الأهمية العلمية: يسهم البحث في إثراء الدراسات الجغرافية والمناخية من خلال تحليل العلاقة بين الاحترار الأراضي وخصائص الرياح، وتقديم إطار تحليلي يربط بين الاحترار الارضي وإنتاج الطاقة المتجددة في العراق من الرياح.

الأهمية التطبيقية: يوفر نتائج يمكن الاستفادة منها في تخطيط وتنفيذ مشاريع طاقة الرياح، من خلال تحديد مدى تأثرها بالتغيرات المناخية، مما يساعد على تقليل المخاطر وزيادة كفاءة الاستثمار في قطاع الطاقة المستدامة.

الأهمية الاقتصادية: يساعد البحث في دعم توجه العراق نحو تنويع مصادر الطاقة وتقليل الاعتماد على الوقود الاحفوري، الامر الذي ينعكس ايجاباً على الاقتصاد الوطني ويعزز الاستقرار الطاقي.

الأهمية البيئية: يسلط الضوء على أهمية الطاقة المتجددة كوسيلة للتخفيف من آثار الإحترار الأرضي، ويعزز مفهوم التنمية المستدامة في ظل التحديات البيئية المتزايدة.

5- حدود البحث:

الحدود المكانية:

يقتصر البحث على المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق، وتشمل عدداً من المحافظات الواقعة ضمن هاتين المنطقتين، مثل (صلاح الدين، بغداد، ديالى، الانبار) في المنطقة الوسطى، (وسط، النجف، ذي قار، المثنى، البصرة) في المنطقة الجنوبية، وتم اختيار هذه المناطق نظراً لخصائصها المناخية والجغرافية واهميتها في خطط التنمية والطاقة المتجددة، وقد اختيرت خمس محطات مناخية لكل منطقة كما في جدول (1) وخريطة (1).

جدول (1) المحطات المناخية المنتخبة للتمثيل الجغرافي – المناخي لمنطقة البحث

ت	المحطات المناخية	دائرة العرض N^0	خط الطول E^0	الارتفاع(م)	رقم المحطة الانوائي	المنطقة
-1	بيجي	34 54	43 32	115	631	المنطقة الوسطى
-2	خانقين	34 21	45 23	175	637	
-3	الرمادي	33 27	43 19	48	645	
-4	بغداد	33 18	44 24	31	650	
-5	الرطبة	33 02	40 17	630	642	
-6	الحي	32 08	46 02	17	665	[illegible]

-7	النجف	31 57	44 19	53	670	
-8	العمارة	31 50	47 10	9	680	
-9	السماوة	31 16	45 16	11	674	
-10	البصرة	30 34	47 47	2	689	

المصدر: اعتمادا على وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم الانواء المائية والزراعية، (بيانات غير منشورة)، بغداد، 2025.

الحدود الزمانية

تعتمد البحث على تحليل البيانات المناخية خلال مدة زمنية تمتد من (1985-2024)، بهدف رصد التغيرات طويلة الأمد في درجات الحرارة وسرعة الرياح وتم دراسة البحث بشكل عقود وتضمن أربعة عقود.

خريطة (1) حدود ومحطات منطقة البحث

المصدر: اعتمادا على جدول (1) وأنموذج DEM في برنامج ARC GIS

6- منهجية البحث:

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة الخصائص المناخية والتحليل الاحصائي وتحليل الخرائط المناخية لتوزيع الرياح والمقارنة الزمنية بين العقود خلال مدة البحث.

ثانياً: عرض النتائج:

1. تغير درجة الحرارة:

جرى بحث التغيرات في درجة الحرارة لمعرفة نتائج الاحترار الأرضي وانعكاسات علاقته الإحصائية مع سرعة الرياح وقد تم ذلك ببحث المدد العقدية ورصد اتجاهات احترارها الزمني كما في جدول (2) والتحليل المكاني لخرائط نمذجة الاتجاهات (2) في الاتي:

1. العقد الأول (1985-1994)

يظهر من نتائج تحليل اتجاهات التغير لدرجة الحرارة لهذا العقد ان درجة الحرارة كانت تتجه نحو الانخفاض في (70%)، من المحطات المدروسة كانت أعلى محطة تشهد الانخفاض الحراري هي محطة السماوة بنسبة تغير عقدي بلغت (-3.72)% واقلها محطة خانقين بنسبة (-0.38)%، وهذا يعني ان تغيرات الاحترار لم تشهد زيادة حرارية وان المعدلات كانت منخفضة.

2. العقد الثاني (1995-2004)

يظهر من نتائج تحليل اتجاهات التغير لدرجة الحرارة لهذا العقد ان درجة الحرارة بدأت تتجه نحو الزيادة الحرارية المسجلة في قيم معدلاتها لتبلغ نسبة الزيادة (100%) في المحطات المدروسة كانت أعلى محطة تشهد الارتفاع الحراري هي محطة الحي بنسبة تغير عقدي بلغت (+4.05)% واقلها محطة السماوة بنسبة (+0.81)%، وهذا يعني ان تغيرات الاحترار بدأت تشهد زيادة حرارية واضحة في المعدلات التي بدأت تزداد تحت ظروف الاحترار.

3. العقد الثالث (2005-2014)

يظهر من نتائج تحليل اتجاهات التغير لدرجة الحرارة لهذا العقد ان درجة الحرارة بدأت تتجه نحو الزيادة الحرارية المسجلة في قيم معدلاتها لتبلغ نسبة الزيادة (80%) في المحطات المدروسة كانت أعلى محطة تشهد الارتفاع الحراري هي محطة العمارة بنسبة تغير عقدي بلغت (+20.47)% واقلها محطة خانقين بنسبة (+0.98)%، ويفسر هذا التغير ان الاحترار وكما هو واضح في خرائط النمذجة اذ بدأ يتجه مكانيا من جنوب العراق نحو المنطقة الوسطى.

4. العقد الرابع (2015-2024)

يظهر من نتائج تحليل اتجاهات التغير لدرجة الحرارة لهذا العقد ان درجة الحرارة مستمرة بالارتفاع على الرغم مما صورته نتائج تحليل الاتجاه التي كانت تتجه نحو الزيادة بنسبة الزيادة (40%) في المحطات المدروسة كانت أعلى محطة تشهد الارتفاع الحراري هي محطة الرطبة بنسبة تغير عقدي بلغت (+2.86)% واقلها محطة بغداد بنسبة (+0.11)%، لان الاحترار مستمر الارتفاع والدليل زيادة المعدلات الحرارية المسجلة أعلى من كل المدد العقدية الا ان وجود بعض التذبذبات التي شهدها هذا العقد من سنواته الأخيرة أحال دون دقة معاملات الاتجاه.

جدول (2) معدلات درجة الحرار (م^0) والاتجاه العام لتغير درجة الحرارة

ت	المحطة	المعدل	الاتجاه	التغير السنوي	التغير لمدة البحث	المدة
-1	بيجي	22.00	-0.02	-0.08	-0.84	العقد الأول (1985-1994)
-2	خانقين	22.30	-0.01	-0.04	-0.38	
-3	الرمادي	25.60	1.01	3.95	39.53	
-4	بغداد	22.70	-0.03	-0.15	-1.52	
-5	الرطبة	19.60	-0.02	-0.09	-0.92	
-6	الحي	25.00	-0.08	-0.34	-3.36	

-7	النجف	24.00	-0.07	-0.31	-3.12	
-8	العمارة	24.50	0.02	0.08	0.77	
-9	السماوة	24.60	-0.09	-0.37	-3.72	
-10	البصرة	25.50	0.02	0.09	0.94	
-1	بيجي	22.90	0.04	0.17	1.71	العقد الثاني (1995-2004)
-2	خانقين	23.40	0.09	0.39	3.89	
-3	الرمادي	29.90	0.09	0.29	2.91	
-4	بغداد	23.20	0.05	0.22	2.15	
-5	الرطبة	20.50	0.05	0.24	2.44	
-6	الحي	25.80	0.10	0.41	4.05	
-7	النجف	24.80	0.02	0.10	0.97	
-8	العمارة	25.50	0.09	0.37	3.71	
-9	السماوة	24.80	0.02	0.08	0.81	
-10	البصرة	26.70	0.04	0.16	1.63	
-1	بيجي	23.70	0.06	0.23	2.33	العقد الثالث (2005-2014)
-2	خانقين	24.30	0.02	0.10	0.98	
-3	الرمادي	31.40	0.21	0.68	6.80	
-4	بغداد	23.80	0.06	0.24	2.42	
-5	الرطبة	20.20	0.24	1.19	11.88	
-6	الحي	25.70	-0.08	-0.30	-3.04	
-7	النجف	25.80	-0.01	-0.03	-0.32	
-8	العمارة	27.30	0.56	2.05	20.47	
-9	السماوة	25.40	0.19	0.75	7.54	
-10	البصرة	26.90	0.14	0.51	5.08	
-1	بيجي	23.40	-0.09	-0.39	-3.92	العقد الرابع (2015-2024)
-2	خانقين	24.80	-0.01	-0.06	-0.57	
-3	الرمادي	30.50	-0.40	-1.31	-13.06	
-4	بغداد	24.50	0.00	0.01	0.11	
-5	الرطبة	21.40	0.06	0.29	2.86	
-6	الحي	25.90	-0.11	-0.44	-4.41	
-7	النجف	26.50	0.04	0.14	1.40	
-8	العمارة	26.30	-0.16	-0.60	-6.02	
-9	السماوة	26.20	-0.05	-0.21	-2.09	
-10	البصرة	27.80	0.07	0.25	2.46	

المصدر: بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للانواء الجوية ، وبرنامج أكسل

2. تغير سرعة الرياح

يظهر من جدول (3) وخريطة (3) التغيرات المرصودة لاتجاهات سرعة الرياح خلال المدد العقدية الأربعة كما يأتي:

1. العقد الأول (1985-1994)

تشير نتائج هذا العقد الى ان اتجاهات تغير سرعة الرياح في المحطات المدروسة جاءت بصورة متباينة، إذ سجلت نسبة (50%) من المحطات اتجاهاً نحو التزايد، في حين سجلت النسبة نفسها اتجاهاً نحو التناقص، وقد كانت أعلى قيمة للزيادة في محطة الرطبة بنسبة تغير بلغت (+28.12)%، في حين

سجلت محطة السماوة أعلى نسبة انخفاض بلغت (46.80_)% ، ويعكس ذلك عدم وجود نمط مكاني واضح أو اتجاه عام ثابت لتغير سرعة الرياح خلال هذا العقد، مما يشير إلى تباين التأثيرات المناخية المحلية في خصائص الرياح بين المحطات المدروسة.

2. **العقد الثاني (1995-2004)**

تشير نتائج هذا العقد الى ان سرعة الرياح تتجه بشكل متباين بين المحطات المدروسة فقد سجلت نسبة (50%)، نحو التزايد والتناقص وكانت أعلى محطة نحو التزايد هي محطة السماوة بنسبة تغير بلغت (52.41+)، بينما سجلت اعلى محطة نحو التناقص هي محطة خانقين بنسبة تغير بلغت (23.2_)، وهذا يعني ان المحطات في المنطقة الجنوبية لازالت تشهد زيادة في سرع الرياح فهي تؤكد إمكانيات هذه النطاقات الجنوبية من استثمار طاقة الرياح.

3. **العقد الثالث (2005-2014)**

يسجل هذا العقد بداية تغير جديدة نحو اتجاه انخفاض سرعة الرياح فقد بلغت المحطات المتجه نحو انخفاض سرع رياحها بواقع (70%)، من المحطات المدروسة وكانت محطات المنطقة الجنوبية هي التي سجلت هذا الانخفاض لتكون أعلها نسبة التغير في محطة الحي بنسبة بلغت (36.87-)، في حين شهدت محطات المنطقة الوسطى تزايد في سرع الرياح بلغت اعلها في محطة خانقين بنسبة تغير بلغت (122.3+)، وهذا يفسر وجود اتجاه الانخفاض النسبي لتغيرات من المنطقة الجنوبية واتجاه سرع الرياح نحو الزيادة في المنطقة الوسطى.

4. **العقد الرابع (2015-2024)**

شهد هذا العقد اتجاها واضحا في التغير نحو انخفاض سرعة الرياح اذ سجلت المحطات المدروسة نسبة تغير بلغت نحو الانخفاض (90%)، وكانت اعلها في محطة خانقين بنسبة تغير بلغت (73.57-)%، واقلها سجلت محطة الرمادي بواقع (1.77-)%، وهذا يعني ان سرعة الرياح باتت تشهد انخفاض ملحوظ بسرعها وهو مؤشر سلبي على استثمار طاقة الرياح ومما يجب ان يتم في هذا البحث رصد مدى التوافق الاحصائي بين تغيرات سرع الرياح وتغيرات الاحترار الأرضي.

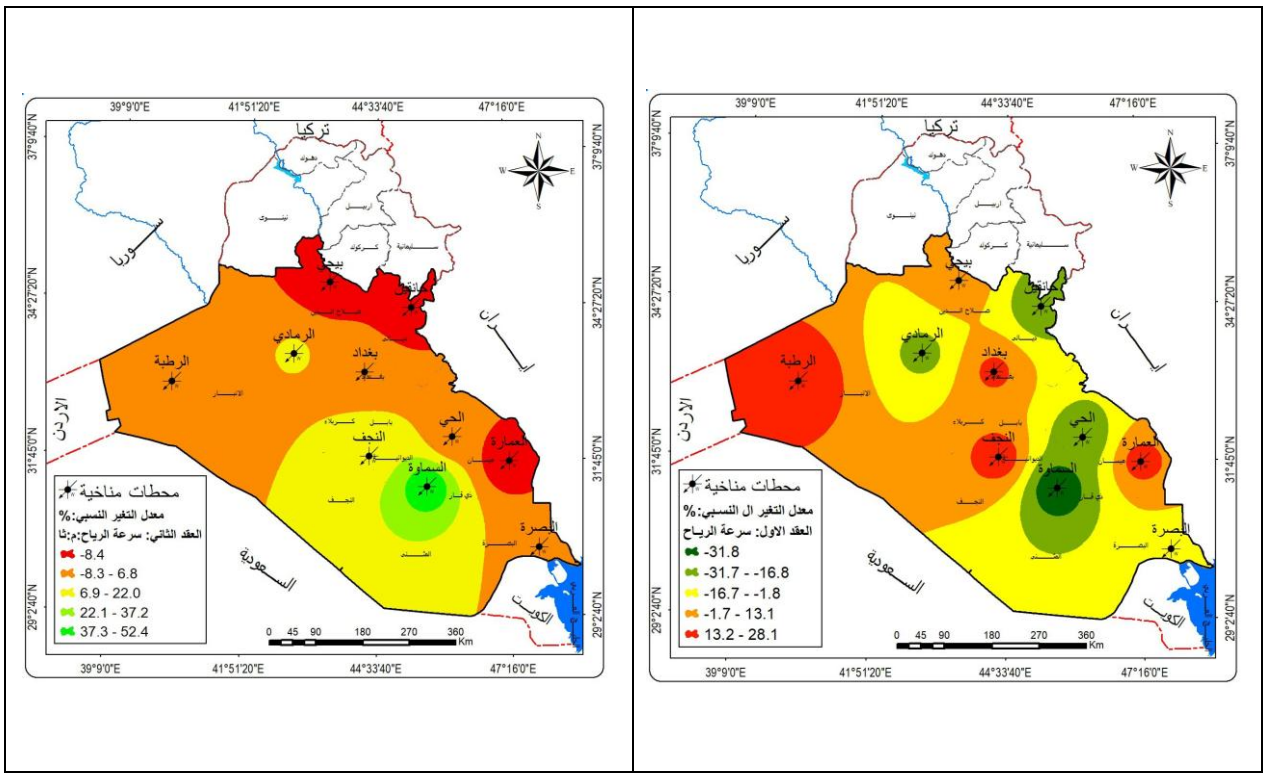
جدول (3) معدلات سرعة الرياح (م/ثا) والاتجاه العام لتغير سرعة الرياح

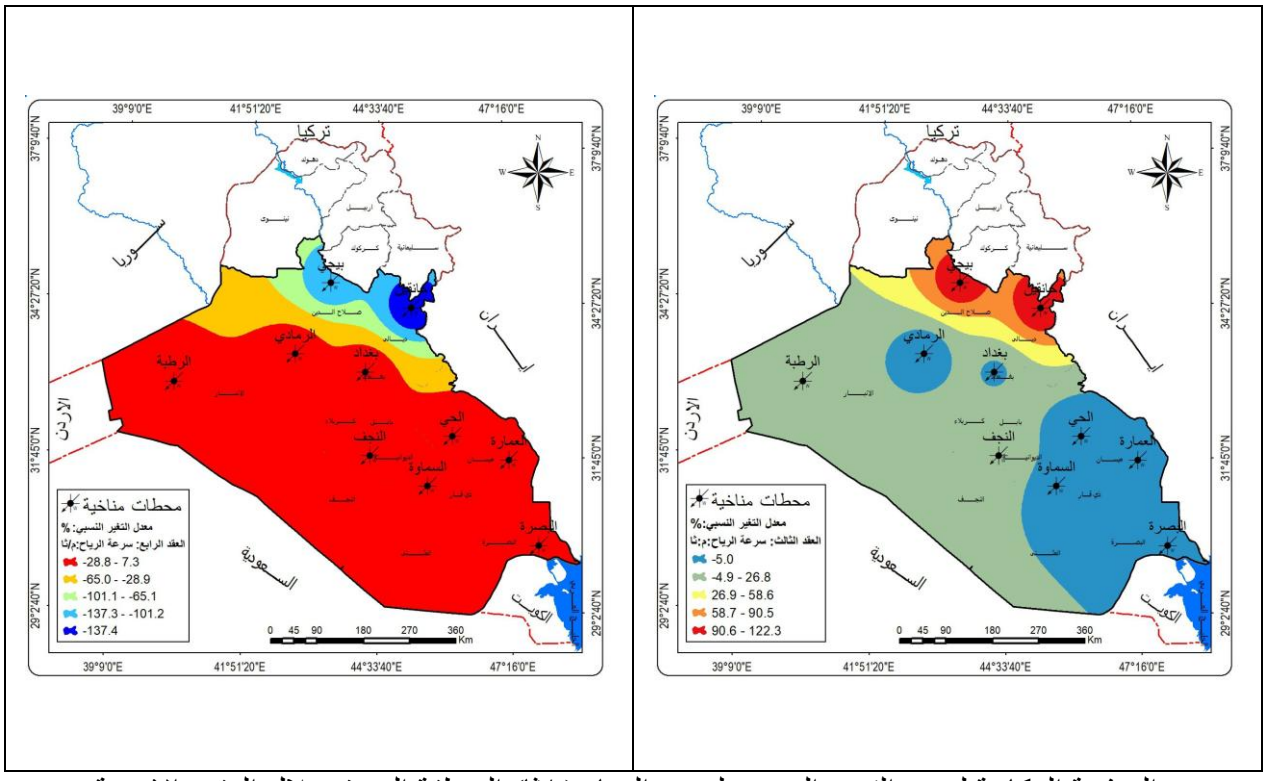
ت	المحطة	المعدل	الاتجاه	التغيرالسنوي	التغير لمدة البحث	المدة
-1	بيجي	2.20	0.02	0.92	9.23	العقد الأول (1994-1085)
-2	خانقين	2.40	-0.08	-3.21	-32.13	
-3	الرمادي	2.30	-0.05	-2.27	-22.74	
-4	بغداد	3.10	0.05	1.75	17.45	
-5	الرطبة	3.30	0.09	2.81	28.12	
-6	الحي	4.30	-0.13	-3.03	-30.28	
-7	النجف	2.00	0.05	2.41	24.10	
-8	العمارة	4.10	0.08	1.99	19.85	
-9	السماوة	3.00	-0.14	-4.68	-46.80	
-10	البصرة	3.50	-0.02	-0.53	-5.29	
-1	بيجي	2.00	-0.04	-2.21	-22.05	العقد الثاني (1995-2004)
-2	خانقين	1.70	-0.04	-2.33	-23.29	
-3	الرمادي	2.20	0.02	0.89	8.91	
-4	بغداد	2.90	0.01	0.20	2.00	
-5	الرطبة	1.80	-0.01	-0.60	-6.00	
-6	الحي	4.50	-0.03	-0.71	-7.07	
-7	النجف	1.40	0.02	1.77	17.71	
-8	العمارة	4.30	-0.10	-2.36	-23.56	
-9	السماوة	3.40	0.18	5.24	52.41	
-10	البصرة	3.80	0.01	0.31	3.13	

العقد الثالث (2005-2014)	114.69	11.47	0.15	1.30	بيجي	-1
	122.30	12.23	0.12	1.00	خانقين	-2
	-28.30	-2.83	-0.07	2.30	الرمادي	-3
	-9.77	-0.98	-0.03	3.10	بغداد	-4
	-4.56	-0.46	-0.01	1.80	الرطبة	-5
	-36.87	-3.69	-0.11	3.10	الحي	-6
	25.56	2.56	0.05	1.80	النجف	-7
	-7.73	-0.77	-0.03	3.30	العمارة	-8
	-21.37	-2.14	-0.07	3.50	السماوة	-9
	-14.13	-1.41	-0.07	4.80	البصرة	-10
العقد الرابع (2015-2024)	-126.67	-12.67	-0.19	1.50	بيجي	-1
	-173.57	-17.36	-0.24	1.40	خانقين	-2
	-1.27	-0.13	0.00	2.20	الرمادي	-3
	7.29	0.73	0.03	3.50	بغداد	-4
	-16.86	-1.69	-0.06	3.70	الرطبة	-5
	-11.47	-1.15	-0.03	3.00	الحي	-6
	-19.50	-1.95	-0.02	1.20	النجف	-7
	-4.03	-0.40	-0.01	3.40	العمارة	-8
	-2.60	-0.26	-0.01	3.50	السماوة	-9
	-23.70	-2.37	-0.06	2.70	البصرة	-10

المصدر: بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للانواء الجوية ، وبرنامج أكسل

خريطة (3)





النمذجة المكانية لنسب التغير السنوي لسرع الرياح(م/ثا) المنطقة البحث خلال العقود الاربعة

المصدر: اعتماداً على جدول (3) وبرنامج Arc Gis 10.8

3. التحليل المكاني لإنتاج طاقة الرياح

تعني الرياح حركة الهواء الجوي بحالة افقية موازية لسطح الأرض وتنشأ عن طريق الاختلافات في الضغط الجوي، وعلى سطح الأرض فإن الاختلافات في الضغط هي نتيجة التسخين غير المتكافئ للسطح بواسطة الطاقة الشمسية[1]، ولعدم انتظام سطح الأرض، ودورانها، يتم تعديل أنماط تدفق الرياح من خلال تضاريس الأرض والماء والغطاء النباتي، وان مصطلح طاقة الرياح تصف العملية التي يتم من خلالها استعمال الرياح لتوليد الطاقة الميكانيكية او الكهرباء[2]، اذ تعمل توربينات الرياح على تحويل الطاقة الحركية في مهب الريح الى طاقة ميكانيكية، وهذه الطاقة الميكانيكية واحدة من اسرع مصادر الطاقة نمواً في العالم، يمكن استعمالها في طحن الحبوب او ضخ المياه او مولد تحويل هذه الطاقة الميكانيكية الى كهرباء[3]، ويمكن حساب كثافة طاقة الرياح عن طريق المعادلة التالية[4]:

$$P=1/2\ DV^3$$

إذ ان:

P = طاقة الرياح (واط)

D = كثافة الهواء

V = سرعة الرياح (م/ثا)

تشير نتائج الجدول (4) وخريطة (4) الى رصد التغيرات العقدية زمانياً وبين المحطات المدروسة مكانياً والتي رصدت نتائجها في الاتي:

1. العقد الأول (1985-1994)

تظهر نتائج طاقة الرياح انها تأخذ تباينا مكانياً فقد سجلت أعلى طاقة للرياح ضمن المنطقة الجنوبية في محطة الحي بواقع (51.2 واط)، بينما سجلت محطة العمارة (44.4 واط)، واقلها تتمثل بالمنطقة الوسطى في محطة بيجي بواقع طاقة بلغت (6.8 واط)، وهذا يتوافق مع نتائج سرعة الرياح وتغيرات درجات الحرارة السابقة في العقد الأول.

2. **العقد الثاني (1995-2004)**

تظهر نتائج طاقة الرياح انها تتأخذ تباين مكانياً فقد سجلت أعلى طاقة للرياح ضمن المنطقة الجنوبية ايضا في محطة الحي بواقع (58.7 واط)، بينما سجلت محطة العمارة (51.2 واط)، واقلها تتمثل بالمنطقة الوسطى في محطة خانقين بواقع توليد طاقة بلغت (3.1 واط)، وقد يعكس هذا التدرج في جودة استثمار طاقة الرياح خلال هذا العقد على أهمية المنطقة الجنوبية والامكانيات المناخية التي توفرها سرعة الرياح في كثافة الطاقة قبل حصول ظروف الاحترار الأرضي.

3. **العقد الثالث (2005-2014)**

تظهر نتائج طاقة الرياح انها تتأخذ تباينا مكانياً فقد سجل أعلى طاقة للرياح ضمن المنطقة الجنوبية ايضا في محطة البصرة بواقع (71.3 واط)، ثم محطة السماوة (27.6 واط)، واقلها تتمثل بالمنطقة الوسطى في محطة خانقين بواقع كثافة طاقة بلغت (0.6 واط)، وهذه القيم انخفضت الى اقل مما سجله العقد الأول والثاني على الرغم من احتفاظ المنطقة الجنوبية في صدارة أماكن انتاج طاقة الرياح.

4. **العقد الرابع (2015-2024)**

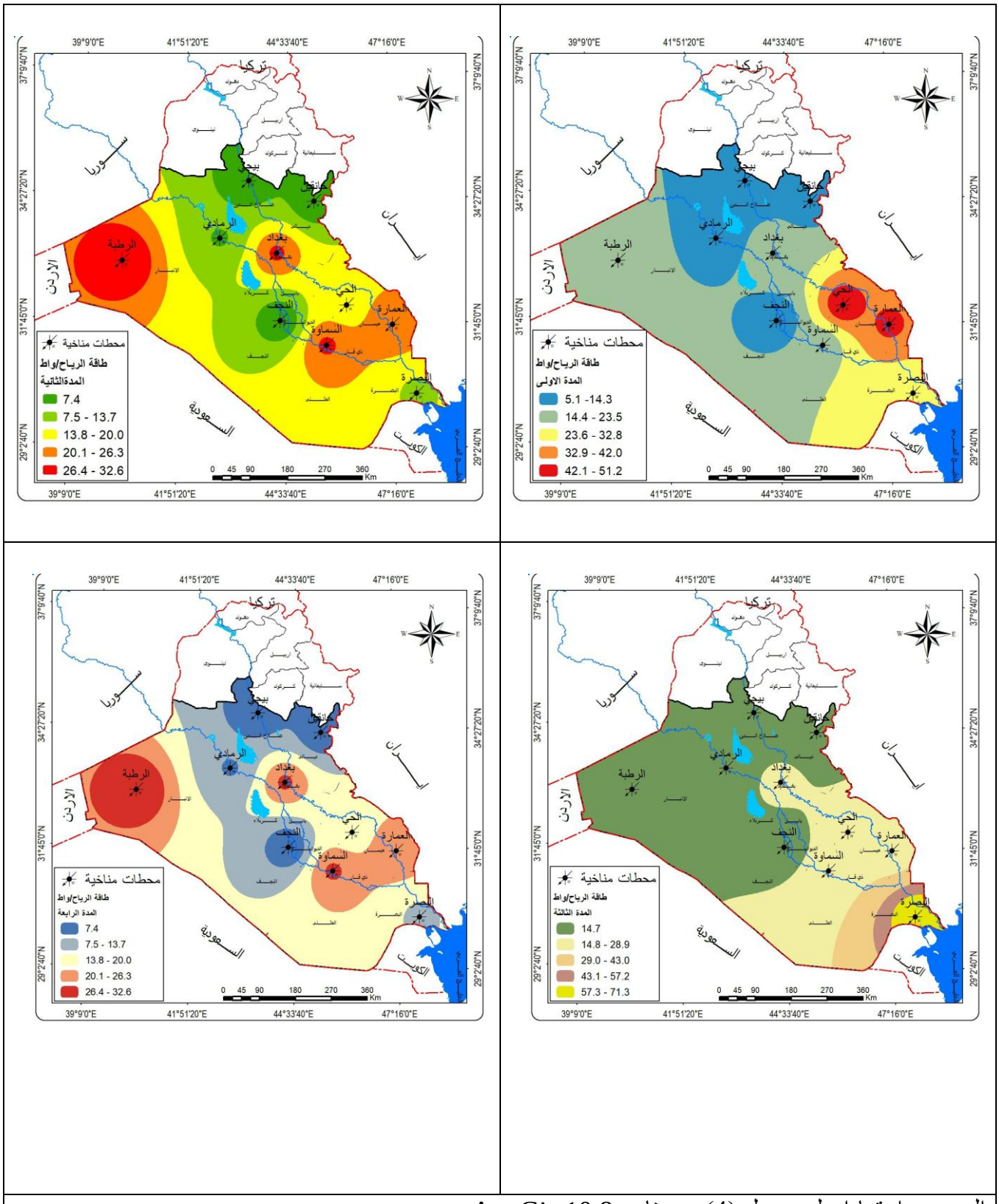
تظهر نتائج طاقة الرياح انها تباين مكانياً أيضا لكن فقد سجلت أعلى طاقة للرياح ضمن المنطقة الوسطى في محطة الرطبة بواقع (32.6 واط)، واقلها تتمثل بالمنطقة الجنوبية في محطة النجف بواقع طاقة بلغت (1.1 واط)، وهذه القيم نلاحظها انخفضت الى اقل من (50 واط)، فضلا عن ذلك هناك تغير مكاني في ان تحرز المنطقة الوسطى أعلى كثافة لطاقة الرياح مقارنة بتراجع المنطقة الجنوبية، وهذا يتفق مع ما إشارت اليه الابعاد المكانية لتغيرات سرعة الرياح واتجاهات الاحترار الأرضي التي باتت تسير بفئات حرارتها المرتفعة من الجنوب نحو المنطقة الوسطى.

جدول(4) مقدار طاقة الرياح (واط) في منطقة البحث خلال العقود الاربعة

ت	المحطة المناخية	العقد الأول (1985-1994)	العقد الثاني (1995-2004)	العقد الثالث (2005-2014)	العقد الرابع (2015-2024)
-1	بيجي	6.8	5.1	1.4	2.1
-2	خانقين	8.9	3.1	0.6	1.7
-3	الرمادي	7.8	6.8	7.8	6.8
-4	بغداد	19.2	15.7	19.2	27.6
-5	الرطبة	23.1	3.7	3.7	32.6
-6	الحي	51.2	58.7	19.2	17.4
-7	النجف	5.1	1.7	3.7	1.1
-8	العمارة	44.4	51.2	23.1	25.3
-9	السماوة	17.4	25.3	27.6	27.6
-10	البصرة	27.6	35.3	71.3	12.6

المصدر: اعتمدا على نتائج معادلة طاقة الرياح.

خريطة (4) النمذجة المكانية لطاقة الرياح (واط) في منطقة البحث خلال العقود الاربعة



المصدر: اعتمادا على جدول (4) وبرنامج Arc Gis 10.8

4. العلاقة المكانية بين تغير درجة الحرارة وسرعة الرياح:

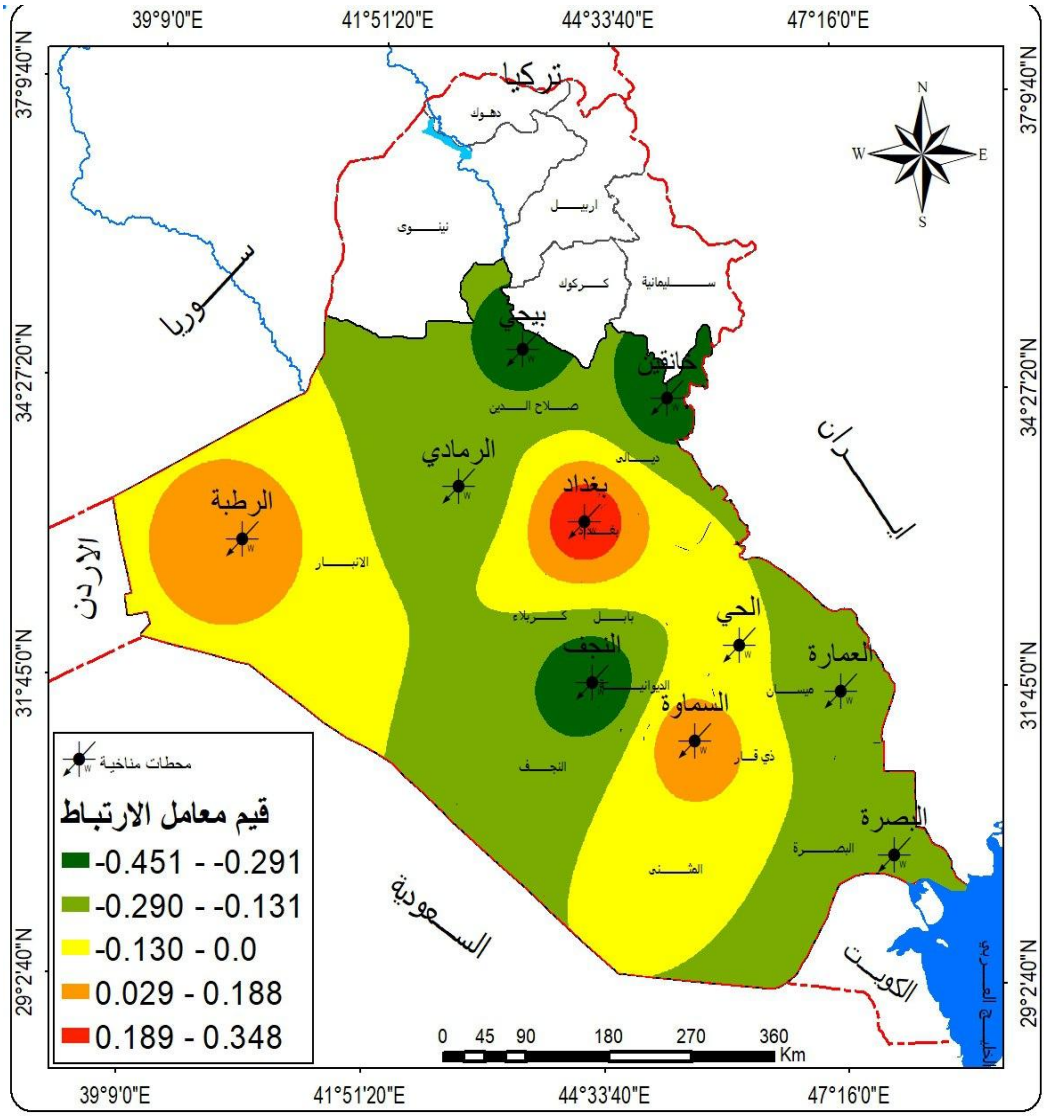
جاءت هذه الفقرة لتحليل العلاقة الإحصائية بين تغيرات سرعة الرياح ودرجات الحرارة المحلية والمرافقة لهذه الرياح لإجل الوقوف على دالة التفسير الاحصائي بسرعة الرياح وظروف الاحترار الأرضي، فمن جدول (5) وخريطة (5)، تظهر العلاقة الإحصائية عند كل المحطات بعلاقة عكسية مثلت نسبة (70%) من اتجاهات هذه العلاقة للمحطات المدروسة، وهي تفسر ان الزيادة في ظروف الاحترار الأرضي خلال (40 سنة)، هي من ستفسر لنا تغيرات سرعة الرياح، فقد سجلت أعلى علاقة ارتباط في محطة النجف بواقع (-0.45) عند مستوى معنوي (99%)، واقلها في محطة الحي بواقع (-0.13) بمستوى دلالة غير معنوي، وهذا يعني ان العلاقات ما بين تفسير اتجاهات الطاقة الريحية قد تأثرت بما يحصل لتغيرات درجة الحرارة والاحترار الأرضي، وهذه العلاقة العكسية تفسر منطق اتجاهات الاحترار الأرضي، اذ تشير نتائج هذا البحث ومن خلال تحليل نتائج الاتجاهات ونسب تغيراتها العامة ،اذ ان الحرارة تتجه نحو التزايد استجابة اللاحترار العالمي، وقد تفسر هذه المؤشرات بحسب الدراسات، هناك تقدم بالكتل الهوائية الدافئة، عملت على رفع درجة الحرارة في الوقت نفسة ساهمت هذه الكتل التي هي امتداد لخلية هادلي بذراعها الهابط على حصول حالات من التسكين الجوي للرياح، مما أدى الى انخفاض لطاقة الرياح، وهذا المؤشر ظهر انه يتماشى في التأثير من جنوب العراق نحو اتجاه الشمال لتصبح المنطقة الوسطى والجنوبية تنذر بخطر فقدان استثمارات طاقة الرياح في ظل الاحترار الأرضي.

جدول (5) العلاقة الإحصائية بين سرعة الرياح ودرجة الحرارة في منطقة البحث

ت	المحطة	قيمة الارتباط	siq
-1	بيجي	-0.35	99%
-2	خانقين	-0.4	99%
-3	الرمادي	-0.27	90%
-4	بغداد	0.35	95%
-5	الرطبة	0.1	n.s
-6	الحي	-0.13	n.s
-7	النجف	-0.45	99%
-8	العمارة	-0.26	90%
-9	السماوة	0.18	n.s
-10	البصرة	-0.29	95%

المصدر: اعتمادا على بيانات سرعة الرياح ودرجة الحرارة باستخدام الحزمة الإحصائية لبرنامج spss

خريطة (5) العلاقة الإحصائية بين سرعة الرياح ودرجة الحرارة في منطقة البحث



المصدر: بالاعتماد على جدول (5)، وبرنامج Arc Gis 10.8

ثالثاً: المناقشة:

تشير نتائج التحليل الزمني لدرجات الحرارة في المنطقة الوسطى والجنوبية من العراق خلال المدة (1985–2024) إلى تغير تدريجي في الاتجاهات الحرارية. فقد سجل العقد الأول (1985–1994) انخفاضاً نسبياً في درجات الحرارة في 70% من المحطات، حيث سجلت محطة السماوة (-3.72) أعلى انخفاض، مقابل خانقين (-0.38) كأقل قيمة.

إلا أن هذا الاتجاه تغير في العقد الثاني (1995–2004) عندما اتجهت جميع المحطات تقريباً نحو الارتفاع بنسبة 100%، وكانت أعلى زيادة في محطة الحي (+4.05)، ثم استمر الارتفاع في العقد الثالث (2005–2014) بنسبة 80% مع تسجيل العمارة (+20.47) أعلى تغير، في حين استمر الاتجاه نفسه في العقد الرابع (2015–2024) بنسبة 40% مع أعلى قيمة في الرطبة (+2.86). وتشير هذه النتائج إلى تزايد تدريجي في القيم الحرارية خلال العقود الأخيرة، وهو نمط يتوافق مع ما أشارت إليه الدراسات المناخية الخاصة بمنطقة الشرق الأوسط التي بينت أن المنطقة تعد من أكثر الأقاليم تأثراً بظاهرة الاحترار العالمي خلال العقود الأخيرة[5].

أما بالنسبة إلى سرعة الرياح، فقد أظهرت النتائج أن العقدين الأول والثاني اتسما بنوع من التباين في اتجاهات التغير، إذ بلغت نسبة التزايد والتناقص نحو 50% لكل منهما، حيث سجلت الرطبة (+28.12) أعلى زيادة في

العقد الأول، مقابل السماوة (46.80-) كأعلى انخفاض. وفي العقد الثاني (1995–2004) سجلت السماوة (52.41+) أعلى زيادة في سرعة الرياح، بينما سجلت خانقين (23.2-) أعلى انخفاض.

إلا أن هذا النمط بدأ بالتغير في العقد الثالث (2005–2014) عندما اتجهت 70% من المحطات نحو انخفاض سرعة الرياح، ثم أصبح هذا الاتجاه أكثر وضوحاً في العقد الرابع (2015–2024) حيث بلغت نسبة الانخفاض 90% من المحطات، مع تسجيل أعلى انخفاض في خانقين (73.57-). ويعد هذا الاتجاه قريباً مما أشارت إليه دراسات عالمية حول ما يعرف بظاهرة Atmospheric Stilling التي تعني التراجع النسبي في سرعة الرياح السطحية في العديد من مناطق العالم خلال العقود الأخيرة[6].

تنعكس هذه التغيرات بشكل واضح في نتائج طاقة الرياح التي أظهرت تبايناً مكانياً بين المحطات المدروسة. فقد سجلت أعلى القيم في المنطقة الجنوبية خلال العقود الثلاثة الأولى، إذ بلغت في محطة الحي (51.2 واط) في العقد الأول و (58.7 واط) في العقد الثاني، بينما سجلت البصرة (71.3 واط) أعلى قيمة في العقد الثالث. وفي المقابل سجلت المحطات الواقعة في المنطقة الوسطى قيماً أقل مثل بيجي (6.8 واط) وخانقين (3.1 واط و0.6 واط). إلا أن هذا التوزيع المكاني شهد تغيراً في العقد الرابع (2015–2024) عندما سجلت الرطبة (32.6 واط) أعلى كثافة لطاقة الرياح، في حين انخفضت القيم في بعض محطات الجنوب إلى 1.1 واط في النجف. وتشير هذه النتائج إلى وجود تغير مكاني في إمكانات إنتاج الطاقة الريحية بين مناطق العراق، وهو ما يتفق مع الدراسات التي تناولت توزيع موارد طاقة الرياح في الشرق الأوسط والتي أشارت إلى وجود تباين مكاني واضح في كثافة طاقة الرياح تبعاً للخصائص المناخية المحلية[7].

كما أظهرت نتائج تحليل الارتباط الإحصائي بين سرعة الرياح ودرجات الحرارة وجود علاقة عكسية في 70% من المحطات، إذ سجلت محطة النجف معامل ارتباط (0.45-) عند مستوى معنوية 99%، بينما سجلت محطة الحي (0.13-) عند مستوى غير معنوي. وتشير هذه العلاقة إلى أن التغيرات الحرارية قد تكون مرتبطة جزئياً بتغيرات حركة الرياح خلال مدة الدراسة. وتنسجم هذه النتيجة مع عدد من الدراسات التي تناولت موارد الطاقة الريحية في منطقة الشرق الأوسط والعراق، والتي أشارت إلى أن التغيرات المناخية الإقليمية يمكن أن تؤثر في خصائص الرياح وبالتالي في إمكانات استثمارها في إنتاج الطاقة المتجددة[8].

رابعاً: الاستنتاجات:

توصل البحث إلى مجموعة من النتائج، يمكن ايجازها في الاتي:

1. سجل العقد الأول (1985–1994) انخفاضاً حرارياً في 70% من المحطات، أعلى انخفاض في السماوة (3.72-) وأقلها في خانقين (0.38-)، ثم تحولت الاتجاهات إلى ارتفاع في العقد الثاني (1995–2004) بنسبة 100%، أعلاها في الحي (4.05+) وأقلها في السماوة (0.81+).
2. استمر الارتفاع الحراري في العقد الثالث (2005–2014) بنسبة 80% (أعلاها العمارة 20.47+ وأقلها خانقين 0.98+) ثم في العقد الرابع (2015–2024) بنسبة 40% (أعلاها الرطبة 2.86+ وأقلها بغداد 0.11+).
3. اتسم العقدان الأول (1985–1994) والثاني (1995–2004) بتباين اتجاهات سرعة الرياح، إذ بلغت نسبة التزايد والتناقص 50%، حيث سجلت الرطبة (28.12+) أعلى زيادة والسماوة (46.80-) أعلى انخفاض في العقد الأول، بينما سجلت السماوة (52.41+) أعلى زيادة وخانقين (23.2-) أعلى انخفاض في العقد الثاني.
4. اتجهت سرعة الرياح إلى الانخفاض في العقدين الثالث (2005–2014) والرابع (2015–2024)، إذ بلغت نسبة الانخفاض 70% في العقد الثالث (أعلاها الحي 36.87- مقابل زيادة خانقين 122.3+) و90% في العقد الرابع (أعلاها خانقين 73.57- وأقلها الرمادي 1.77-).
5. تركزت أعلى طاقة للرياح في المنطقة الجنوبية خلال العقود الثلاثة الأولى؛ إذ سجلت محطة الحي (51.2 واط) في العقد الأول و(58.7 واط) في العقد الثاني، بينما بلغت في البصرة (71.3 واط) في العقد الثالث، في حين سجلت القيم الدنيا في المنطقة الوسطى مثل بيجي (6.8 واط) وخانقين (3.1 واط و0.6 واط).
6. في العقد الرابع (2015–2024) حدث تغير مكاني واضح في طاقة الرياح، إذ سجلت الرطبة (32.6 واط) أعلى كثافة في المنطقة الوسطى مقابل أدنى قيمة في النجف (1.1 واط)، مع انخفاض القيم إلى أقل من 50 واط وتراجع المنطقة الجنوبية مقارنة بالوسطى.

7. أظهرت النتائج وجود علاقة عكسية بين سرعة الرياح ودرجة الحرارة بنسبة (70%) من المحطات، إذ سجلت النجف أعلى ارتباط (-0.45) عند مستوى معنوي (99%)، بينما سجلت الحي أقل ارتباط (-0.13) بمستوى غير معنوي.
8. تدل هذه العلاقة العكسية خلال 40 سنة على أن زيادة الاحترار الأرضي وارتفاع درجات الحرارة ساهمت في انخفاض سرعة الرياح وطاقتها نتيجة تقدم الكتل الهوائية الدافئة المرتبطة بخلية هادلي، مما أدى إلى تسكين الرياح وتراجع امكانات طاقة الرياح خاصة في جنوب ووسط العراق.

المصادر:

([1]) سلام هاتف احمد الجبوري، الطاقة ماضيها حاضرها ومستقبلها، ط1، بغداد، مكتب دلير،2022، ص201.
([2]) Hermann-Josef Wagner,Introduction to wind energy systems, Energy Systems and Energy Economics, Ruhr-University Bochum, P.O. Box 102148, 44721, Bochum, Germany,2018,p2-3.
([3]) مروان عبد القادر، الطاقة المتجددة، مطبعة الجنادرية، الأردن، 2016.
([4])Alexander Kalmikov, Wind power fundamentals, Deparden ol Earl, A mospheric and Planetary Sciences,p4-5.
([5]) IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2021, p. 183.
([6]) Vautard, R., Cattiaux, J., Yiou, P., Thépaut, J.-N., & Ciais, P. (2010). Northern Hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness. Nature Geoscience, VOL. 3, NO. 11, 2021, PP.756–761.
([7]) Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. . Wind Energy Explained: Theory, Design and Application (2nd ed.). John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2010, P. 290.
([8]) Rehman, S., Halawani, T. O., & Mohandes, M. Wind power cost assessment at twenty locations in the Kingdom of Saudi Arabia. Renewable Energy, 2003, NO. 28, P. 91.