


## Simulating The Actual Value of Rainfall and Its Climatic and Vegetation Implications in Jazan Region Using Artificial Neural Network


Amal Hussein Al Mushait 

Department of Geography, College of Arts and Humanities,  
King Khalid University, Kingdom of Saudi Arabia

## محاكاة القيمة الفعلية للأمطار ومدلولاتها المناخية والنباتية بمنطقة جازان باستخدام الشبكة العصبية الاصطناعية

أمل حسين آل مشيط 

قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك خالد،  
المملكة العربية السعودية

	DOI <a href="https://doi.org/10.63908/y2xd1j37">https://doi.org/10.63908/y2xd1j37</a>	RECEIVED الاستلام 2024/12/08	Edit التعديل 2025/02/05	ACCEPTED القبول 2025/02/17
	NO. OF PAGES عدد الصفحات 30	YEAR سنة العدد 2025	VOLUME رقم المجلد 3	ISSUE رقم العدد 13

### Abstract:

The study aims to simulate actual value of precipitation and its effects on climate and vegetation in Jazan region. to achieve this aim, the study followed a methodology the French geographer Demarton's, then collected the equation application data from NASA, Earth's climate data, for three period from 1994 - 2023. the data was processed and rain and temperature maps were derived, and Raster Calculator in GIS was used to apply equation, thus simulating actual value of precipitation in future using artificial neural network (MLP) in (IDRISI).

The study results concluded that the region increase in precipitation, as its average heighten from 181 mm from 1994-2003, to 192.3 mm from 2004-2013, to 253.4 mm annually from 2014-2023. the average temperature increased from 28.75°C, to 29.2°C, to 29.23°C. as a result, the drought recede in region and an increase in average actual value of precipitation from 4.75, to 4.95, to 6.5, join vegetation climate changes that resulted in the emergence of a semi-humid climate (steppe grasses). The simulation results expect that 2024 - 2053, the average actual value of precipitation in the region will increase from 6.87 2024 - 2033, to 7.1 from 2034 - 2043, to 7.43 from 2044 - 2053, with a recede in area of arid climate (desert vegetation), and an increase in the area of semi-humid climate (steppe grasses).

**Keywords:** Climate, Vegetation, Actual Rainfall, Artificial Neural Network, Jazan Region.

### المخلص:

تهدف الدراسة لمحاكاة القيمة الفعلية للأمطار وتأثيراتها في المناخ والغطاء النباتي بمنطقة جازان، ولتحقيق الهدف اتبعت الدراسة منهجية تدرجت من اعتماد معادلة الجغرافي الفرنسي ديمارتون، وجمع بيانات تطبيق المعادلة من موقع ناسا، بيانات مناخ الأرض، لثلاثة مراحل بين عامي 1994 - 2023م، وتمت معالجة البيانات واشتقاق طبقات الأمطار والحرارة، واستخدام الحاسبة ( Raster Calculator in GIS ) لتطبيق المعادلة، وبالتالي محاكاة القيمة الفعلية للأمطار في المستقبل بالشبكة العصبية الاصطناعية (MLP) برنامج (IDRISI).

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن المنطقة شهدت زيادة في كمية الأمطار حيث ارتفع متوسطها من 181 ملم بين عامي 1994-2003م، إلى 192.3 ملم بين عامي 2004-2013م، إلى 253.4 ملم سنوياً بين عامي 2014-2023م. وارتفع متوسط درجات الحرارة من 28.75°م، إلى 29.2°م، إلى 29.23°م. وتبعاً لذلك شهدت المنطقة تراجع الجفاف وارتفاع متوسط القيمة الفعلية للأمطار من 4.75 إلى 4.95 إلى 6.5، ورافق ذلك تغيرات مناخية نباتية نتج عنها بروز المناخ شبه الرطب (حشائش الإستبس). وتتوقع نتائج المحاكاة بين عامي 2024 - 2053م ارتفاع متوسط القيمة الفعلية للأمطار بالمنطقة من 6.87 بين عامي 2024 - 2033م، إلى 7.1 بين عامي 2034 - 2043م، إلى 7.43 بين عامي 2044 - 2053م، مع تراجع مساحة المناخ الجاف (نبات صحراوي)، وزيادة مساحة المناخ شبه الرطب (حشائش الإستبس).

**الكلمات المفتاحية:** المناخ، الغطاء النباتي، الأمطار، درجات الحرارة، منطقة جازان.

## المقدمة

أصبح التكامل بين تقنيات الجغرافيا المكانية وبيانات الاستشعار الأرضية من الأدوات المهمة لتحقيق أهداف البحوث العلمية التي تتناول تغيرات المناخ وتأثيراتها المكانية والزمانية على الموارد الأرضية، ونالت التغيرات المناخية اهتمام عالمي في الفترة الأخيرة، ومع هذه التغيرات زادت المخاطر المناخية كالفيضانات والجفاف. وهذا يعني العجز في الموازنة المائية المناخية العامة لمنطقة معينة خلال فترة زمنية محددة طويلة أو قصيرة بسبب انخفاض كمية الأمطار (Obaid, 2024, p. 1). ويعتبر الجفاف كارثة بيئية ناتجة عن انخفاض كبير في توفير المياه بسبب تدني كمية الأمطار، وللجفاف عدة مظاهر كالجفاف المناخي والهيدرولوجي والزراعي. ويعرف الجفاف الجوي بتغير كمية الأمطار السنوية عن متوسطها. بينما يعرف الجفاف الزراعي بفترة جفاف التربة بسبب انخفاض هطول الأمطار عن المتوسط، أو أحداث أمطار غزيرة غير منتظمة، أو تبخر أعلى من المعدل الطبيعي، وكلها تؤدي إلى انخفاض إنتاج المحاصيل ونمو النباتات (Dai, 2011, p. 47). ويعتبر الجفاف كارثة مكلفة عالمياً، لأنها تؤثر على عدد كبير من الناس، وتتسبب في تكلفة مادية تراوحت بين 6-8 مليار دولار سنوياً (Wilhite, 2000, p. 3). ومن المتوقع أن تصبح الأحداث المناخية المتطرفة كالجفاف أكثر شدة وتواتراً وأطول أمداً في المناطق الجافة وشبه الجافة (Stocker, et al, 2013, p.5). ولقد أدى شدة الجفاف ومدته المتزايدة في السنوات الأخيرة، إلى تغيير هيكل ووظيفة النظم البيئية للأراضي العشبية بشكل كبير، مما أجبرها على التكيف مع تغيرات المناخ (Lei, et al, 2016, p. 2).

وهناك عدة محاولات لتحديد الجفاف من خلال القيمة الفعلية للأمطار منها محاولة الجغرافي الفرنسي ديمارتون ولانج وميلر وكوبن وثورنثويت أمبريجيه وجاكوبية وبنمان (عبد الحليم، 2018، ص 116). ويعتبر مؤشر الجفاف لديمارتون من المؤشرات المهمة في تحديد نوع المناخ ومستويات الجفاف لأن مدخلاته قائمة على متغيري هطول الأمطار والحرارة، وهو أمر مهم في الموازنة المائية الإجمالية واستخدام المياه في منطقة ما، وبالتالي يمكن استخدامه عند مقارنة الأحداث ذات سيناريوهات درجات الحرارة المختلفة.

تؤدي العمليات الفيزيائية المعقدة المتأصلة في هطول الأمطار إلى صعوبة التنبؤ بها، وللمساهمة في تحسين التنبؤ بهطول الأمطار تم تطوير نماذج الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) باستخدام نهج متعدد الطبقات مثل (MLP) للتنبؤ بهطول الأمطار (Aizansi, et al, 2024, p.1). وتعرف الشبكة العصبية الاصطناعية بأنها طريقة حوسبة تحاكي سلوك الظواهر المتروولوجية وغيرها. وهي تقنية إحصائية غير خطية أصبحت شائعة كتقنية بديلة للتنبؤ بسلاسل زمنية معقدة وظواهر الطقس ومتغيرات المناخ ونمذجتها (Mekanik and Imteaz, 2013, p. 2674). وتوجد عدة شبكات عصبية، ولكن التصميم السائد هو الشبكة العصبية (MLP)، التي تم تطويرها عام 1960، وأصبحت بمرور الوقت واحدة من أكثر الطرق اعتماداً على نطاق واسع لمعالجة مجموعة واسعة من المشكلات (Ren, et al, 2021, p.2).

وتتميز الشبكة العصبية (MLP) المستخدمة في هذه الدراسة، بترتيب يتألف من طبقتين إدخال للقيمة الفعلية للأمطار خلال مرحلتين في الماضي كل مرحلة تتكون من عشرة سنوات، وطبقتين لتغيرات الأمطار والحرارة

خلال نفس المرحلتين في الماضي كمتغيرات مستقلة أثرت في القيمة الفعلية للأمطار وتغيراتها في منطقة جازان.

وبما أن ظاهرة الجفاف دالة ناتجة عن تفاعل متغيري الحرارة والأمطار، لذا أصبح من الممكن الاعتماد على هذا التفاعل في توزيع النطاقات المناخية والنباتية وفقاً لتباين درجة الحرارة وكمية الأمطار بكل منطقة مناخية. وتقسم البيئة الجافة إلى عدة مناطق: شديدة الجفاف، وجافة، وشبه الجافة، وشبه الرطبة، وباستخدام معادلة ديمارتون يتم تحديد نوع المناخ السائد، بالإضافة إلى تحديد نوع الغطاء النباتي الخاص بكل نوع (Obaid, 2024, p. 2).

**مشكلة الدراسة:** تكمن مشكلة الدراسة من وجود فجوة في تناول موضوع القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان وتغيراتها في الماضي، ومحاكاة تغيرات القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان في المستقبل بناء على تغيراتها في الفترة الماضية، وما قد يترتب على ذلك من آثار بيئية سواء تغيرات الأقاليم المناخية في المنطقة ومخاطر الجفاف أو الفيضانات الناتجة عن ذلك فضلاً عن التغيرات الحيوية التي يأتي في مقدمتها تغيرات الغطاء النباتي والزراعي، وبذلك ستحاول هذه الدراسة الاجابة على عدة تساؤلات.

**تساؤلات الدراسة:** كيف تتوزع القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان؟ وما هي التغيرات التي طرأت عليها بين عامي 1994 - 2024م؟ وما هي توجهات القيمة الفعلية للأمطار في الثلاثين عام القادمة حتى عام 2053م؟ وما هي الآثار التي ترتبت وستترتب على ذلك في المستقبل؟

**أهمية الدراسة:** تكمن أهمية دراسة القيمة الفعلية للأمطار وتأثيراتها في التغيرات المناخية والنباتية، بسبب اعتماد كثير من الأنشطة الاقتصادية؛ لاسيما السياحية والزراعية بصورة أساسية بعناصر المناخ خاصة الأمطار والحرارة، فضلاً عن تنوع المناخ والغطاء النباتي المرتبط بطبوغرافية المنطقة، وتعتبر منهجية وأسلوب هذه الدراسة مختلفة عن الدراسات التقليدية لموضوع القيمة الفعلية للأمطار وتغيراتها المكانية والزمانية، وتأثيرات ذلك على أنواع المناخ والغطاء النباتي وتغيراتها المكانية والزمانية، فالدراسة تعتمد على بيانات مناخية يومية من الأقمار الصناعية، وتستخدم أحدث التقنيات الجيومكانية في تناولها للموضوع، والأهم من ذلك تحليل القيمة الفعلية للأمطار وتغيراتها وتأثيراتها على مناخ ونبات النبات لمدة ثلاثون عاما ماضية، ومحاكاتها لثلاثين عام قادم بما يساعد الجهات التخطيطية في المنطقة على وضع الخطط المناسبة لمواجهة التغيرات بما يسهم في تحقيق التنمية البيئية المستدامة.

#### أهداف الدراسة:

- تحليل توزيع الأمطار ودرجات الحرارة بمنطقة جازان بين عامي 1994 - 2023م.
- التحليل المكاني للقيمة الفعلية للأمطار وتغيراتها في منطقة جازان بين عامي 1994 - 2023م.
- محاكاة القيمة الفعلية للأمطار ومدلولاتها المناخية والنباتية في منطقة جازان بين عامي 2024 - 2053م.
- دراسات سابقة: تناولت دراسة أبو غرسة (2015) للقيمة الفعلية للأمطار والموازنة المائية في منطقة سرت، واعتمدت الدراسة على معادلة ديمارتون في تحديد القيمة

والدمام، بين عامي 2000 - 2012م وطبقت ستة قرائن للجفاف منها قرينة ديمارتون على بيانات الأمطار ودرجات الحرارة، وتوصلت النتائج إلى أن منطقة الدراسة تتسم بسيادة المناخ الجاف حسب جميع القرائن.

وتناولت دراسة أبو ركة (2022) تأثير تغير الهطول المطري على خارطة الغطاء النباتي للأردن 2019 - 2021م، باستخدام تقنيات الجغرافيا المكانية، واعتمدت الدراسة في تحقيق هذا الهدف عدد من المؤشرات الطيفية النباتية، وتوصلت هذه الدراسة إلى انخفاض الأمطار وارتفاع درجة حرارة الهواء والتبخر الكامن، مما أدى إلى انخفاض الإنتاجية الزراعية، وتغير خارطة الغطاء النباتي من حيث الكثافة والتوزيع المكاني والانتشار المساحي، وتناقصت مساحة المياه السطحية بنسبة 43%، وزادت الأراضي الجرداء بنسبة 1.2%، وتناقصت الأراضي ذات الغطاء النباتي متوسط الكثافة بنسبة 17 %، وزادت الأراضي ذات الغطاء النباتي شديد الكثافة بنسبة 12 %.

وقامت دراسة Kumara, et al (2017) النمذجة المكانية لاتجاهات هطول الأمطار باستخدام مجموعات بيانات الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية، واعتمدت الدراسة على اختبار الاتجاهات الثلاثة بواسطة معامل ارتباط سبيرمان وكيندال ومان-كيندال، على بيانات الأمطار بدقة 0.25 درجة × 0.25 درجة، وتوصلت الدراسة إلى اتفاق نتائج الاختبارات الثلاثة لأقصى هطول للأمطار قبل وبعد الرياح الموسمية وفي غير موسمها.

وتطرق Sousa, et al (2023) التحليل المكاني الزمني لهطول الأمطار والجفاف في حوض شبه قاحل في البرازيل: ديناميكيات استخدام الأراضي والغطاء

الفعليّة للأمطار سنوا، والمعدلة من قبل عبد العزيز طريح شريف في تحديد القيمة الفعليّة للأمطار شهرياً، وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة قوية بين توزيع الأمطار شهرياً في موسم المطر، والقيمة الفعليّة للمطر أو معامل الجفاف، وضعف العلاقة بانعدام فاعلية المطر خلال أشهر الصيف الجاف، لذا يعاني فصل الصيف الجاف من عجز في الموازنة المائية بسبب انقطاع المطر وارتفاع درجات الحرارة في المنطقة.

وقامت دراسة عبد الحليم (2018) بتناول القيمة الفعليّة للأمطار وأهم مشكلات الزراعة المطرية غربي جمهورية السودان الشمالي، على المستوى الفصلي، واعتمدت الدراسة على بيانات سبع محطات مناخية وثلاثة مؤشرات للجفاف هي معامل ديمارتون ولويس امبرجية وايفانوف، واستعرضت الدراسة امكانيات نجاح الزراعة المطرية وتبايناتها، وتوصلت نتائج الدراسة إلى تأثير القيمة الفعليّة في امكانيات الزراعة من فصل إلى آخر.

ودرس الفهداوي (2018) القيمة الفعليّة للمطر في محافظة الأنبار وأثرها على النبات الطبيعي، واعتمدت الدراسة على معادلة القيمة الفعليّة (لثورنثويت) وبيانات الحرارة وكمية الأمطار لست محطات مناخية، وتوصلت الدراسة إلى أن القيمة الفعليّة للأمطار قليلة في عموم محافظة الأنبار، مع وجود تباين بسيط بين المحطات، وارتفاع نسبي للقيمة الفعليّة للأمطار في بعض السنوات المطيرة.

وتطرقت دراسة القاسم وأحمد (2021) لتقييم حدة الجفاف في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية، وكان هدف الدراسة قياس حدة الجفاف في المنطقة وتصنيفها مناخياً، واعتمدت على بيانات المناخ محطات القيصومة، الظهران، الأحساء، حفر الباطن،

وجود علاقة طردية قوية بين قيم مؤشر الجفاف وكميات الأمطار (0.961، 0.953، 0.954) خلال الأشهر الممطرة في محطات (الديوانية، السماوة، الناصرية)، وعلاقة ارتباط عكسية بين مؤشر الجفاف ودرجات الحرارة (-0.821، -0.836، -0.822) في محطات (الديوانية، السماوة، الناصرية) على التوالي.

وبالعودة الى الدراسات السابقة ومقارنة هذه الدراسة بما سوف نجد ان هذه الدراسة تختلف عنها سواء في الاهداف او المنهجية المتبعة في تحقيقها حيث اعتمدت الدراسات السابقة على بيانات محطات بمواقع معينة في المدن بينما هذه الدراسة اعتمدت على بيانات الاقمار الصناعية على مستوى البكسل، وقامت الدراسة السابقة بكشف القيمة الفعلية للأمطار دون تحليل تغيراتها في الماضي وتوجهاتها في المستقبل، وانعكاسات ذلك على الغطاء النباتي.

**منطقة الدراسة:** تقع منطقة جازان كما يوضح شكل (1) جنوب غرب المملكة العربية السعودية، ولفكياً بين دائرتي عرض 10° 25' 16" - 18° 10' 50" شمالاً، وخطي طول 20° 45' 41" - 15° 35' 43" شرقاً، بمساحة تبلغ 13060.5 كم<sup>2</sup>، وتضم منطقة جازان سبعة عشرة محافظة، ويبلغ عدد سكانها حسب نتائج تعداد عام 2022م نحو 1726739 نسمة، ومتوسط كثافة سكانها 188.73 نسمة/كم<sup>2</sup>.

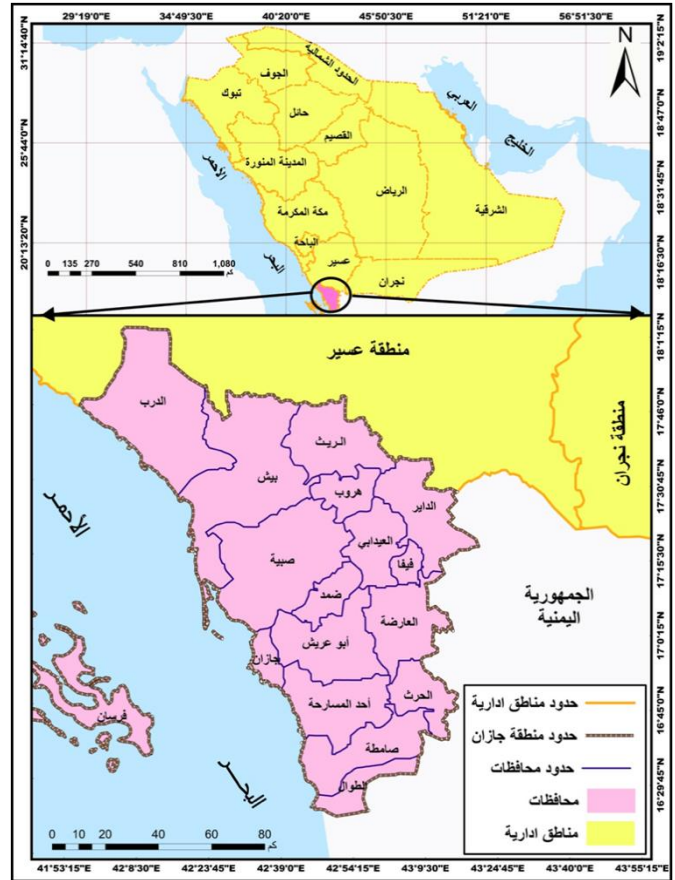
الأرضي، وأجري التحليل المكاني الزمني بواسطة الأسلوب الكمي الجغرافي، وتم تفسير صور الاستشعار عن بعد لأنظمة هطول الأمطار المختلفة، واستخدمت مؤشرات الغطاء النباتي والمياه، وتوصلت النتائج إلى أن كمية الأمطار في الحوض تزداد بشكل كبير مع الارتفاع، وتباين ديناميكيات تخزين المياه مما قد يهدد أمن المياه في المنطقة.

دراسة Aizansi, et al (2024) التنبؤ بهطول الأمطار شهرياً باستخدام الشبكة العصبية الاصطناعية (دراسة حالة: جمهورية بنين)، وقد اعتمدت الدراسة على عدد من نماذج الشبكة العصبية الاصطناعية (MLP, LSTM, CF) وكشفت النتائج أن MLP أعطت نتائج أفضل خلال فترة الاختبار، وكانت قدرته على التنبؤ بهطول الأمطار أكثر دقة، وكشف هذا البحث عن إمكانات تقنيات الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بهطول الأمطار، مما يوفر رؤى قيمة لصناع القرار.

دراسة Obaid (2024) تحديد نوع المناخ وحساب مؤشر الجفاف خلال الأشهر الممطرة لمحطات الديوانية والسماوة والناصرية جنوب العراق، وتم حساب مؤشر الجفاف للأشهر الممطرة بالإعتماد على بيانات الحرارة والأمطار للفترة بين (2000-2021)، وقد أظهرت النتائج سيطرة المناخ الجاف وشبه الجاف في جميع محطات الدراسة خلال معظم الأشهر الممطرة باستثناء شهري كانون الأول والثاني حيث كان المناخ شبه رطب في محطتي الناصرية والديوانية على التوالي، أما محطة السماوة فكان المناخ جافاً وشبه جاف خلال جميع الأشهر الممطرة، وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي عن

(MLP) لمحاكاة تغير القيمة الفعلية للأمطار وتأثيراتها في المناخ والغطاء النباتي في منطقة جازان خلال ثلاثين عاماً قادمة تمتد بين عامي 2024 - 2053م، مقسمة كذلك إلى ثلاث مراحل متساوية كل مرحلة تضم عشر سنوات، وتمت المحاكاة بالإعتماد على توزيع القيم الفعلية للأمطار في الماضي خلال المرحلتين الماضيتين بين عامي 2004 - 2023م كمتغيرات تابعة، وتوزيع متغيري الحرارة والأمطار خلال نفس المرحلتين كمتغيرات مستقلة تؤثر في توجهات القيمة الفعلية للأمطار. وبعد ديمارتون (Demartone) من أشهر الباحثين الذين اهتموا بمعرفة القيمة الفعلية للأمطار عند دراسة المناخ وأثرها على مظاهر الحياة المختلفة فوق سطح الأرض (أبو غرسة، 2015، ص 139).

وبذلك فقد استخدمت الدراسة عدة مناهج كالمناهج التاريخي في تحليل بيانات تاريخية لمدة 30 عام ين عامي 1994 - 2023م، ومنهج التحليل المكاني القائم على نظم المعلومات الجغرافية في تحليل توزيع الأمطار والحرارة والقيمة الفعلية للأمطار، والمنهج الاستقرائي في استقراء أو محاكاة القيمة الفعلية للأمطار وتأثيراتها في تحديد أنواع المناخ والغطاء النباتي في المستقبل للأعوام 2033، 2043، 2053م بفواصل زمني عشرة سنوات، وهي نفس المدة الزمنية التي تم من خلالها تحليل القيمة الفعلية للأمطار وتغيراتها في منطقة جازان لثلاثين عاماً ماضية بين عامي 1994 - 2023، ولكي تكون المقارنة في الماضي والمحاكاة في المستقبل دقيقة تم تقسيم هذه المدة إلى ثلاث مراحل الأولى: لعشر سنوات بين عامي 1994 - 2003م، والثانية كذلك خلال المدة بين عامي 2004 - 2013م، والثالثة بين عامي 2014 - 2023م، واعتمدت الدراسة في تحديد القيمة



شكل رقم (1) موقع منطقة جازان

المصدر: من إنجاز الباحثة بالإعتماد على طبقات (Shapfile) للمناطق الإدارية والمحافظات، الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، (2024).

**منهجية الدراسة:** وبذلك فقد اعتمدت الدراسة على معادلة ديمارتون في تحديد القيمة الفعلية للأمطار وتأثيراتها في تحديد نوعية المناخ والغطاء النباتي في منطقة جازان خلال ثلاثين سنة ماضية بين عامي 1994 - 2023م، مقسمة إلى ثلاثة مراحل كل مرحلة تضم بيانات متغيري الحرارة والأمطار لعشرة سنوات، واستخدمت الدراسة خوارزمية التغير لتحديد التغيرات التي طرأت على متغيري الحرارة والأمطار وانعكاسات ذلك على تغير القيمة الفعلية للأمطار بين كل مرحلتين، وبعد الانتهاء من تحليل توزيع الأمطار والحرارة والقيمة الفعلية للأمطار قامت الدراسة باستخدام الشبكة العصبية

المستويات الزمنية سنوية أو فصلية أو شهرية، واستخدمت الدراسة بيانات المتوسطات السنوية لكل من الأمطار والحرارة في منطقة جازان. وقد رأى ديمارتون أن القيمة الفعلية للأمطار أو كما أطلق عليها معامل الجفاف تحسب بالمعادلة الآتية:

$$D = R / ((T + 10)) \text{ (شرف, 1971)}$$

وتعبر (D) معامل الجفاف أو القيمة الفعلية للمطر، بينما (R) متوسط كمية الأمطار، و (T) متوسط درجات الحرارة، ومن ثم قامت الدراسة باستخدام أداة (Reclassify) في نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف الطبقات الناتجة من تطبيق معادلة ديمارتون، وذلك بحسب العتب أو الحدود المبينة في جدول رقم (1).

جدول (1) حدود فئات القيمة الفعلية للأمطار

القيمة الفعلية للأمطار أو معامل الجفاف	نوع المناخ	الغطاء النباتي
أقل من 5	مناخ جاف	صحراء
5 - 10	مناخ شبة جاف	اعشاب فقيرة
10 - 20	مناخ رطب نسبي	استيس
20 - 30	مناخ رطب	حشائش غنية مختلطة بالأشجار
أكثر من 30	مناخ شديد الرطوبة	غابات

المصدر: الباحثة بالإعتماد على (عبد الحليم، 2018).

وبالتالي قامت الدراسة بتجهيز الطبقات الناتجة بما يتناسب مع نوع الملفات المطلوبة في برنامج ( IDRISI Selva)، وقبل استخدام الشبكة العصبية (MLP) لمحاكاة القيمة الفعلية للأمطار خلال ثلاثين عاما قادم بين عامي 2023 - 2053م، قامت الدراسة بتهيئة طبقتي المتغير التابع المتمثل بالقيمة الفعلية للأمطار، وكذلك طبقتي المتغيرين المستقلين وهما: الأمطار والحرارة خلال المرحلتين الأولى 2004 - 2013م،

الفعلية للأمطار في منطقة جازان على المعادلة التي جاء بها الجغرافي الفرنسي ديمارتون في تحديد الجفاف بناء على متوسطات متغيري الامطار والحرارة.

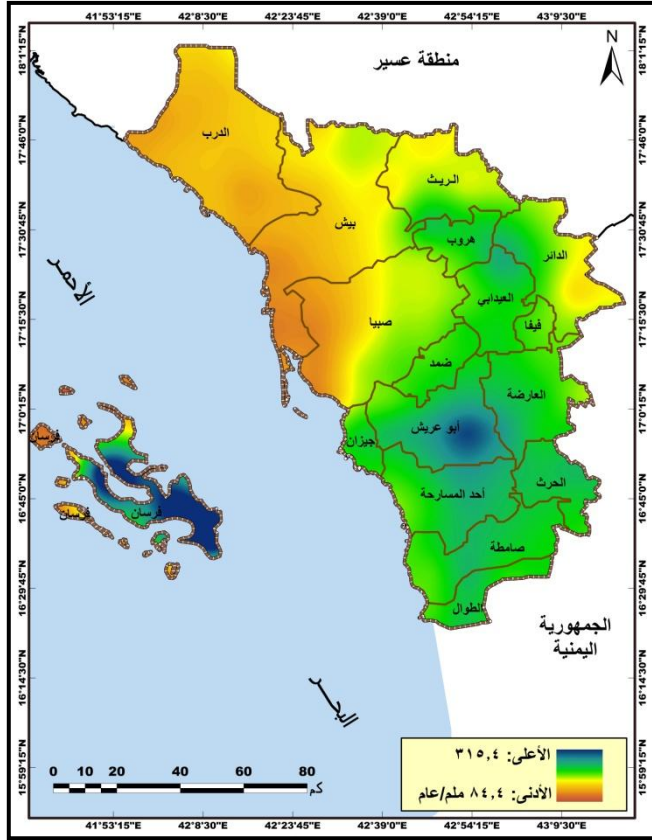
وبالتالي قامت الدراسة بجميع بيانات متوسطات الأمطار والحرارة للمراحل الثلاثة السابقة من موقع ناسا، بيانات مناخ الأرض (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>) على شكل طبقات (Raster)، بدقة مكانية 10 كم، حيث من الممكن استخدام قرينة ديمارتون مع البيانات الشبكية لهطول الأمطار والحرارة، مما يسمح بنطاق أوسع من التحليل المكانية الدقيقة مقارنة بمن يستعمل بيانات المحطات الأرضية فقط. وتعتبر بيانات المناخ المستشعرة عن بعد ذات قيمة عالية للتحقق من تغيرات المناخ، خاصة عند وضع استراتيجيات تعزيز الاستدامة بالمناطق الجافة وشبة الجافة، وتقدر بيانات المناخ من المعلومات المستشعرة عن بعد بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية (PERSIANN) على نطاق واسع (Sousa, et al, 2023, p. 2).

وقامت الدراسة بتحسين دقتها المكانية إلى 100 م، من خلال تحويل كل منها إلى (Shapfile Points)، وبالتالي استخدام خوارزمية (Spline) ضمن بيئة (GIS) لعمل استيفاء مكاني لتوزيع كل من الأمطار والحرارة في كل مرحلة من المراحل الثلاثة.

وبالإعتماد على طبقتي الأمطار والحرارة الناتجة من الخطوة السابقة في كل مرحلة استخدمت الدراسة الحاسبة الخلوية (Raster Calculator)، في بيئة (GIS) لتطبيق معادلة ديمارتون لأجل انتاج خرائط توزيع مكاني للقيمة الفعلية للأمطار في كل مرحلة، ويمكن تطبيق معادلة ديمارتون على بيانات الأمطار والحرارة بمختلف



الأقل مطراً شمال غرب منطقة جازان إلى 315.38 ملم في جزر فرسان والمناطق المرتفعة في محافظات ابو عريش والدائر والعيديبي وسط وشمال شرق منطقة جازان، بمتوسط مكاني على مستوى المنطقة بلغ 181 ملم/سنوياً.



شكل (2) كمية الأمطار بمنطقة جازان بين عامي 1994-2003

المصدر: الباحثة بالإعتماد على بيانات الأمطار، ناسا، بيانات مناخ الأرض.

ويوضح شكل (3) تباين توزيع الأمطار في منطقة جازان خلال هذه المدة حيث يقع النطاق الأقل مطراً أقل من 130 ملم سنوياً في المنطقة الساحلية غرب محافظات بيش وصبيا والدرب، بمساحة بلغت 835.82 كم<sup>2</sup>، بنسبة 6.4% من إجمالي مساحة المنطقة. ويقع النطاق الأكثر غزارة بالأمطار أكثر من 220 ملم سنوياً جنوب وجنوب شرق جزر فرسان ووسط جنوب ووسط شمال

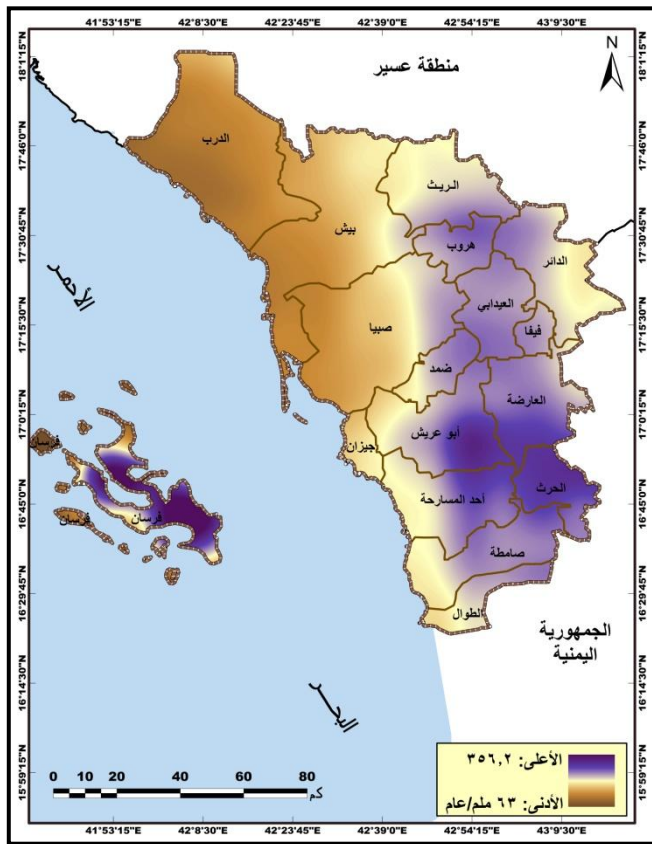
والثانية 2014 - 2024م، وقبل الوصول إلى مرحلة المحاكاة تم استخدام عدد من الخوارزميات كالقيام بعمل (Project Parameters)، وتحليل التغيرات (Change Analyses)، وإنتاج خرائط التغيرات المكانية (Map Change percentage)، واستخدمت الدراسة خوارزمية (Change change)، لكشف التغيرات في الفترات الماضية، وبعد تحديد احتمالات التحول أو التغير للقيمة الفعلية للأمطار (Transition Sub)، وبعد عمل (Transition Sub Model Structure)، وبالتالي (Run Transition Sub Model) ومن ثم تشغيل الموديل بواسطة الشبكة العصبية الاصطناعية (MLP Neural Network)، وبعد الانتهاء من محاكاة القيمة الفعلية للأمطار في المستقبل للأعوام (2033، 2043)، لإنتاج الخرائط النهائية لمحاكاة تأثيرات القيمة الفعلية للأمطار في تحديد أنواع المناخ والنبات الذي من المحتمل أن يسود في منطقة جازان في المستقبل حتى عام 2053م.

### تحليل ومناقشة النتائج:

أولاً: توزيع كميات الأمطار وتغيراتها بين عامي 1994-2023م: يتأثر توزيع الأمطار في أي منطقة ومنها منطقة الدراسة بعدد من المتغيرات المكانية خاصة الموقع بالنسبة لليابس والماء وتباين ارتفاع تضاريس سطح الأرض، وهذا ما سنلاحظه في توزيع أمطار منطقة جازان، وتعتبر الأمطار المتغير الأول في تحديد الجفاف أو القيمة الفعلية للأمطار حسب معادلة ديمارتون، وتظهر نتائج التحليل المكاني لتوزيع الأمطار في المنطقة خلال المرحلة الأولى بين عامي 1994 - 2003م شكل رقم (2)، تراوح كمية الأمطار التي سقطت على المنطقة خلال هذه المدة 84.3 ملم في المحافظات



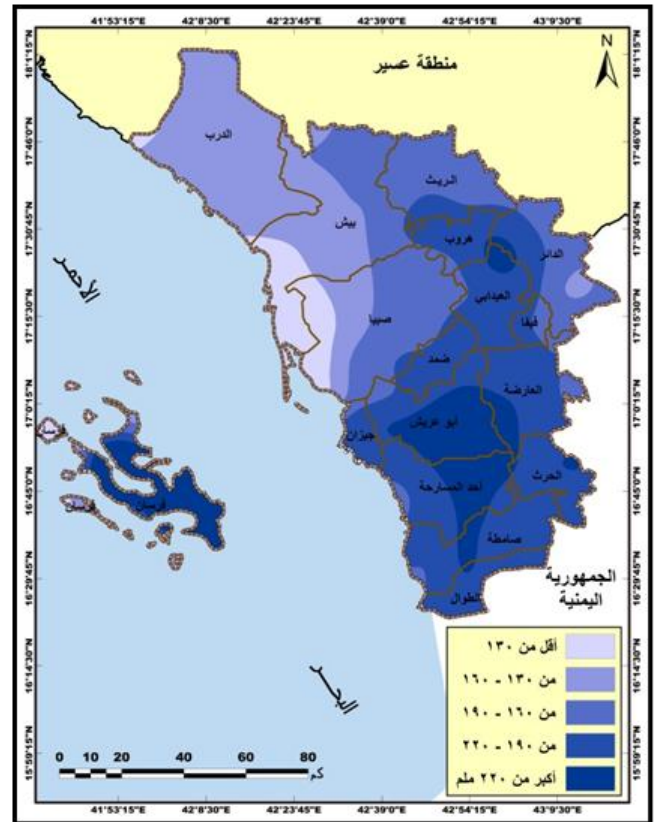
وتوصلت نتائج تحليل توزيع الأمطار في منطقة جازان خلال العشرة سنوات ضمن المرحلة الثانية الممتدة بين عامي 2004 - 2013م شكل رقم (4)، تراوح كمية أمطار المنطقة خلال هذه الفترة بين 63 ملم في المناطق قليلة الأمطار شمال غرب منطقة جازان، ليتراجع الحد الأدنى للمطر عن المرحلة الأولى بحوالي 21.4 ملم سنوياً، إلى 356.2 ملم جنوب شرق جزر فرسان والمناطق المرتفعة جنوب شرق منطقة جازان، وبذلك فقد زاد الحد الأعلى للمطر في المنطقة عن المرحلة الأولى بنحو 40.8 ملم سنوياً.



شكل (4) الأمطار بمنطقة جازان بين عامي 2004 - 2013م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على بيانات الأمطار، ناسا، بيانات مناخ الأرض.

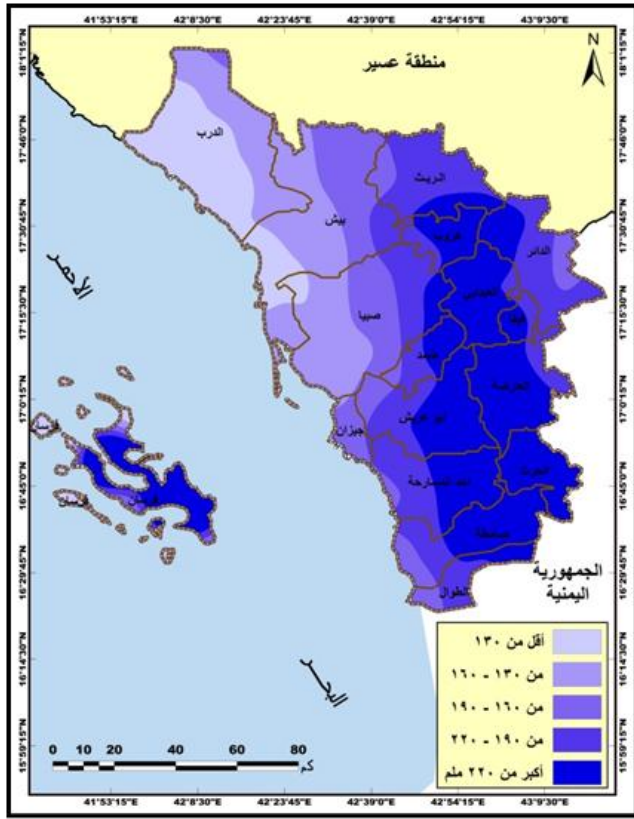
وبلغ المتوسط المكاني للأمطار على مستوى المنطقة خلال هذه المرحلة 192.3 ملم/سنوياً، بزيادة عن

شرق منطقة جازان بمساحة بلغت 1757.24 كم<sup>2</sup>، بنسبة 13.45% من إجمالي مساحة منطقة جازان. بينما يقع نطاق الأمطار الثاني بين 130 - 160 ملم سنوياً جنوب وجنوب شرق وجنوب غرب ووسط منطقة جازان، بمساحة تصل إلى 2953.4 كم<sup>2</sup>، بنسبة 22.61% من إجمالي مساحة المنطقة. ويظهر نطاق الأمطار بين 160 - 190 ملم سنوياً شرق وشمال ووسط منطقة جازان، بمساحة تبلغ 3089.84 كم<sup>2</sup>، بنسبة 23.66% من إجمالي مساحة المنطقة. ويبرز نطاق الأمطار بين 190 - 220 ملم سنوياً شمال وشمال غرب ووسط شمال منطقة جازان، بمساحة 4424.21 كم<sup>2</sup>، بنسبة 33.88% من إجمالي مساحة المنطقة.



شكل (3) نطاقات الأمطار في المنطقة بين عامي 1994 - 2003م

المصدر: شكل رقم (2).



شكل (5) نطاقات الأمطار في المنطقة بين عامي 2004-2013م

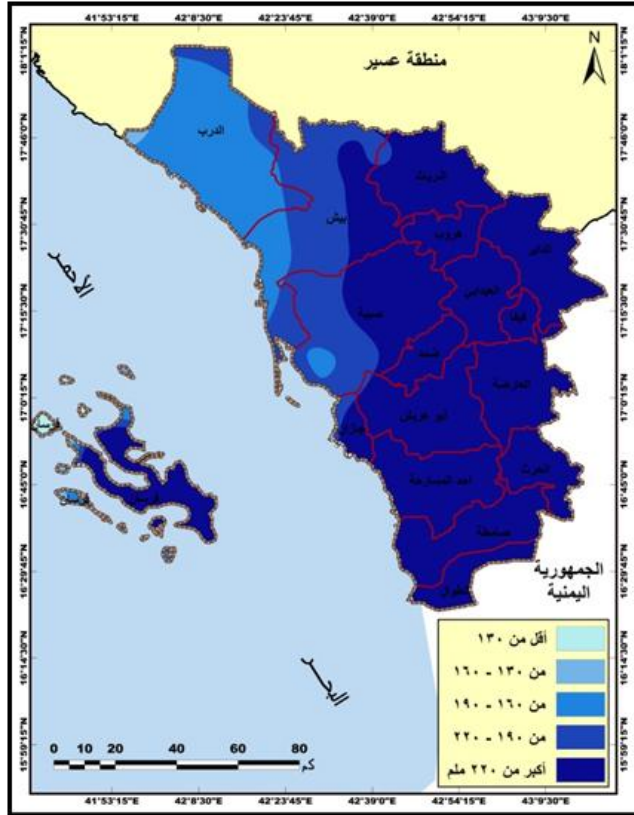
المصدر: شكل رقم (4).

وتبين نتائج تحليل توزيع الأمطار في المنطقة خلال المرحلة الثالثة بين عامي 2014 - 2023م شكل رقم (6)، تراوح كمية الأمطار في المنطقة 90.8 ملم في المناطق قليلة الأمطار شمال غرب جزر فرسان، والحد الأدنى للمطر عن المرحلة الثانية بنحو 27.8 ملم سنوياً، إلى 425 ملم جنوب شرق جزر فرسان، وارتفع الحد الأعلى للمطر عن المرحلة الثانية بنحو 68.8 ملم سنوياً، وبلغ المتوسط المكاني للأمطار على مستوى منطقة جازان خلال هذه المرحلة 253.4 ملم سنوياً، بزيادة عن المرحلة الثانية بنحو 61.1 ملم سنوياً، وتعكس هذا الزيادة ارتفاع كمية الأمطار على المستوى المكاني بمنطقة جازان بين عامي 1994 - 2023م.

المرحلة الأولى بنحو 11.3 ملم سنوياً، وعليه يمكن القول بأن هناك زيادة في كمية الأمطار على المستوى المكاني للمنطقة خلال العشرين سنة بين عامي 1994 - 2013م.

ويظهر شكل (5) وقوع المنطقة التي تقل أمطارها عن 130 ملم سنوياً في المنطقة الساحلية شمال غرب محافظتي بيش والدرب وصبيا، بمساحة بلغت 1477.96 كم<sup>2</sup>، بنسبة 11.31% من إجمالي مساحة المنطقة. ويقع نطاق المطر الغزير أكثر من 220 ملم سنوياً وسط جزر فرسان وجنوب شرق ووسط منطقة جازان بمساحة بلغت 4447.74 كم<sup>2</sup>، بنسبة 34.05% من إجمالي مساحة المنطقة. ويقع نطاق الأمطار بين 130 - 160 ملم سنوياً شمال وغرب ووسط منطقة جازان، بمساحة 2248.01 كم<sup>2</sup>، بنسبة 17.21% من إجمالي مساحة المنطقة. ويبرز نطاق الأمطار بين 160 - 190 ملم سنوياً وسط وجنوب غرب وشمال شرق منطقة جازان، بمساحة تبلغ 1903.35 كم<sup>2</sup>، بنسبة 14.58% من إجمالي مساحة المنطقة. ويحيط نطاق الأمطار بين 190 - 220 ملم سنوياً بالنطاق المطري الأكثر غزارة وسط وغرب منطقة جازان، بمساحة 2983.45 كم<sup>2</sup>، بنسبة 22.85% من إجمالي مساحة المنطقة.

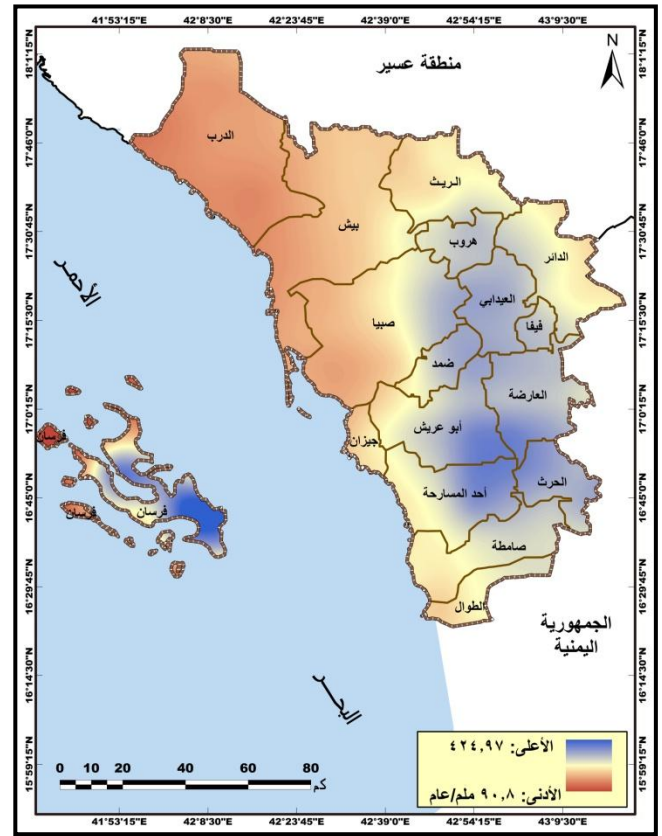
بمساحة تبلغ 1849.67 كم<sup>2</sup>، بنسبة 14.17% من إجمالي مساحة المنطقة. ويقع نطاق الأمطار المرتفعة بين 190 - 220 ملم سنوياً شمال ووسط وغرب منطقة جازان، بمساحة 2151.19 كم<sup>2</sup>، بنسبة 16.48% من إجمالي مساحة المنطقة.



شكل (7) نطاقات الأمطار في المنطقة بين عامي 2014-2023

المصدر: شكل رقم (6).

وتوصلت نتائج التحليل المكاني لتغير توزيع الأمطار بين المرحلتين الأولى والثانية تراوح تغيرها بين 86.5<sup>-</sup> في المناطق التي شهدت تراجعاً في كمية الأمطار إلى 58.1 ملم في المناطق التي شهدت زيادة في كمية الأمطار في المرحلة الثانية مقارنة بالمرحلة الأولى، بمتوسط مكاني لتغير الأمطار على مستوى المنطقة بلغ 8.88 ملم سنوياً، وهذا يعني أن غالبية المنطقة شهدت



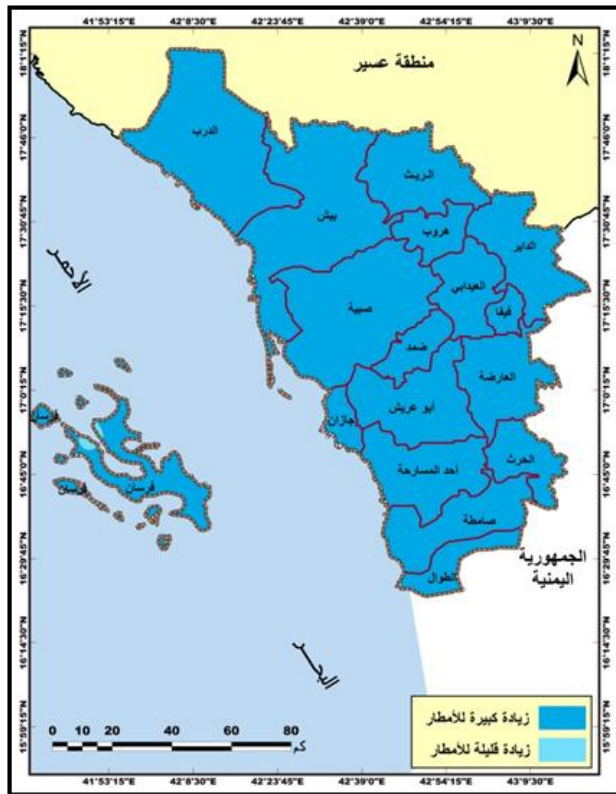
شكل (6) الأمطار بمنطقة جازان بين عامي 2014-2023  
المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الأمطار، ناسا، بيانات مناخ الأرض.

ويوضح شكل (7) انحسار مساحة المنطقة التي تقل أمطارها عن 130 ملم سنوياً في المنطقة الساحلية شمال غرب جزر فرسان، بمساحة بلغت 82.89 كم<sup>2</sup>، بنسبة 0.63% من إجمالي مساحة المنطقة. وتمددت مساحة نطاق الأمطار الغزيرة أكثر من 220 ملم سنوياً لتغطي شرق وجنوب ووسط منطقة جازان وجنوب ووسط جزر فرسان بمساحة بلغت 8907.56 كم<sup>2</sup>، بنسبة 68.2% من إجمالي مساحة المنطقة. وتقلص نطاق الأمطار المنخفضة بين 130 - 160 ملم سنوياً شمال غرب منطقة جازان، بمساحة 69.2 كم<sup>2</sup>، بنسبة 0.52% من إجمالي مساحة المنطقة. ويبرز نطاق الأمطار المعتدلة بين 160 - 190 ملم سنوياً شمال غرب منطقة جازان،



كم2، بنسبة 12.99% من إجمالي مساحة المنطقة. أما المنطقة الرابعة فتمثل المناطق التي فيها زيادة قليلة للأمطار في المرحلة الثانية مقارنة بالأولى، وتظهر شمال ووسط وغرب منطقة جازان، بمساحة بلغت 1209.09 كم2، بنسبة 9.25% من إجمالي مساحة المنطقة.

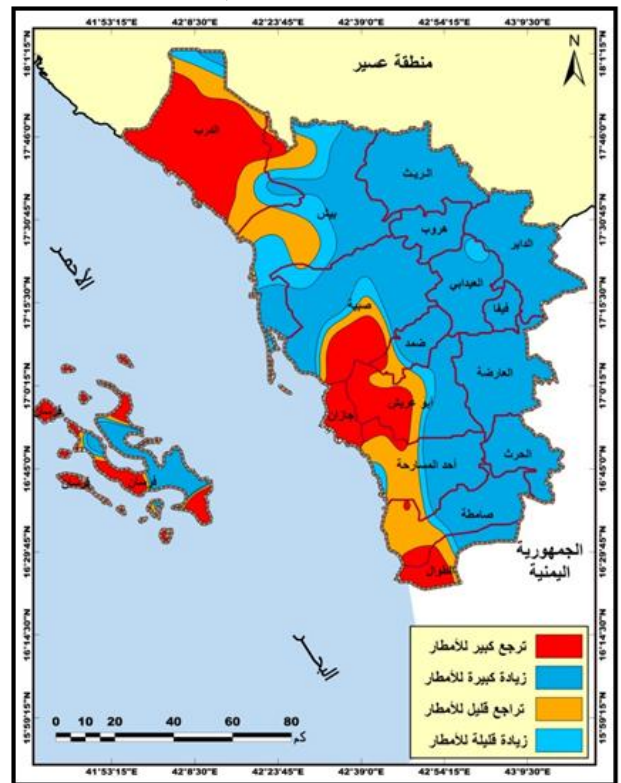
وتوصلت نتائج تحليل تغير توزيع الأمطار بمنطقة جازان بين المرحلتين الثانية والثالثة لتراوح تغيرها بين 0 في المناطق التي لم تتغير كمية أمطارها، إلى 132.1 ملم في المناطق التي زادت فيها الأمطار في المرحلة الثالثة مقارنة بالمرحلة الثانية، ليلغ المتوسط المكاني لتغير الأمطار على مستوى منطقة جازان 60.8 ملم سنوياً، وهذا يعني أن غالبية المنطقة شهدت تغيراً إيجابياً سريعاً للأمطار بين 2004 - 2023 م.



شكل (9) تغير أمطار منطقة جازان بين المرحلتين الثانية والثالثة

المصدر: الباحثة بالإعتماد على الخرائط (4، 6).

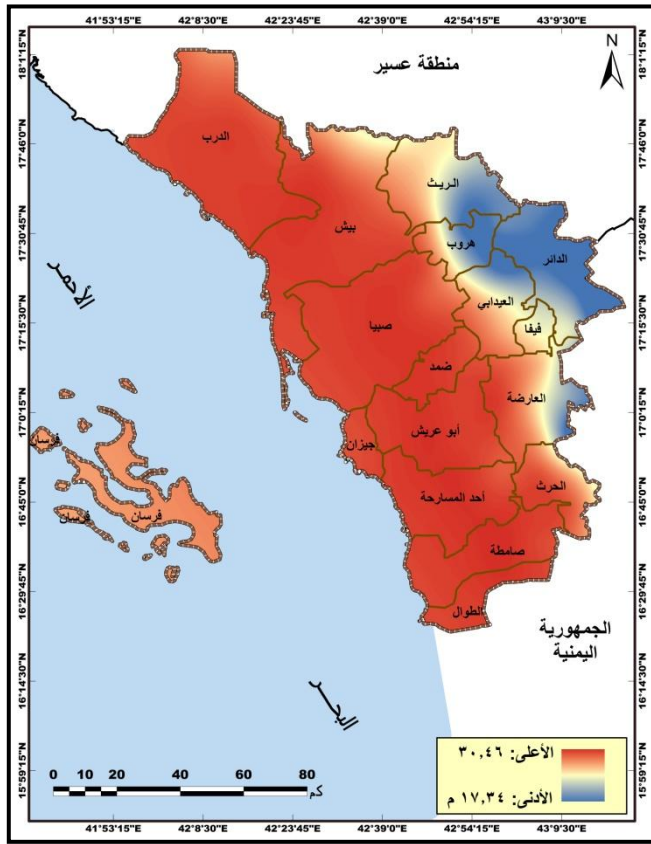
تغيرات إيجابية للأمطار بين عامي 1994 - 2003 م. ويوضح شكل (8) أربعة أنماط لتغيرات الأمطار في منطقة جازان الأول يمثل المناطق التي شهدت تراجعاً كبيراً في كمية الأمطار في المرحلة الثانية مقارنة بالأولى، وتقع غرب منطقة جازان وشمال وغرب جزر فرسان، بمساحة بلغت 2627.66 كم2، بنسبة 21.11% من إجمالي مساحة المنطقة. والثانية تغطي المناطق التي شهدت زيادة كبيرة في كمية الأمطار في المرحلة الثانية مقارنة بالأولى، وتظهر شرق ووسط منطقة جازان وجزر فرسان، بمساحة بلغت 7527.24 كم2، بنسبة 57.64% من إجمالي مساحة المنطقة.



شكل (8) تغير أمطار منطقة جازان بين المرحلتين الأولى والثانية.

المصدر: الباحثة بالإعتماد على الخرائط (2، 4، 6).

وتظهر المنطقة الثالثة التي شهدت أمطارها تراجع قليل في المرحلة الثانية مقارنة بالأولى، جنوب شرق ووسط وغرب وشمال منطقة جازان، بمساحة بلغت 1696.51



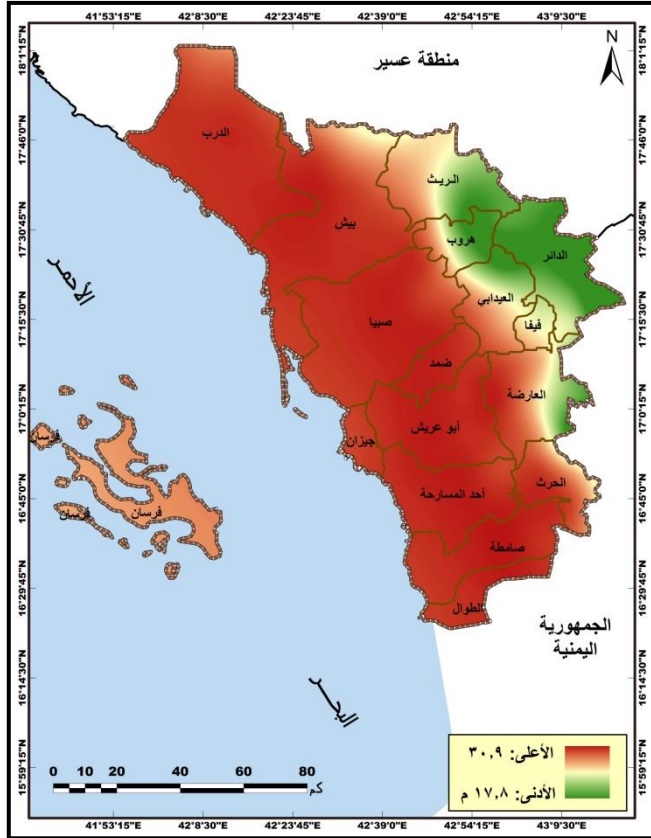
شكل (10) الحرارة بمنطقة جازان بين عامي 1994 - 2004 م.  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على بيانات الحرارة، ناسا، بيانات مناخ الأرض.

ويوضح شكل (11) نطاقات توزيع حرارة منطقة جازان خلال السنوات العشرة الأولى من الدراسة، حيث يقع نطاق الحرارة المنخفضة جداً أقل من 21° م شرق منطقة جازان، بمساحة صغيرة جداً 132.54 كم<sup>2</sup>، بنسبة 1.01% من إجمالي مساحة المنطقة. ويغطي نطاق الحرارة الشديدة أعلى من 30° م جنوب غرب ووسط وشمال غرب منطقة جازان بمساحة بلغت 6930.75 كم<sup>2</sup>، بنسبة 53.05% من إجمالي مساحة منطقة جازان. ويقع نطاق الحرارة المنخفضة بين 21 - 24° م شرق وشمال شرق منطقة جازان، بمساحة 972.57 كم<sup>2</sup>، بنسبة 7.44% من إجمالي مساحة المنطقة. ويظهر نطاق الحرارة المعتدلة بين 24 - 27° م وسط

ومما يوضح في الشكل (9) السابق وجود نطاقين فقط لتغير أمطار منطقة جازان بين المرحلتين الثانية والثالثة، أولها يغطي المناطق التي شهدت زيادة كبيرة للأمطار بالمرحلة الثالثة مقارنة بالثانية، بمساحة بلغت 13030.4 كم<sup>2</sup>، بنسبة 99.77% من إجمالي مساحة المنطقة. بينما يظهر النطاق الثاني ضمن مساحة ضيقة بلغت 30.15 كم<sup>2</sup>، بنسبة 0.23% من إجمالي مساحة المنطقة شمال جزر فرسان.

ثانياً: توزيع معدلات الحرارة وتغيراتها بين عامي 1994 - 2023 م: تعتبر الحرارة ثاني متغيرات تحديد القيمة الفعلية للأمطار، فالحرارة العالية تقلل من القيمة الفعلية للأمطار والعكس، وتخضع الحرارة وتغيراتها الزمانية والمكانية لعدد من المتغيرات المكانية، فمن خلال تتبع توزيع الحرارة في منطقة جازان، يلاحظ انخفاضها بالاتجاه من المناطق الساحلية نحو المناطق الجبلية في الداخل، وتبين نتائج تحليل توزيعها في المرحلة الأولى بين عامي 1994 - 2003 م شكل رقم (10)، تراوح متوسط درجات الحرارة في المنطقة بين 17.3° م في المرتفعات الجبلية شرق منطقة جازان إلى 30.5° م في السهل الساحلي شمال غرب وجنوب غرب المنطقة بمحاذاة البحر الأحمر، وبلغ المتوسط المكاني لحرارة منطقة جازان نحو 28.75° م.

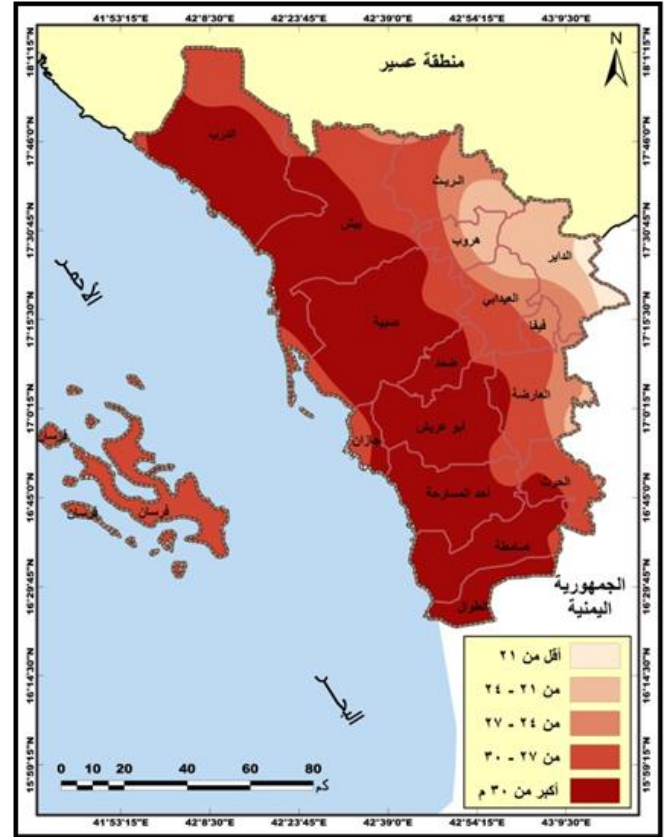
المنطقة مقارنة بالمرحلة الأولى بنحو  $0.4^{\circ}\text{م}$ ، وبلغ متوسط درجات الحرارة على مستوى منطقة جازان نحو  $29.2^{\circ}\text{م}$ ، وهذا يعني أن غالبية المنطقة شهدت زيادة في درجات الحرارة مقارنة بالمرحلة الأولى حيث زاد المتوسط المكاني للحرارة بحوالي  $0.45^{\circ}\text{م}$ .



شكل (12) الحرارة بمنطقة جازان بين عامي 2004 - 2013 م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على بيانات الحرارة، ناسا، بيانات مناخ الأرض.

ويوضح شكل (13) وقوع نطاق الحرارة المنخفضة جداً أقل من  $21^{\circ}\text{م}$  المنطقة الجبلية شرق منطقة جازان، بمساحة صغيرة جداً  $95.07\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $0.72\%$  من إجمالي مساحة المنطقة. بينما يغطي نطاق الحرارة الشديدة أعلى من  $30^{\circ}\text{م}$  غالبية منطقة جازان، بمساحة بلغت  $8303.63\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $63.58\%$  من إجمالي مساحة منطقة جازان. ويظهر نطاق الحرارة المنخفضة بين  $21 - 24^{\circ}\text{م}$  شرق ووسط شرق وشمال شرق منطقة

شرق وشمال منطقة جازان، بمساحة بلغت  $1058.16\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $8.1\%$  من إجمالي مساحة المنطقة. ويظهر نطاق الحرارة العالية بين  $27 - 30^{\circ}\text{م}$  وسط ووسط غرب منطقة جازان وفي جزر فرسان، بمساحة  $3966.49\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $30.37\%$  من إجمالي مساحة المنطقة.

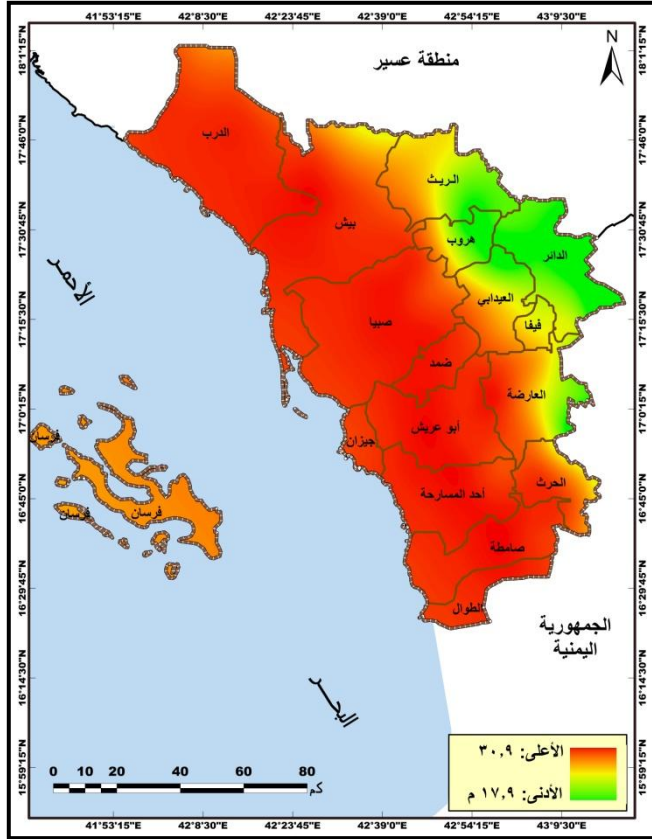


شكل (11) نطاقات الحرارة بالمنطقة بين عامي 1994 - 2004 م

المصدر: شكل رقم (10).  
في المقابل تبين نتائج تحليل توزيع حرارة منطقة جازان في المرحلة الثانية الممتدة بين عامي 2004 - 2013 م شكل رقم (12) تراوح متوسطها في المنطقة بين  $17.8^{\circ}\text{م}$  في المرتفعات الجبلية شرق منطقة جازان، أي أن هناك زيادة في الحد الأدنى للحرارة عن المرحلة الأولى بمقدار  $0.5^{\circ}\text{م}$ ، إلى  $30.9^{\circ}\text{م}$  في المنطقة الساحلية غرب منطقة الدراسة، وعليه فإن هناك زيادة في الحد الأعلى لحرارة



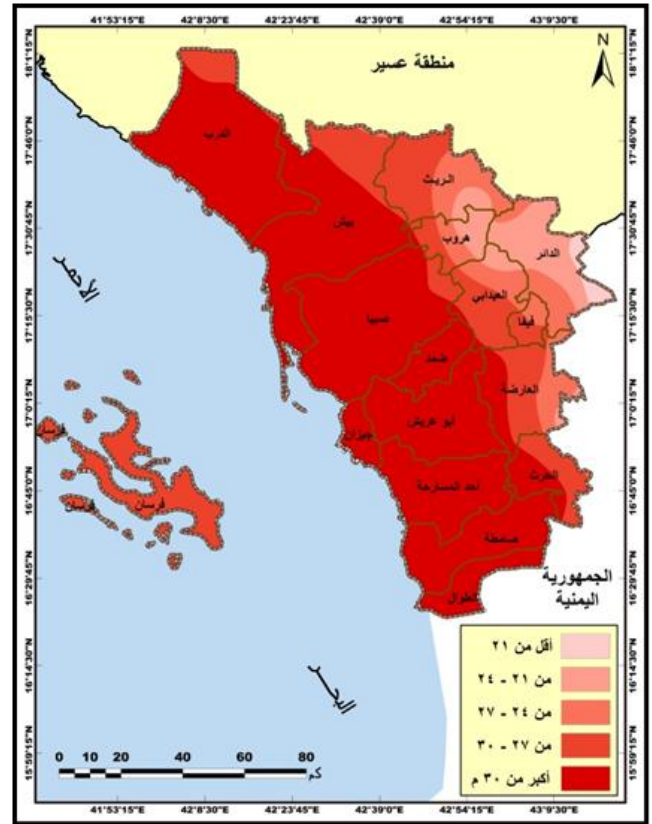
شرق منطقة جازان، وبالتالي فقد زاد الحد الأدنى للحرارة عن المرحلة الثانية بنحو  $0.1^{\circ}\text{C}$ ، إلى  $30.9^{\circ}\text{C}$  في السهل الساحلي الغربي لمنطقة جازان، وعليه فقد ظل الحد الأعلى للحرارة في المنطقة ثابتاً بين المرحلتين، وبلغ المتوسط المكاني لدرجات حرارة منطقة جازان نحو  $29.23^{\circ}\text{C}$ ، بزيادة عن المرحلة الثانية مقدارها  $0.03^{\circ}\text{C}$  م.



شكل (14) الحرارة بمنطقة جازان بين عامي 2014 - 2023 م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على بيانات الحرارة، ناسا، بيانات مناخ الأرض.

ويظهر شكل (15) أن نطاق الحرارة المنخفضة جداً أقل من  $21^{\circ}\text{C}$  م يقع في المنطقة المرتفعة شرق منطقة جازان، بمساحة  $92.99\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $0.712\%$  من إجمالي مساحة المنطقة. ويغطي نطاق الحرارة الشديدة فوق  $30^{\circ}\text{C}$  م غالبية المنطقة، بمساحة بلغت  $8375.25\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $64.12\%$  من إجمالي مساحة منطقة جازان. ويقع نطاق

جازان، بمساحة  $780.94\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $5.97\%$  من إجمالي مساحة المنطقة. ويبرز نطاق الحرارة المعتدلة بين  $24 - 27^{\circ}\text{C}$  م شرق ووسط وشمال شرق المنطقة، بمساحة بلغت  $1027\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $7.87\%$  من إجمالي مساحتها. ويقع نطاق الحرارة العالية حيث تتراوح درجات الحرارة بين  $27 - 30^{\circ}\text{C}$  م وسط وشمال منطقة جازان وفي جزر فرسان، بمساحة  $2853.87\text{ كم}^2$ ، بنسبة  $21.85\%$  من إجمالي مساحة المنطقة.



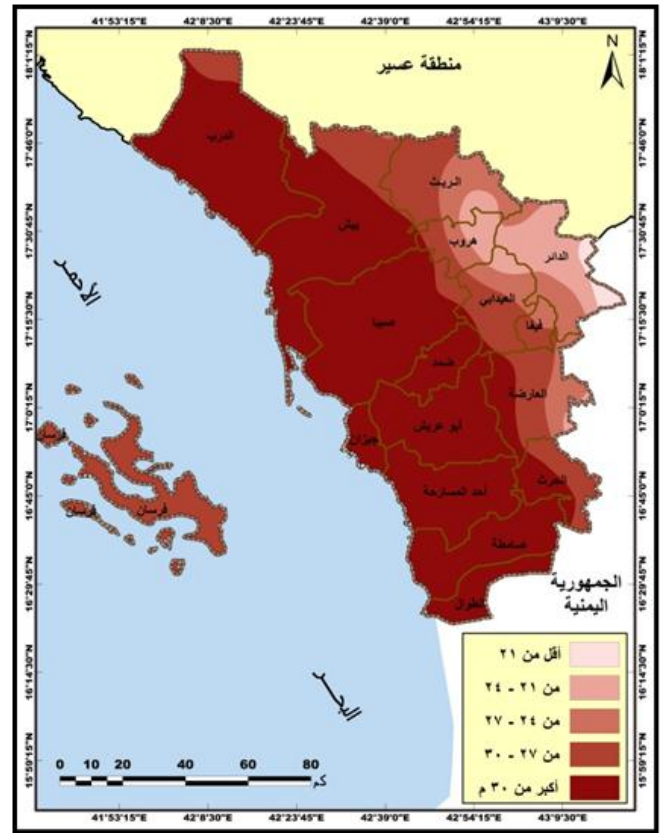
شكل (13) نطاقات الحرارة بالمنطقة بين عامي 2004 - 2013 م  
المصدر: شكل رقم (12).

وتبين نتائج تحليل توزيع درجات حرارة الهواء بمنطقة خلال المرحلة الثالثة بين عامي 2014 - 2023 م شكل رقم (14)، تراوح متوسطها السنوي بين  $17.9^{\circ}\text{C}$  م



0.53° م في المناطق التي شهدت تغيرات إيجابية للحرارة في المرحلة الثانية مقارنة بالمرحلة الأولى، وبلغ المتوسط المكاني لتغير الحرارة بين المرحلتين 0.42° م، وبالتالي فقد شهدت كل منطقة جازان تغيرات إيجابية للحرارة بين المرحلتين الممتدتين بين عامي 1994 - 2013 م. ويوضح شكل (16) خمسة أنماط لتغيرات الحرارة، الأول يقع في المناطق التي زادت فيها الحرارة في المرحلة الثانية مقارنة بالأولى بأقل من 0.2° م، وتقع في جزر فرسان، بمساحة بلغت 757.26 كم<sup>2</sup>، بنسبة 5.8% من إجمالي مساحة المنطقة. والثاني في المناطق التي تراوحت فيها زيادة الحرارة في المرحلة الثانية عن الأولى بين 0.2 - 0.3° م، وتظهر وسط غرب منطقة جازان، بمساحة 291.4 كم<sup>2</sup>، بنسبة 2.23% من مساحة المنطقة. والثالث يغطي المنطقة التي تراوحت فيها زيادة الحرارة في المرحلتين بين 0.3 - 0.4° م، غرب وجنوب غرب وشمال غرب منطقة جازان، بمساحة 4009 كم<sup>2</sup>، بنسبة 30.7% من مساحة المنطقة. والرابع يشمل المناطق التي تراوحت فيها زيادة الحرارة بين 0.4 - 0.5° م جنوب شرق ووسط وشمال المنطقة، بمساحة بلغت 6045.01 كم<sup>2</sup>، بنسبة 46.29% من إجمالي مساحة المنطقة. ويقع النمط الخامس حيث تجاوزت زيادة الحرارة 0.5° م جنوب شرق منطقة جازان، بمساحة بلغت 1957.84 كم<sup>2</sup>، بنسبة 14.99% من إجمالي مساحة المنطقة.

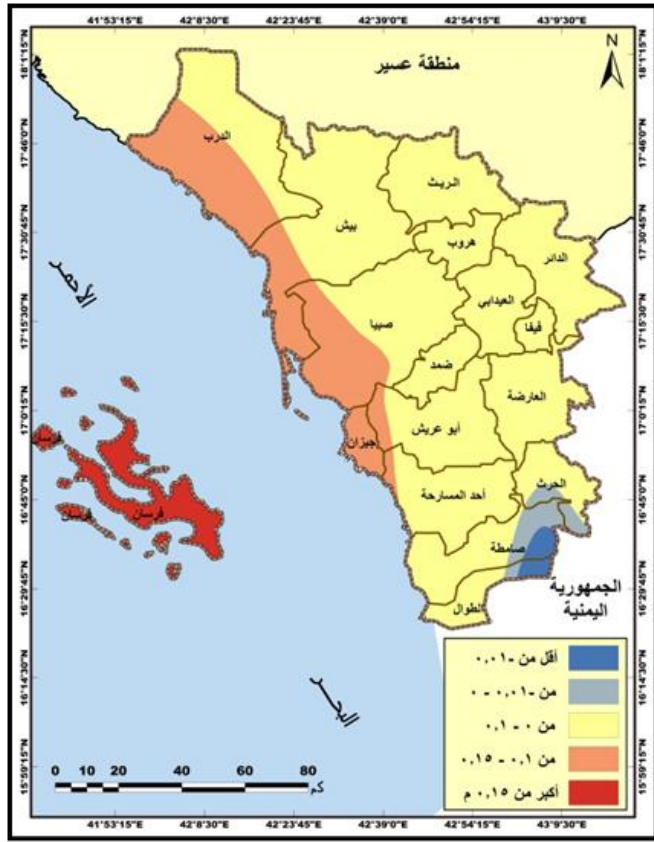
الحرارة المنخفضة بين 21 - 24° م وسط وشرق وشمال شرق المنطقة، بمساحة 767.66 كم<sup>2</sup>، بنسبة 5.87% من إجمالي مساحتها. ويبرز نطاق الحرارة المعتدلة بين 24 - 27° م شرق وشمال شرق ووسط المنطقة، بمساحة بلغت 1025.6 كم<sup>2</sup>، بنسبة 7.85% من إجمالي مساحة المنطقة. ويظهر نطاق الحرارة العالية حيث الحرارة تتراوح بين 27 - 30° م وسط وشمال منطقة جازان كما يغطي جزر فرسان، بمساحة 2799.01 كم<sup>2</sup>، بنسبة 21.43% من إجمالي مساحة منطقة جازان.



شكل (15) نطاقات الحرارة بالمنطقة بين عامي 2014 - 2023 م

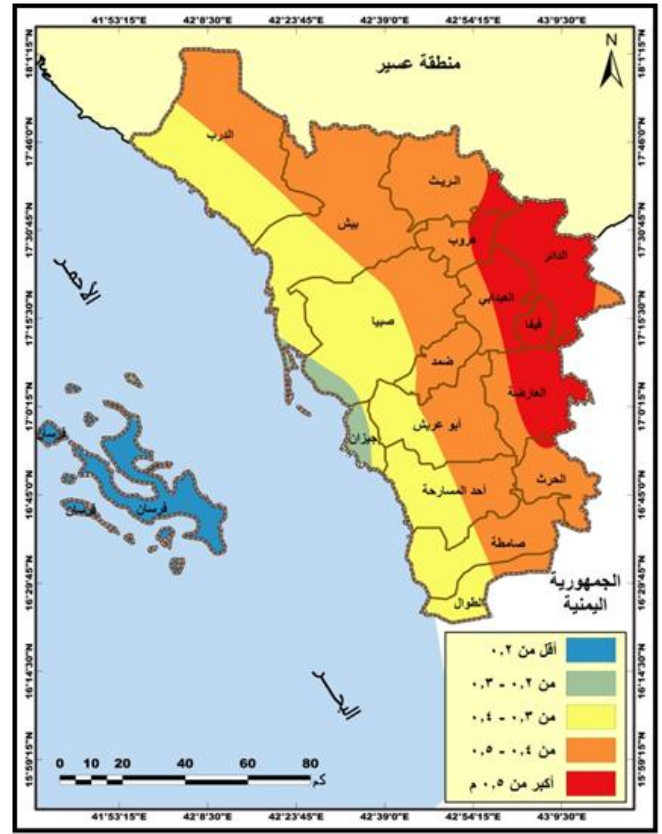
المصدر: شكل رقم (14).

وتوصلت نتائج تحليل تغير درجات الحرارة بمنطقة جازان بين المرحلتين الأولى والثانية تراوح تغيرها بين 0 في المناطق التي لم تشهد تغير لدرجات الحرارة، إلى



شكل (17) تغير الحرارة بمنطقة جازان بين المرحلتين الأولى والثانية  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكلين (12، 14).

والنمط الثاني حيث تراوح تغير درجات الحرارة بين - 0.01 - 0°م جنوب شرق المنطقة، بمساحة بلغت 280.52 كم<sup>2</sup>، بنسبة 2.14% من مساحة منطقة الدراسة. ويغطي نمط التغير الثالث غالبية منطقة جازان وذلك حيث تراوح تغير الحرارة بين 0 - 0.1°م، بمساحة 9571.86 كم<sup>2</sup>، بنسبة 73.29% من إجمالي مساحة المنطقة. ويقع النمط الرابع في المناطق التي شهدت تغير في درجات الحرارة بين 0.1 - 0.15°م غرب وشمال غرب منطقة جازان، بمساحة بلغت 2289.63 كم<sup>2</sup>، بنسبة 17.53% من مساحة المنطقة. بينما يظهر نمط التغير الخامس حيث تتجاوز زيادة الحرارة 0.15°م في جزر فرسان، بمساحة بلغت 784.9 كم<sup>2</sup>، بنسبة 6% من إجمالي مساحة منطقة جازان.



شكل (16) تغير الحرارة بمنطقة جازان بين المرحلتين الأولى والثانية  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكلين (10، 12).

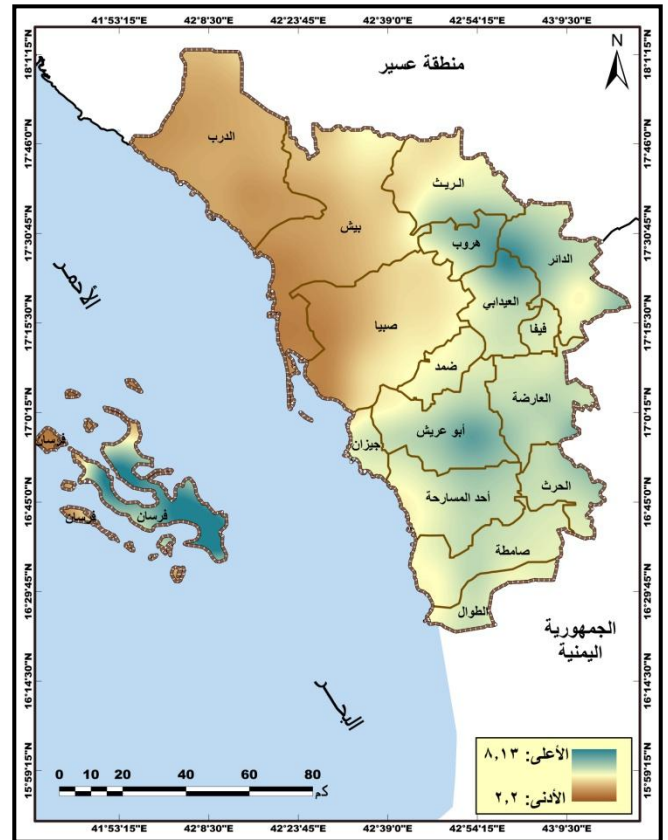
وتبين نتائج تحليل تغير درجات الحرارة في المنطقة بين المرحلتين الثانية والثالثة تراوح تغيرها بين -0.027°م في المناطق التي تغيرت فيها درجات الحرارة بالسالب أو الانخفاض في المرحلة الثانية مقارنة بالأولى، إلى 0.25°م حيث تغير الحرارة بشكل ايجابي خلال المرحلة الثانية مقارنة بالأولى، وبلغ متوسط تغير درجات الحرارة على مستوى المنطقة 0.07°م، أي أن غالبية منطقة جازان شهدت تغيرات ايجابية للحرارة بين عامي 2004 - 2023م.

وعليه يوضح شكل (17) سابقاً أن هناك خمسة أنماط لتغيرات الحرارة بين المرحلتين الثانية والثالثة الأول يظهر في المناطق التي شهدت إنخفاض في درجات الحرارة بأقل من -0.01°م جنوب شرق منطقة جازان، بمساحة بلغت 133.6 كم<sup>2</sup>، بنسبة 1.02% من مساحة المنطقة.

وعليه يبين شكل (19) وجود نطاقين فقط من نطاقات المناخ التي حددها ديمارتون في تصنيفه هما: نطاق المناخ الجاف حيث تقل قيمة قرينة ديمارتون عن 5، ويظهر شمال وشمال غرب وجنوب غرب وجنوب وشرق منطقة جازان كما يظهر شمال غرب جزر فرسان، بمساحة بلغت 6782.7 كم<sup>2</sup>، بنسبة 51.94% من إجمالي مساحة المنطقة، ويرجع هذا النوع من المناخ بهذه المنطقة إلى قلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، وينعكس تأثير هذا النوع من المناخ بهذه المنطقة على الحياة النباتية من خلال افتقارها إلى الغطاء النباتي، وصعوبة ممارسة الأنشطة الزراعية بالإعتماد على الزراعة المطرية بنجاح.

أما النطاق الثاني فيعرف بالمناخ شبه الجفاف، ويظهر في المناطق التي تتراوح فيها قرينة الجفاف لديمارتون بين 5 - 10، حيث ترتفع كمية الأمطار وتخفض درجات الحرارة في المناطق الجبلية شرق وجنوب شرق منطقة جازان، كما يبرز في المناطق ذات الأمطار الكثيفة جنوب شرق ووسط جزر فرسان، بمساحة بلغت 6277.8 كم<sup>2</sup>، بنسبة 48.06% من إجمالي مساحة منطقة جازان، وتتصف هذه المناطق خاصة المرتفعات بقلة معدلات التبخر والنتح، فضلاً عن وجود وتنوع الغطاء النباتي بشكل أفضل من النطاق السابق، و إمكانيات أعلى لنجاح الأنشطة الزراعية القائمة على الأمطار كمصدر رئيس لعمليات الري.

**ثالثاً: القيمة الفعلية للأمطار وتغيراتها بين عامي 1994 - 2023م:** تظهر نتائج تحليل القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان من خلال تطبيق معادلة ديمارتون على بيانات الأمطار ودرجات الحرارة في العشرة السنوات الأولى من هذه الدراسة شكل رقم (18)، تتراوح القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان بين عامي 1994 - 2003م بين 2.2 في المناطق شديدة الجفاف شمال غرب منطقة جازان بما في ذلك شمال غرب محافظة جزر فرسان، إلى 8.13 جنوب شرق جزر فرسان، بمتوسط مكاني لقيمة المطر الفعلية على مستوى منطقة جازان بلغ 4.75، وهذا يعني أن غالبية منطقة جازان تقع ضمن المناطق الجافة حسب تصنيف ديمارتون.

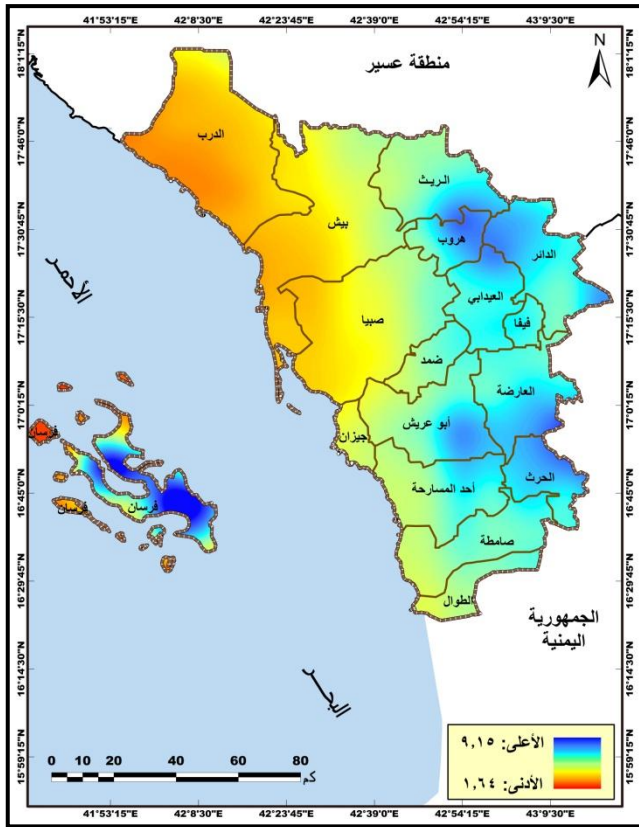


شكل (18) القيمة الفعلية للأمطار بالمنطقة بين عامي 1994 - 2003م.

المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكلين رقم (2، 10).



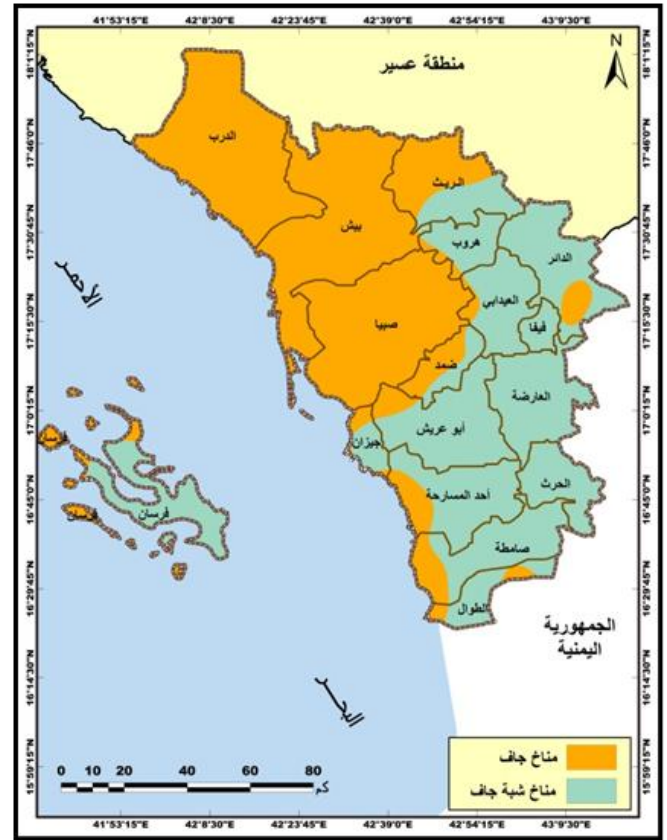
تقع ضمن المناخ الجاف حسب تصنيف ديمارتون، مع ذلك فقد ارتفع المتوسط المكاني لقيمة المطر الفعلية عن المرحلة الأولى بنحو 0.2.



شكل (20) القيمة الفعلية للأمطار بالمنطقة بين عامي 2004-2013م.

المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكلين رقم (4، 12).

ويوضح شكل (21) استمرار نطاقي المناخ الجاف وشبه الجفاف مع تغير نسبي في توزيعهما، حيث يقع نطاق المناخ الجاف أينما تقل قيمة قرينة ديمارتون عن 5 شمال وشمال غرب وغرب منطقة جازان وفي أجزاء متفرقة شمال وشمال غرب وجنوب جزر فرسان، بمساحة بلغت 6302.02 كم<sup>2</sup>، بنسبة 48.29 % من إجمالي مساحة المنطقة، وعليه فقد تراجعت مساحة هذا النوع من المناخ عن المرحلة الأولى بنسبة -3.66%، وهذا يرجع إلى زيادة كمية الأمطار التي شهدتها المنطقة في المرحلة الثانية مقارنة بالأولى.

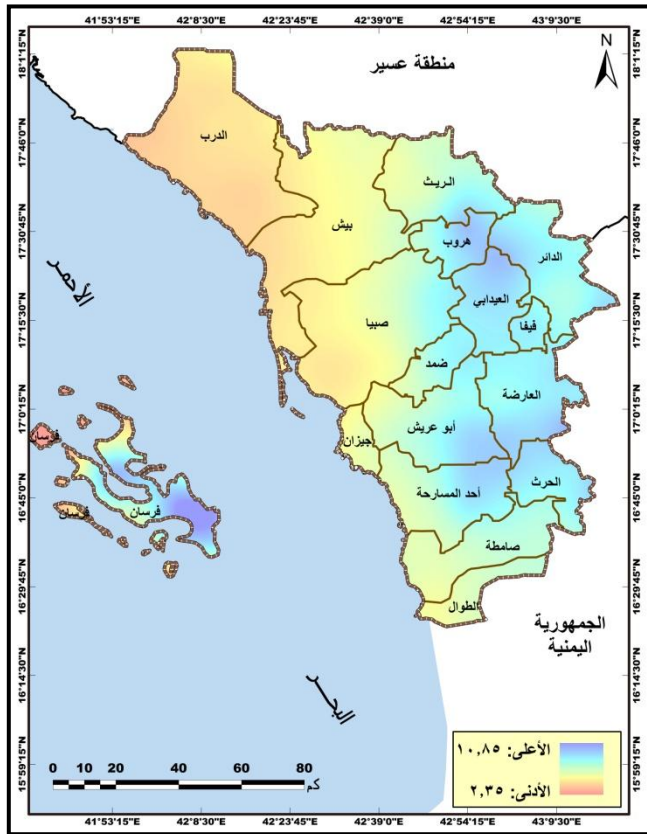


شكل (19) مناخ منطقة جازان بين عامي 1994-2003م

المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكل رقم (18).

من جانب آخر تظهر نتائج تطبيق معادلة ديمارتون على بيانات الأمطار ودرجات الحرارة بين عامي 2004 - 2013م بهدف تحليل قيمة المطر الفعلية في منطقة جازان خلال المرحلة الثانية من الدراسة في الشكل رقم (20)، تتراوح القيمة الفعلية للأمطار منطقة جازان بين 1.64 في المناطق التي تعاني ببيتها من حده الجفاف شمال غرب جزر فرسان وشمال غرب المنطقة، وعليه فقد تعرض الحد الأدنى لقيمة الأمطار الفعلية خلال هذه المرحلة للتراجع عما كان عليه الحال في المرحلة الأولى بنحو -0.56، إلى 9.15 كحد أعلى لقرينة الجفاف شرق ووسط فرسان، وبلغ المتوسط المكاني لقيمة الأمطار الفعلية في المرحلة الثانية على مستوى المنطقة نحو 4.95، وهذا يعني أن غالبية منطقة جازان لا تزال

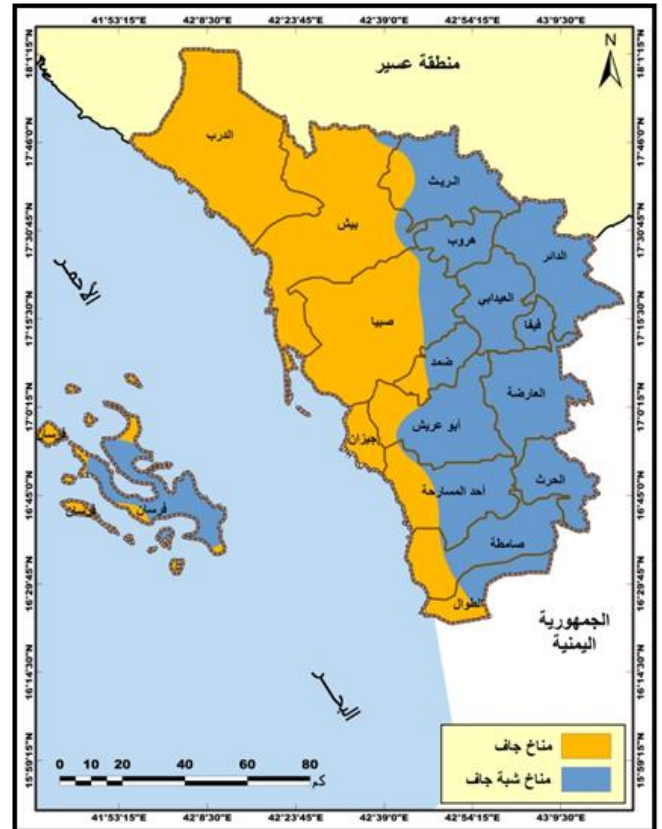
وتوضح نتائج تطبيق معادلة القيمة الفعلية للأمطار التي جاء بها ديمارتون بناء على بيانات الأمطار والحرارة خلال المرحلة الثالثة بالفترة الممتدة بين عامي 2014 - 2023م شكل رقم (22)، تحسن كبير في مناخ منطقة جازان مقارنة بالمرحلتين الأولى والثانية، ومما يؤكد ذلك تراوح قيمة المطر الفعلية في منطقة جازان بين 2.35 في المناطق التي تعاني من شدة الجفاف وآثاره السلبية على البيئة شمال غرب منطقة جازان وكذلك الحال شمال غرب جزر فرسان.



شكل (22) القيمة الفعلية للأمطار بالمنطقة بين عامي 2014-2023م.

المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكلين رقم (6، 14). وبالتالي فقد ارتفع الحد الأدنى لقيمة الأمطار الفعلية خلال هذه المرحلة عن المرحلة الثانية بنحو 0.71، إلى 10.85 للحد الأعلى للمؤشر وسط شرق جزر فرسان، ليرتفع الحد الأعلى للمؤشر بنحو 1.7 عما كان عليه

ويظهر النطاق الثاني من نطاقات المناخ المعروف بالمناخ شبة الجاف في المناطق التي تتراوح فيها قرينة جفاف ديمارتون بين 5 - 10، ليحتل المرتبة الأولى من حيث المساحة بعد أن كان في المرتبة الثانية خلال المرحلة الأولى بين عامي 1994 - 2003م، ويبرز كما يبين شكل (21) في المناطق المرتفعة شرق منطقة جازان حيث ترتفع كمية الأمطار وتتراجع درجات الحرارة، كما يظهر وسط جزر فرسان حيث ترتفع كمية الأمطار السنوية، بمساحة بلغت 6748.49 كم<sup>2</sup>، بنسبة 51.72% من إجمالي مساحة منطقة جازان، وعليه فقد زادت مساحة المناخ شبة الجاف عن المرحلة الأولى بنحو 3.66%، ومن المؤكد أن ينعكس هذا التغير في تحسن مساحة ونوعية الغطاء الحيوي، وضمان ممارسة الأنشطة الزراعية بنجاح بمياه الأمطار.



شكل (21) مناخ منطقة جازان بين عامي 2004-2013م المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكل رقم (20).

منطقة عسير

البحر الأحمر

البحر

الجمهورية اليمنية

مناخ جاف

مناخ شبه جاف

مناخ شبه رطب

0 10 20 40 60 80 كم

شكل (23) مناخ منطقة جازان بين عامي 2014-2023م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشكل رقم (22).

**رابعاً) محاكاة القيمة الفعلية للأمطار ومدلولاتها المناخية:** اعتمدت الدراسة في محاكاة تأثير تغير القيمة الفعلية للأمطار خلال الثلاثين عاماً القادمة بين عامي 2024 - 2053م لكل عشرة سنوات في منطقة جازان على الشبكة العصبية (MLP)، بناءً على طبقتي القيمة الفعلية للأمطار في المرحلتين الثانية بين عامي 2004 - 2013م والثالثة بين عامي 2014 - 2023م كمتغيرات تابعة، طبقتي متغيري الأمطار والحرارة في نفس المرحلتين كمتغيرات مستقلة تتسبب في شكل تغير القيمة الفعلية للأمطار وتأثيراتها في تغيرات المناخ والغطاء النباتي. وبذلك أظهرت نتائج محاكاة القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان بين عامي 2024 - 2033م، احتمالية تراوح القيمة الفعلية للأمطار بين 2.4 في المناطق شديدة الجفاف شمال غرب فرسان، إلى 11.13 وسط شرق جزر فرسان، بمتوسط مكاني لقيمة المطر الفعلية على مستوى منطقة جازان سوف يبلغ 6.87، وبالتالي يتوقع النموذج أن تظل غالبية منطقة جازان ضمن المناطق شبه الجافة خلال المرحلة الرابعة. ومما يؤكد ذلك تبين نتائج محاكاة تأثير القيمة الفعلية للأمطار على نوع المناخ المتوقع في منطقة جازان خلال المرحلة الرابعة شكل رقم (24)، سيادة ثلاثة أنواع من المناخ الأول: حيث تقل القيم الفعلية للأمطار عن 5 شمال غرب منطقة جازان وشمال غرب جزر فرسان، بمساحة بلغت 1284.57 كم<sup>2</sup>، بنسبة 9.85% من إجمالي مساحة المنطقة. وعليه تظهر نتائج المحاكاة امكانية تراجع مساحة المناخ الجاف في المنطقة بين عامي 2024 - 2033م؛ مقارنة بالمرحلة بين عامي 2014 - 2023م، بنحو 1779.11 كم<sup>2</sup>.

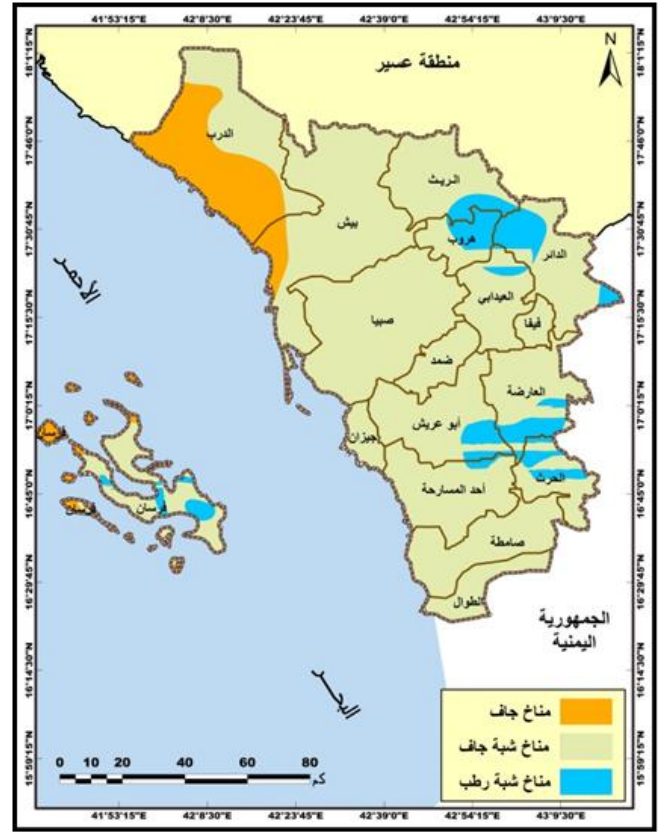
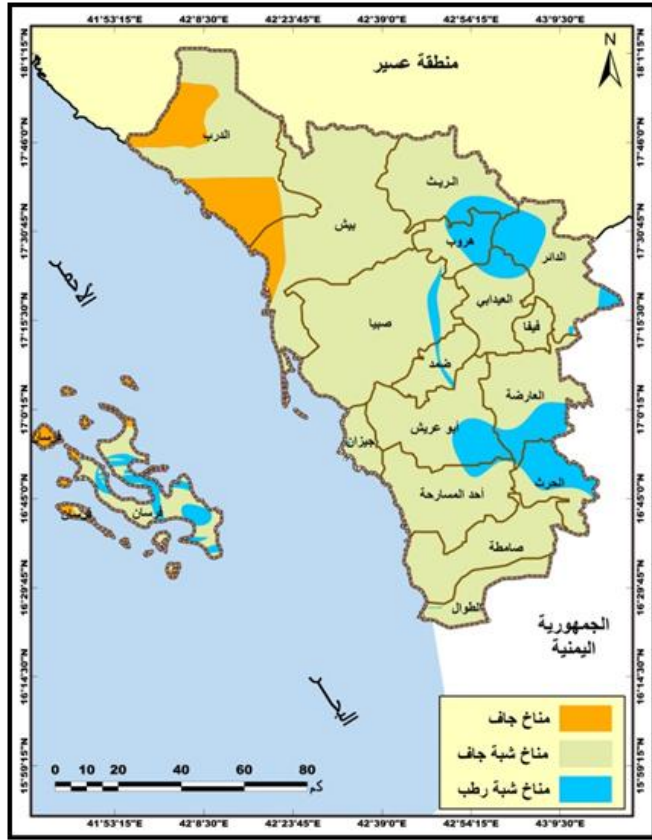
ويتوقع أن يغطي المناخ شبه الجفاف غالبية منطقة جازان خلال الفترة الممتدة بين عامي 2024 - 2033م، وسيظهر في المناطق التي تتراوح فيها القيمة الفعلية للأمطار بين 5 - 10، جنوب وشرق وشمال شرق منطقة جازان، كما يتوقع أن يظهر شمال غرب وجنوب شرق فرسان، بمساحة يتوقع أن تبلغ 10783 كم<sup>2</sup>، بنسبة 82.62% من إجمالي مساحة منطقة جازان، وعليه تتوقع نتائج المحاكاة زيادة مساحة المناخ شبه الجاف في منطقة جازان مقارنة بالمرحلة السابقة بنحو 890.47 كم<sup>2</sup>.

وتظهر نتائج المحاكاة كذلك تأثير تغير القيمة الفعلية للأمطار في المناخ من خلال تغير توزيع ومساحة نطاق المناخ شبه الرطب الذي يقع في المناطق التي تتراوح فيها القيمة الفعلية للأمطار بين 10 - 20، والذي ظهر خلال المرحلة الثالثة في جزر فرسان، ولكن نتائج المحاكاة بين عامي 2024 - 2033م تظهر اتساع مساحته في جزر فرسان مقارنة بالمرحلة الثالثة؛ بل وظهور هذا المناخ لأول مرة وسط وجنوب شرق منطقة جازان شكل رقم (24)، بمساحة يتوقع أن تبلغ 982.98 كم<sup>2</sup>، بنسبة 7.53% من إجمالي مساحة منطقة جازان، وعليه يتوقع النموذج زيادة مساحة المناخ شبه الرطب في المنطقة مقارنة بالمرحلة السابقة بحوالي 888.69 كم<sup>2</sup>. وتؤكد نتائج محاكاة القيمة الفعلية المتوقعة للأمطار المتوقع في منطقة جازان خلال المرحلة الخامسة الممتدة بين عامي 2034 - 2043م، تراوح القيمة الفعلية للأمطار بين 2.7 في المناطق شديدة الجفاف شمال غرب منطقة جازان وجزر فرسان، إلى 11.45 وسط جزر فرسان، ويتوقع ان يبلغ المتوسط المكاني لقيمة المطر الفعلية على مستوى المنطقة 7.1، مما يعني ان



غالبية منطقة جازان ستبقى ضمن المناخ شبه الجافة خلال المرحلة الخامسة من مراحل الدراسة.

كان عليه في المرحلة الرابعة بين عامي 2024 - 2033 م بنحو 287.87 كم<sup>2</sup>.



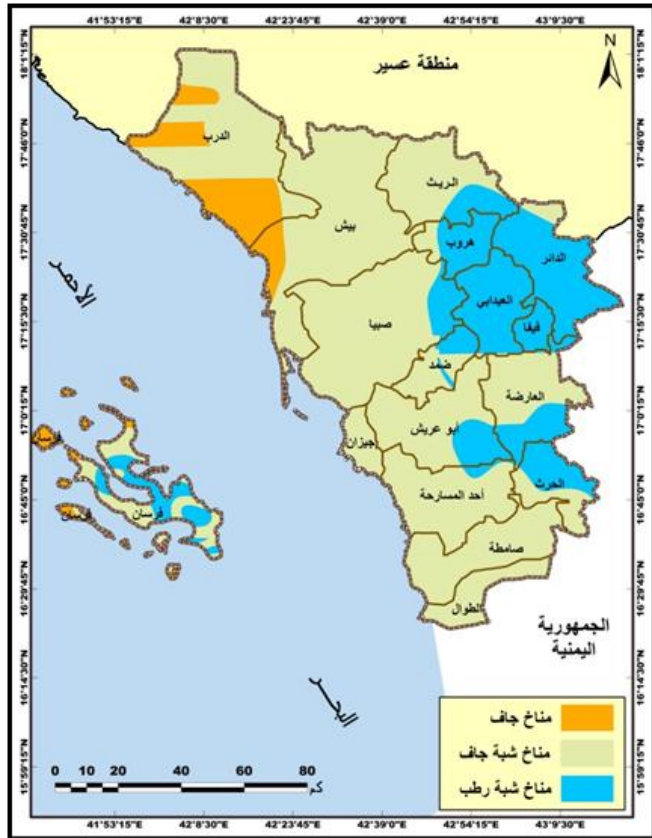
شكل (24) نطاقات مناخ منطقة جازان بين 2023-2033 م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشبكة العصبية (MLP)،  
برنامج (IDRISI Selva).

شكل (25) نطاقات مناخ منطقة جازان بين 2043-2044 م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشبكة العصبية (MLP)،  
برنامج (IDRISI Selva).

وتظهر نتائج التوقعات تراجع مساحة تغطية المناخ شبه الجاف الذي ما يزال يغطي غالبية منطقة الدراسة في المرحلة الخامسة في الفترة بين عامي 2044 - 2043 م، في المناطق التي تتراوح فيها قيمة المطر الفعلية بين 5 - 10 جنوب وشرق وشمال شرق منطقة جازان وشمال غرب وجنوب شرق فرسان، بمساحة ستبلغ 10525.7 كم<sup>2</sup>، بنسبة 80.66% من إجمالي مساحة المنطقة، وعليه من المتوقع تراجع مساحة المناخ شبه الجاف بمنطقة جازان مقارنة بالمرحلة الرابعة بنحو 257.3 كم<sup>2</sup>.

وبذلك تظهر آثار تغير القيمة الفعلية للأمطار على مناخ منطقة جازان خلال هذه المرحلة من خلال تغير توزيع ومساحة أنواع المناخ، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال مقارنة الشكلين رقم (24، 25)، وبالنظر إلى الشكل (25) يلاحظ تراجع مساحة تغطية المناخ الجاف شمال غرب منطقة جازان وشمال غرب فرسان، حيث تقل القيم الفعلية للأمطار عن 5، لتبلغ مساحته المتوقعة خلال هذه المرحلة 996.7 كم<sup>2</sup>، بنسبة 7.63% من إجمالي مساحة منطقة جازان، وعليه فمن المتوقع تراجع مساحة المناخ الجاف بين عامي 2034 - 2043 م؛ مقارنة بما

تراجع مساحة المناخ الجاف بين عامي 2044 - 2053م؛ مقارنة بالمرحلة الخامسة بنحو 79.1 كم<sup>2</sup>. ومن المتوقع أن تبلغ مساحة المناخ شبه الجاف الذي سيغطي غالبية منطقة جازان في الفترة بين عامي 2044 - 2053م، حيثما تتراوح القيمة الفعلية للأمطار بين 5 - 10، بمساحة من المحتمل أن تبلغ 9070.87 كم<sup>2</sup>، بنسبة 69.5% من إجمالي مساحة المنطقة، وعليه يتوقع تراجع مساحة المناخ شبه الجاف بنحو 1454.83 كم<sup>2</sup> عن المرحلة الخامسة.



شكل (26) نطاقات مناخ منطقة جازان بين 2053-2044م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشبكة العصبية (MLP)، برنامج (IDRISI Selva).

وتوضح نتائج الكشف عن تأثير تغير القيمة الفعلية للأمطار في مناخ المنطقة اتساع مساحة المناخ شبه الرطب بمناطق المناخ شبه الجافة وسط منطقة جازان حيث تتراوح القيمة الفعلية للمطر بين 10 - 20، ويتوقع

وتوضح نتائج محاكاة تأثير تغير القيمة الفعلية للأمطار في مناخ منطقة جازان توسع مساحة المناخ شبه الرطب على حساب المناطق شبه الجافة وسط منطقة جازان حيث تتراوح القيمة الفعلية للأمطار بين 10 - 20، ويتوقع أن يظهر المناخ شبه الرطب شكل رقم (25) السابق، جنوب شرق ووسط جزر فرسان وجنوب شرق ووسط منطقة جازان، بمساحة من المحتمل أن تبلغ 1528.1 كم<sup>2</sup>، بنسبة 11.7% من إجمالي مساحة المنطقة، وبالتالي يتوقع زيادة المناخ شبه الرطب بمنطقة جازان بين عامي 2034 - 2043م عن مساحته بالمرحلة السابقة بين عامي 2024 - 2033م بحوالي 545.12 كم<sup>2</sup>.

وتبين نتائج توقعات القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان خلال المرحلة السادسة الممتدة بين عامي 2044 - 2053م، تراوح القيمة الفعلية للأمطار بين 2.85 حيث المناخ الجاف شمال غرب كل من منطقة جازان وجزر فرسان، إلى 11.73 وسط محافظة فرسان، بمتوسط مكاني لقيمة المطر الفعلية على مستوى المنطقة يتوقع أن يبلغ 7.43، مما يعني أن هناك احتمال لاستمرارية سيطرة المناخ شبه الجاف على غالبية منطقة جازان خلال المرحلة السادسة من مراحل الدراسة.

وتبرز آثار تغير قيمة المطر الفعلية على المناخ بمنطقة جازان خلال المرحلة السادسة من خلال تغير أنواع المناخ، ويظهر شكل (26) انحسار مساحة تغطية المناخ الجاف شمالي غرب منطقة جازان وجزر فرسان، حيث تقل القيم الفعلية للأمطار عن 5، ويتوقع أن تبلغ مساحة هذا النطاق خلال هذه المرحلة 917.6 كم<sup>2</sup>، بنسبة 7.03% من إجمالي مساحة المنطقة، وعليه يتوقع

في تغيير بنية الغطاء النباتي وتغطيته ( Araujo, et al, 2023, p. 2). فالأمطار في النظم البيئية الجافة وشبه الجافة أحد أكثر العوامل المؤثرة في الغطاء النباتي. فهطول الأمطار هو العامل الرئيسي الذي يدفع النباتات من حالة تحمل الجفاف إلى حالة النمو النشط ( Liu, et al, 2024, p. 1). لذلك هناك حاجة إلى تحديد تأثير تغير هطول الأمطار على الغطاء النباتي في المناطق الجافة نادرة المياه لتطوير استراتيجيات التكيف للتعامل مع تغير المناخ في المستقبل، وهو أمر بالغ الأهمية للإدارة المستدامة وحماية النظم البيئية الأرضية ( Diao, et al, 2021, p. 6). لذا تم التطرق لكشف انعكاسات تغير القيمة الفعلية للأمطار على الغطاء النباتي في منطقة جازان لما لها من أهمية في توفير معلومات يمكن استخدامها في سياسات زيادة إنتاجية الغطاء النباتي واستدامته في المنطقة.

وبذلك تظهر نتائج محاكاة مدلولات تغير القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان على الغطاء النباتي خلال المرحلة الرابعة الممتدة بين عامي 2024 - 2033م في الشكل السابق رقم (27) علاقة القيمة الفعلية للأمطار والغطاء النباتي في منطقة جازان، فمناطق توزيع النباتات الصحراوية شمال غرب منطقة جازان ترتبط بوجود المناخ الجاف الذي تقل فيه القيمة الفعلية للأمطار عن 5 حسب ديمارتون، وبالتالي يعتمد توزيع الغطاء النباتي في المنطقة بشكل كبير على الظروف المناخية السائدة، ومن المتوقع في ظل ثبات اتجاه تغير القيمة الفعلية للأمطار بنفس مسارها الذي كان سائداً خلال الفترة الممتدة بين عامي 1994 - 2023م، تراجع مساحة المنطقة التي يسود فيها الغطاء النباتي الصحراوي في منطقة جازان،

أن يستمر توزيع المناخ شبه الرطب شكل رقم (26) بنفس مناطق توزيعه جنوب شرق ووسط جزر فرسان ووسط وجنوب شرق المنطقة، بمساحة يتوقع أن تبلغ 3062.03 كم<sup>2</sup>، بنسبة 23.47% من إجمالي مساحة المنطقة، وبالتالي من المحتمل زيادة مساحة المناخ شبه الرطب بين عامي 2044 - 2053م بنحو 1533.93 كم<sup>2</sup> مقارنة بالمرحلة السابقة.

**خامساً) محاكاة القيمة الفعلية للأمطار ومدلولاتها النباتية:** تتداخل كمية الأمطار وتغيراتها وتوقيتها وتواترها وتوزيعها المكاني وكثافتها، إلى جانب أنظمة درجات الحرارة، مع السمات الطبوغرافية لإضفاء أنماط نباتية مميزة في مناطق جغرافية مختلفة ( Moghimi, 2005, p. 669). ويرتبط تباين توزيع الغطاء النباتي ارتباط وثيق بتباين توزيع القيمة الفعلية للأمطار؛ فكلما ارتفعت القيمة الفعلية للأمطار زادت كثافة وتنوع الغطاء النباتي والعكس، لذلك تؤثر تغيرات القيمة الفعلية للأمطار في بنية وتكوين ووظائف النظم الحيوية، حيث يؤدي تراجع القيمة الفعلية للأمطار في بعض المناطق الجافة إلى تغيير النظم البيئية للغطاء النباتي، ويجبرها على التكيف مع تغيرات المناخ، وبالتالي تؤثر تغيرات القيمة الفعلية للأمطار في تنوع وإنتاج الغطاء النباتي. وتعتبر المراعي من بين النظم الحيوية الأكثر حساسية لتغيرات القيمة الفعلية للأمطار ( Cherwin, and Knapp, 2012, p. 846).

ويعتبر هطول الأمطار عامل أساسي في تحديد نمو الغطاء النباتي، ويمكن أن تؤدي تغيرات الأمطار إلى تغيير محتوى المادة العضوية في التربة والتأثير على الإشعاع الضوئي الفعال والوظائف الفسيولوجية، وبالتالي

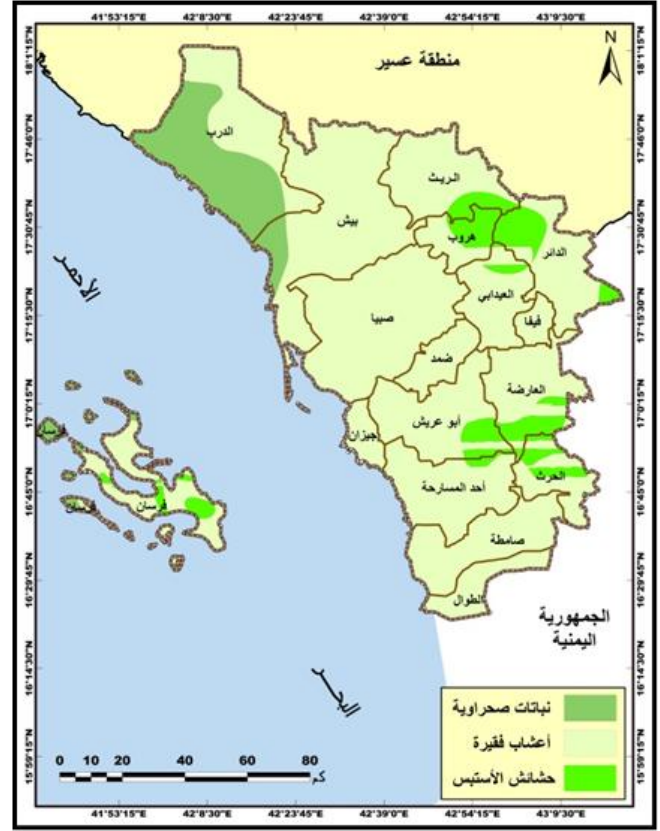
2033م، فمن المتوقع زيادة مساحة تغطية حشائش الإستبس التي تقع ضمن نطاق المناخ شبة الرطب حيث القيمة الفعلية للأمطار بين 10 - 20 بنحو 888.69 كم<sup>2</sup> مقارنة بمساحتها خلال المرحلة السابقة بين عامي 2014 - 2023م، وبذلك تتفق هذه النتائج مع ما توصلت اليه دراسة ( Song and Ma, 2011, p. 3947) ومتغيري الحرارة والأمطار لهما تأثير كبير في تحديد الأنماط المكانية الزمنية للغطاء النباتي.

من جانب آخر تظهر نتائج محاكاة تأثير تغير القيمة الفعلية للأمطار على الغطاء النباتي في منطقة جازان خلال المرحلة الخامسة الممتدة بين عامي 2034-2043م شكل (28)، تأثيرها بشكل سلبي في مناطق سيادة النباتات الصحراوية الواقعة في المناخ الجاف حيث تقل قيمة معامل الجفاف عن 5، والتي يتوقع أن تتراجع مساحة تغطيتها خلال هذه بنحو 287.87 كم<sup>2</sup> مقارنة بما كان عليه في المرحلة الرابعة بين عامي 2024 - 2033م.

ومن المتوقع أن تؤثر تغيرات القيمة الفعلية للأمطار في الفترة الممتدة بين عامي 2034-2043م بصورة سلبية في تغيرات الغطاء العشبي المنتشر في مناطق المناخ شبة الجاف حيث تتراوح قيمة معامل الجفاف بين 5 - 10 بمنطقة جازان، ومما يؤكد ذلك في الشكل رقم (28) تراجع مساحة منطقة الغطاء العشبي على حساب توسع حشائش الإستبس في منطقة جازان خلال هذه المرحلة بنحو 257.3 كم<sup>2</sup> مقارنة بالمرحلة الرابعة الممتدة بين عامي 2024 - 2033م.

وبما أن مسار تغير القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان في المستقبل نحو الزيادة، فإن ذلك سينعكس بشكل إيجابي في تغير حشائش الإستبس، التي تقع

وعليه من المتوقع تراجعها عما كانت عليه في المرحلة الثالثة بين عامي 2014 - 2023م بحوالي 1779.11 كم<sup>2</sup>.



شكل (27) نطاقات نبات منطقة جازان بين 2024-2033م

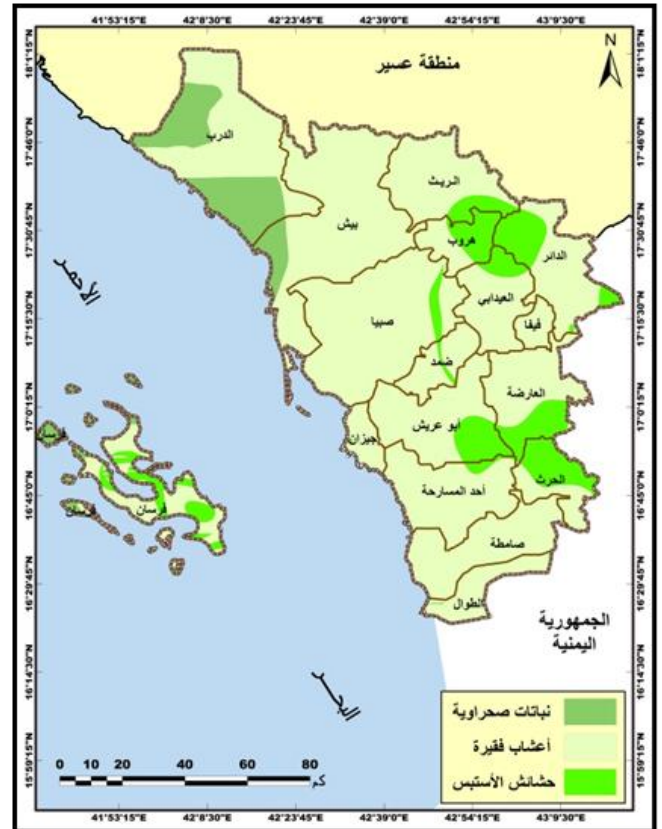
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشبكة العصبية (MLP)، برنامج (IDRISI Selva).

وتظهر كذلك نتائج محاكاة آثار اتجاه تغير القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان في الفترة الممتدة بين عامي 2024 - 2033م، زيادة مساحة الغطاء العشبي التي يتواجد بمناطق تتراوح القيمة الفعلية للأمطار بين 5 - 10، ويغطي غالبية منطقة جازان، ومن المتوقع أن تتسع مساحة المنطقة التي يسود فيها الغطاء العشبي بزيادة متوقعة مقارنة بالمرحلة السابقة الممتدة بين عامي 2014 - 2023 م ستبلغ 890.47 كم<sup>2</sup>.

وبما أن نتائج المحاكاة قد أظهرت زيادة القيمة الفعلية للأمطار في منطقة جازان في الفترة بين عامي 2023 -



بمناطق المناخ شبة الرطب حيث قيمة المطر الفعلية تتراوح بين 10 - 20، ومما يؤكد ذلك زيادة مساحة حشائش الإستبس بين عامي 2034 - 2043م بنحو 545.12 كم<sup>2</sup> عن المرحلة السابقة بين عامي 2014 - 2023م.



شكل (28) نطاقات نبات منطقة جازان بين 2043-2053م  
المصدر: الباحثة بالإعتماد على الشبكة العصبية (MLP)،  
برنامج (IDRISI Selva).

كما تبين نتائج محاكاة القيمة الفعلية للأمطار وتأثيراتها على الغطاء النباتي في منطقة الدراسة في المرحلة السادسة الممتدة بين عامي 2044 - 2053م شكل (29)، تقلص مساحة منطقة تواجد النبات الصحراوية؛ بسبب تراجع مساحة المنطقة التي تقل فيها قيمة معامل الجفاف عن 5، وعليه من المتوقع أن تتراجع مساحة

أظهرت النتائج كشف التغيرات أن الأمطار لعبت دوراً مهماً في التخفيف من حدة الجفاف، والتغيرات السلبية على المناخ والغطاء النباتي التي كان من الممكن أن تحدثها تغيرات الحرارة، وبالتالي فقد كان لتغيرات الأمطار أثر أقوى من تأثير تغيرات درجات الحرارة في التغيرات المناخية والنباتية التي شهدتها المنطقة في الماضي، والتي بالإمكان أن تشهدها في المستقبل، ومما يؤكد ذلك ارتفاع المتوسط المكاني للقيمة الفعلية للأمطار من 4.75 مناخ جاف بين عامي 1994 - 2003م، إلى 4.95 مناخ جاف بين عامي 2004 - 2013م، بزيادة عن المرحلة الأولى بنحو 0.2، إلى 6.5 مناخ شبة جاف بين عامي 2014 - 2023م، بزيادة عن المرحلة الثانية بلغت 1.55، ومن المتوقع ارتفاعها إلى 6.87 بين عامي 2024 - 2033م، بزيادة عن المرحلة التي سبقتها بنحو 0.37، ويتوقع أن ترتفع إلى 7.1 بين عامي 2034 - 2043م، بزيادة عن المرحلة التي سبقتها بنحو 0.23، وإلى 7.43 بين عامي 2044 - 2053م، بزيادة عن المرحلة التي سبقتها بحوالي 0.33. أكدت نتائج الدراسة أن هناك تأثيراً إيجابياً جيداً للقيمة الفعلية للأمطار في التغيرات المناخية والنباتية التي شهدتها وسوف تشهدها منطقة جازان، وتتمثل أهم هذه التغيرات المكانية في تغير أنماط توزيع المناخ والنبات بين عامي 1994 - 2054م، والتي ترتبط بتراجع مساحة المناخ الجاف والنباتات الصحراوية من 6782.7 كم<sup>2</sup>، بنسبة 51.94% من إجمالي مساحة المنطقة بين عامي 1994 - 2003م، إلى 917.6 كم<sup>2</sup>، بنسبة 7.09% من إجمالي مساحة المنطقة بين عامي 2044 - 2053م، وزيادة مساحة المناخ شبة الرطب وحشائش الإستبس من 0 بين عامي 1994 - 2003م، إلى

للأمطار في منطقة جازان بين عامي 2044 - 2053م، وعليه من المتوقع زيادة مساحة حشائش الإستبس في المناطق التي تتراوح قيمة الأمطار الفعلية بين 10 - 20، بنحو 1533.93 كم<sup>2</sup> عن المرحلة الخامسة بين عامي 2034 - 2043م.

**الخاتمة:** أظهرت نتائج التحليل المكاني للأمطار وتغيراتها تباين توزيعها زمنياً ومكانياً، فضلاً عن تأثيراتها الإيجابية في القيمة الفعلية للأمطار وانعكاساتها على مناخ ونبات منطقة جازان بين عامي 1994 - 2023م، فضلاً عن زيادة متوسطها مكانياً من 181 ملم بين عامي 1994 - 2003م، إلى 192.3 ملم/سنوياً بين عامي 2004 - 2013م، بزيادة عن المرحلة الأولى بنحو 11.3 ملم سنوياً، وارتفع المتوسط إلى 253.4 ملم سنوياً بين عامي 2014 - 2023م، بزيادة عن المرحلة الثانية 61.1 ملم سنوياً. في المقابل توصلت نتائج تحليل تغير توزيع الأمطار أن متوسط تغير توزيعها بين المرحلتين الأولى والثانية بلغ 8.88 ملم سنوياً، وبلغ المتوسط المكاني لتغير توزيعها بين المرحلتين الثانية والثالثة نحو 60.8 ملم سنوياً، وهذا يعني أن غالبية منطقة جازان شهدت تغيرات إيجابية للأمطار بين عامي 1994 - 2023م

وأكدت نتائج تحليل توزيع الحرارة وتغيراتها تباينها زمنياً ومكانياً، وتأثيراتها السلبية على القيمة الفعلية للأمطار وانعكاسات ذلك على المناخ والغطاء النباتي في منطقة جازان، وما يؤكد ذلك ارتفاع متوسطها المكاني من 28.75°م بين عامي 1994 - 2003م، إلى 29.2°م بين عامي 2004 - 2013م، بزيادة عن المرحلة الأولى بنحو 0.45°م، إلى 29.23°م بين عامي 2014 - 2023م، بزيادة عن المرحلة الثانية بلغت 0.03°م.

3062.03 كم<sup>2</sup>، بنسبة 23.47% من إجمالي مساحة المنطقة بين عامي 2044 - 2053م.

وبذلك توصي الدراسة بالابتعاد عن إقامة مشاريع التنمية الاقتصادية والبنية التحتية والخدمات والعمران بالقرب من مجاري الأودية وعند مصباتها لما قد يترتب على ذلك من مخاطر تنتج عن الفيضانات بسبب ارتفاع القيمة الفعلية للأمطار التي تعني في المجمل انخفاض فواقد المياه قبل بدء الجريان السطحي بالتبخر والتسرب بسبب تراجع حدة الجفاف وانخفاض الفواقد يعني تراكم المياه بأحجام كبيرة قد ينتج عنها مخاطر على هذه المشاريع في المناطق القريبة من مجاري الأودية ومصباتها بالذات مجاري الأودية الكبيرة. وتوصي الدراسة بإقامة مشاريع التنمية الاقتصادية الزراعية حيث تقل مخاطر الجفاف على المحاصيل الزراعية في المناطق التي تتسم بظروف مناخية شبه جافة وشبه رطبة والابتعاد عن المناطق ذات المناخ الجاف؛ بما يضمن نجاح مشاريع التنمية الزراعية القائمة على الزراعة المطرية.

وتوصي الدراسة بإقامة مشاريع التنمية السياحية في المناطق التي شهدت ومن المحتمل أن تشهد اعتدال في مناخها وتنوع في غطاءها النباتي، وكلاهما من أهم مقومات التنمية المستدامة للسياحة المناخ خاصة بمناطق المناخ شبه الرطب في المنطقة الوسطى من جزر فرسان وكذلك في المناطق الوسطى بمنطقة جازان.

#### المصادر العربية:

أبو ركة، رشا أحمد. (2022). تأثير تغير الهطول المطري على خارطة الغطاء النباتي للأردن 2019 - 2021 باستخدام تقنيات الجغرافيا

المكانية. مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية، م، 6، ع، 4، ص ص 56 - 67 .  
أبو غرسة، التهامي مصطفى. (2015). القيمة الفعلية للمطر والموازنة المائية في منطقة سرت. مجلة كلية الآداب، ع، 5، ص ص 135 - 150.  
شرف، عبد العزيز طريح. (1971). الجغرافيا المناخية والنباتية. دار الجامعة المصرية، الاسكندرية، ص ص 254 - 255.

عبد الحليم، ممدوح إمام. (2018). القيمة الفعلية للأمطار وأهم المشكلات الزراعية المطرية غربي جمهورية السودان الشمالي. مجلة كلية الآداب، جامعة بنها، ع، 49، ص ص 100 - 148.

الفهداوي، طه أحمد. (2018). القيمة الفعلية للمطر في محافظة الأنبار وأثرها على النبت الطبيعي. حوليات آداب عين شمس، ع، 46، ص ص 294 - 304.

القاسم، محمد أبو الحسن، أحمد، مختار محمد. (2021). تقييم حدة الجفاف في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية. مجلة جامعة الانبار للعلوم الإنسانية، ع، 2، ص ص 200 - 234.

ناسا، بيانات مناخ الأرض، طبقات (Raster)، تم الحصول عليها 20 - 11 - 2024، (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>)، بدقة مكانية 10 كم.

الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، خرائط رقمية (Shapfiles)، 2024م.



## المصادر الأجنبية.

- Moghim, J. (2005). Introduction Some of Important Range Species, Suitable for Range Improvement in Iran; *Arvan Press: San Francisco, CA, USA*.
- Obaid, M. K. (2024). Determining the Climate Type and Calculating the Drought Index during the Rainy Months for the Stations of Diwaniya, Samawa and Nasiriya in Southern Iraq. *Journal of Environmental Impact and Management Policy*, 04 (06), 1-10.
- Ren, X., Li, X., Ren, K., Song, J., Xu, Z., Deng, K., Wang, X. (2021). Deep learning-based weather prediction: a survey. *Big Data Research*, 23, 100178. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2020.100178>.
- Song, Y., Ma, M. (2011). A statistical analysis of the relationship between climatic factors and the Normalized Difference Vegetation Index in China. *J. Remote. Sens.* 32 (14), 3947–3965.
- Sousa, L. B., Montenegro, A., Silva, M. V. (2023). Spatiotemporal Analysis of Rainfall and Droughts in a Semiarid Basin of Brazil: Land Use and Land Cover Dynamics. *Remote Sens*, 15, 2550. <https://doi.org/10.3390/rs15102550>.
- Stocker, T.F, Dahe, Q, Plattner, G.K. (2013). Climate Change 2013: *The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, (IPCC), Bern, Switzerland, pp. 1–33.
- Wilhite, D.A. (2000). Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. In *Drought: A Global Assessment*; Wilhite, D.A., Ed.; Routledge: London, UK, pp. 3–18.
- Aizansi, A.N., Ogunjobi, K. O., Ogou, F. K. (2024). Monthly rainfall prediction using artificial neural network (case study: Republic of Benin). *Environmental Data Science*, 3: e11, 1–25.
- Araujo, H.F.P., Canassa, N.F., Machado, C.C.C. Tabarelli, M., (2023). Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. *Sci. Rep*, 13 (1), 18440. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45571-9>.
- Cherwin, K., Knapp, A. (2012). Unexpected patterns of sensitivity to drought in three semi-arid grasslands. *Oecologia*, 169, 845–852.
- Dai, A. (2011). Drought under global warming: A review. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang*, 2, pp. 45–65.
- Diao, C., Liu, Y., Zhao, L., Zhuo, G., Zhang, Y. (2021). *Regional-scale vegetation-climate interactions on the Qinghai-Tibet plateau*. *Ecol. Inform.* 65, 101413 <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101413>.
- Kumara, S., Machiwalb, D., Dayalb. (2017). Spatial modelling of rainfall trends using satellite datasets and geographic information system. *Hydrology Sciences Journal- Journal DES Sciences Hydrology*, 62, (10), 1636–1653, <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1304643>.
- Lei, T., Pang, Z., Wang, X., Li, L., Fu, J., Kan, G., Shao, C. (2016). Drought and carbon cycling of grassland ecosystems under global change: A review, *Water*, 8, 1- 19.
- Liu, Y., Huang, T., Qiu, Z., Guan, Z., Ma, X. (2024). *Effects of precipitation changes on fractional vegetation cover in the Jinghe River basin from 1998 to 2019*. *Ecological Informatics*, 80, 1- 14.
- Mekanik, F., Imteaz, M. (2013). Capability of artificial neural networks for predicting long-term seasonal rainfalls in east Australia. In 20 th International Congress on Modelling and Simulation (Modsim2013).