



تقييم حدة الجفاف في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية

ا.م.د. محمد أبو الحسن القاسم مختار د. محمد النوريس أحمد

جامعة الملك فيصل - كلية الآداب - المملكة العربية السعودية

المستخلص

تعددت الأسس والمعايير لتعريف الجفاف وتحديد الأقاليم الجافة، تهدف هذه الدراسة إلى قياس درجة الجفاف بالمنطقة الشرقية في المملكة العربية السعودية وتصنيفها مناخياً، ومن أهم المناهج التي اتبعتها الدراسة المنهج الإقليمي والتاريخي والوصفي التحليلي والمنهج الاستقرائي. اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية من محطات الأرصاد الجوية وحماية البيئة بمنطقة الدراسة وقد اشتملت على محطة القيصومة، الظهران، الأحساء، حفر الباطن، والدمام، خلال الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٢م. وتم تطبيق سته من قرائن الجفاف: لانج، دي مارتون، كوسين، ثورنثويت، كوبن وويلمي على معدلات الأمطار ومعدلات درجة الحرارة الشهرية والفصلية والسبوعية لخمس. ومن أهم النتائج التي توصلت لها الدراسة إلى أن جميع الشهور في المنطقة الشرقية وجميع المحطات تصنف ضمن الشهور الجافة حسب قرينة كوسين و قرينة ثورنثويت، كما اتسمت أن فصول السنة بتباين درجات الجفاف، فقد كان فصل الصيف هو الأكثر جفافاً يليه فصل الخريف، بينما يقل الجفاف خلال فصلي الشتاء والربيع. كما اتصفت منطقة الدراسة بالجفاف السنوي حسب تطبيق قرائن كل من لانج، دي مارتون، كوبن، وويلمي.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، قرائن الجفاف، معدل درجة الحرارة، معدل هطول

الأمطار، المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية

Application of Aridity Indices in the Eastern Region of the Kingdom of Saudi Arabia

Mohammed Hasan Mheisen

Prof. Dr. Muhammad A. Al-Qasim Dr. M. Al-Nour Yasin

King Faisal University - College of Arts - Kingdom of Saudi Arabia

mmukhtar@kfu.edu.sa

meahmed@kfu.edu.sa

Abstract

The foundations and criteria for the definition of aridity and the identification of dry regions varied from one researcher to another, the objective of this study is to measure the degree of aridity in the Eastern Region of the Kingdom of Saudi Arabia and climatically classified.

The methods followed by the study are the regional, historical, descriptive analytical and inductive approaches. The study relied on climatic data that were obtained from Meteorological Service and Environmental Protection for five meteorology stations, Qaisumah, Dhahran, Al-Ahsa, Hafr Al-Batin, and Dammam, during the period from 2000 to 2012. Six aridity indices: Lange, de Martin, Cousin, Thornthwaite, Koppen and Wilmey were applied to monthly, seasonal and annual rainfall and temperature rates. The results revealed that all months in the Eastern Region and all stations are classified as dry months according to the Kossin and Thornthwaite. The results also show that the seasons were characterized by varying degrees of aridity. With regards to seasons, the summer was the driest, followed by the autumn, while the aridity decreased during the winter and spring seasons. The study area was also characterized by the annual aridity according to the application of the Lang, de Marton, Koppen and Wilmy. The study recommended that the necessity of activating water-harvesting projects to make the most of varying rainfall rates, rationalize water consumption, and conduct studies concerned with the applied climate.

Keywords: Aridity, aridity indices, rainfall rate, temperature rate, Eastern Region of the Kingdom of Saudi Arabia..

مقدمة:

يعد الجفاف إحدى الظواهر المناخية الطبيعية التي تحدث بشكل متكرر في معظم أنحاء العالم. وتنتج مشكلة الجفاف عندما تعاني منطقة ما من مشكلة انخفاض هطول الأمطار عن المعدل الطبيعي لفترة طويلة قد تصل إلى شهور أو سنوات، ورغم أن فترات الجفاف قد تستمر لفترة قصيرة، فإنها تلحق أضراراً كبيرة على الأنظمة البيئية، فعلى سبيل المثال عندما تشهد المناطق القاحلة التي يقل معدل الأمطار السنوي عن ١٠٠ مم، مع ارتفاع درجة الحرارة والنتج، فيؤثر ذلك على موارد المياه الجوفية بسبب انخفاض معدلات الرشح (et Sen al 2017).

يشير أبو علي (٢٠١٠، ١٧)، إلى أن الجفاف الذي أصاب معظم الأراضي الجافة وشبه الجافة في الثلث الأول من القرن العشرين، تعود أسبابه إلى تذبذب الأمطار، والتغيير البيئي الناتج عن إنهاك الأرض، وتدهور التربة وانجرافها. وقد ترتبت عنه آثار اقتصادية



سالبه في العالم، مما أدى ذلك إلى زيادة اهتمام العالم بالأقاليم الجافة. تقع معظم أراضي الدول العربية في المنطقة الجافة وشبه الجافة، وحسب البرنامج الانمائي للأمم المتحدة تعد المنطقة العربية من أكثر المناطق جفافاً في العالم . تتمحور مشكلة المياه في الدول العربية بين محدودية الموارد المائية وازدياد الحاجة إلى الماء، يرجع ذلك إلى تخلف طرق الاستهلاك المائي وغياب التخطيط الاستراتيجي مع زيادة نسبة النمو السكاني (الحفيظ، ٢٠١٤، ٤٥). وتعاني المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية من تكرار الجفاف. تحاول الدراسة الحالية استخدام ادلة الجفاف اعتمادا على متوسط درجة الحرارة ومعدل الأمطار بتطبيق ست قرائن للجفاف هي قرينة لانج، كوسين، ثورنثويت، دي مارتون وكوبن وويلمي على التوالي للفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٢. هناك عدة قرائن تستخدم لدراسة الجفاف وتم اختيار القرائن المذكورة لبساطتها ولملاءمتها للبيانات المتوفرة. حيث يتم تصنيف المناخات الجافة عالمياً بأهم عنصرين من عناصر المناخ درجة الحرارة وهطول الأمطار (IPCC 2007).

مشكلة البحث:

خلفت مشكلة الجفاف التي تواجه المناطق الجافة وشبه الجافة في الكثير من دول العالم عبر العصور المختلفة العديد من الآثار الاقتصادية والاجتماعية والأخطار البيئية. فقد تتعرض الأراضي الجافة إلى هطول كميات غزيرة من الأمطار لفترات قصيرة تتسبب في حدوث فيضانات تؤدي إلى خسائر في الأرواح والممتلكات، وأحياناً أخرى تسقط أمطار خفيفة وتتبخر لارتفاع درجة الحرارة، أو تتقطع بالكامل ولعدة سنوات ويسود القحط مؤدياً حدوث المجاعات والهجرات السكانية. ومن الأخطار البيئية زحف الرمال والعواصف الرملية والغبارية وجفاف التربة وتملحها وقابليتها للانجراف.

تقع منطقة الدراسة ضمن المناطق الدائمة الجفاف، وأثر هذا الوضع على موارد المياه في المنطقة. تتمثل مشكلة الدراسة في قياس درجة الجفاف في المنطقة الشرقية وذلك بتطبيق بعض قرائن الجفاف.

أهداف البحث:

الهدف الرئيس للدراسة التحقق من درجة الجفاف في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية وتصنيفها مناخياً. وتتفرع منه أهداف أخرى:

١. التحقق من معدلات سقوط الأمطار وتوزيعها في منطقة الدراسة.

٢. تحديد التوزيع المكاني والزمني لدرجات الحرارة في منطقة الدراسة خلال مدة الدراسة.

٣. إبراز أدلة الجفاف لمنطقة الدراسة وتصنيفها مناخياً بتطبيق بعض قرائن الجفاف.
تساؤلات البحث:

على ضوء الأهداف السابقة، حاولت الدراسة على الإجابة على التساؤلات التالية:

١. ما معدلات درجات الحرارة وتوزيعها في منطقة الدراسة؟

٢. ما معدلات سقوط الأمطار وتوزيعها في منطقة الدراسة؟

٣. ما مدى حدة الجفاف في منطقة الدراسة؟

البيانات ومنهجية التحليل:

ترجع أهمية الدراسة باعتبار الجفاف من الأخطار والمشكلات التي يؤدي تكرار الجفاف إلى استنزاف الموارد البيئية ويخلف آثار وكوارث في حياة الناس. كما تسهم نتائج الدراسة بفهم أفضل لظاهرة هطول الأمطار والجفاف في منطقة الدراسة، نظراً لمحدودية المتاح من كمية الأمطار. اعتمدت الدراسة في منهجيتها على عدد من المناهج منها، المنهج الإقليمي لدراسة المنطقة الشرقية بالمملكة العربية بحدودها الجغرافية. كما استخدمت الدراسة المنهج الإستقرائي الذي يقوم على جمع بيانات عناصر المناخ اللازمة لتطبيق قرائن الجفاف والتوصل إلى النتائج. واستخدم المنهج الأصولي لدراسة عناصر الجغرافيا الطبيعية لمنطقة الدراسة المؤثرة على ظاهرة الجفاف. وكذلك تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي لوصف العناصر المناخية ولإيجاد العلاقة بينها وظاهرة الجفاف في منطقة الدراسة. اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية الصادرة من الهيئة العامة للارصاد الجوي وحماية البيئة بالمنطقة الشرقية لخمس محطات في كل من محطة القيصومة، الظهران، الأحساء، حفر الباطن، الدمام، خلال فترة الدراسة من ٢٠٠٠م إلى ٢٠١٢م. وجاء تحديد المدة القصيرة بسبب إنشاء محطتي الدمام وحفر الباطن في العام ٢٠٠٠م، كما أغلقت محطة حفر الباطن في مايو ٢٠١٣م، ومحطة الظهران في مايو ٢٠١٤م الجدول (١).



الجدول (١): محطات الأرصاد الجوية وحماية البيئة المختارة للدراسة

عدد	اسم المحطة	الرقم	دائرة العرض (LAT)	خط الطول (LONG)	الارتفاع عن سطح البحر بالمتري	سنة التشغيل	سنة التوقف
١	حفر الباطن	40377	27 54 43	45 31 20	413 m	١٩٩٠	مايو ٢٠١٣
٢	الظهران	40416	26 15 34	50 09 39	16.77 m	١٩٧٠	مايو ٢٠١٤
٣	الدمام	40417	26 27	49 49	12 m	اكتوبر ١٩٩٩	
٤	الاحساء	40420	25 17 53	49 29 11	178.17 m	١٩٨٥	
٥	القيصومة	40373	28 19 08	46 07 49	357.6 m	١٩٧٨	

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوي وحماية البيئة - المملكة العربية السعودية

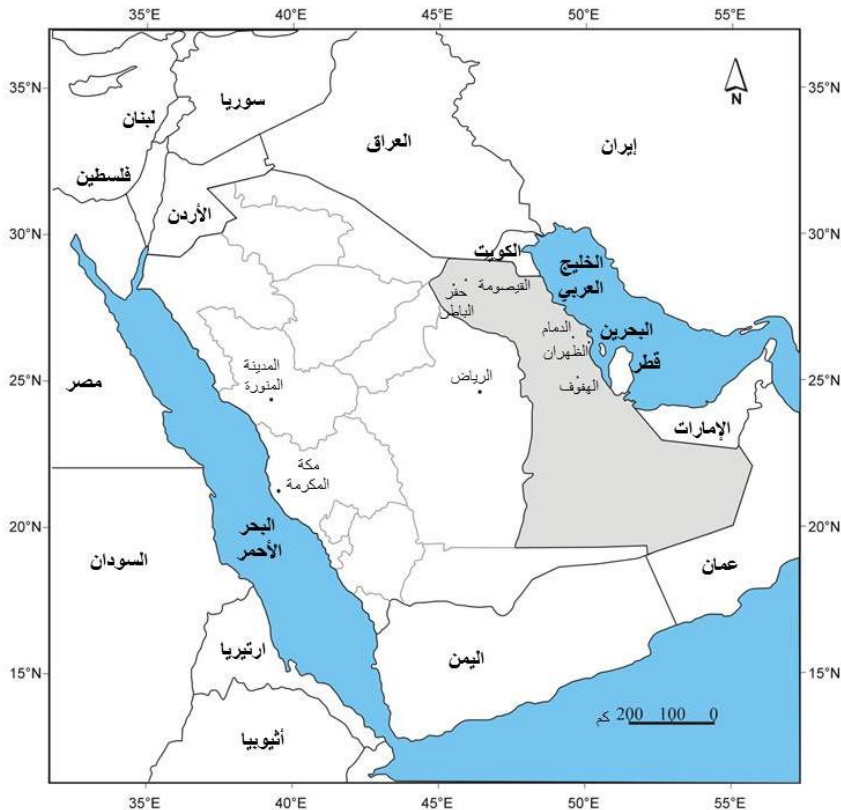
منطقة الدراسة وحدودها:

تقع المنطقة الشرقية في الجزء الشرقي من المملكة بين دائرتي عرض (٢٩.٣° - ٢٣.٣° شمال) وبين خطي طول (٥١° - ٥٤° شرق)، ويحدها من الشرق الخليج العربي، ومن الجنوب سلطنة عمان وجمهورية اليمن الجنوبية، ومن الغرب منطقة الرياض ومنطقة الحدود الشمالية. وتبلغ مساحتها ٧٧٨٤٧٩ كيلومترا مربعا، تمثل ٣٦.٢% من المساحة الإجمالية للمملكة والبالغة ٢.٤٠٠ مليون كيلومتر مربع الشكل (١). وتعد المنطقة الشرقية من أكبر المناطق بالمملكة العربية السعودية، وتطل على الساحل من الخليج العربي بطول ٧٠٠ كيلومتر، وتمثل البوابة الشرقية لشبه الجزيرة العربية (هيئة المساحة الجيولوجية، ١٤٣٣هـ، ص ١٤).

تعاني المنطقة الشرقية بحكم موقعها ضمن المناطق الجافة التي من شح الأمطار. ويوصف مناخها حار صيفا ومعتدل بقية فصول السنة، ويبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة ٢٥ درجة مئوية، وتبدأ فترة ارتفاع درجات الحرارة في شهر مايو وتتصاعد في يونيو ويوليو وأغسطس وتصل إلى حوالي ٤٥ درجة مئوية في حين يعتبر شهري يناير وفبراير أبرد شهور

العام، وتصل درجة الحرارة إلى ١٠ درجات مئوية، كما أن درجة الرطوبة مرتفعة بالمنطقة .
(الملح، ٢٠١٨، ٥٨)

شكل (١) موقع محطات الدراسة



المصدر: الباحث بالإعتماد على أطلس المملكة العربية السعودية، ١٤٣٥هـ، ص ٤٢.

مفهوم الجفاف وأسبابه:

تباينت وتعددت الأسس والمعايير لتعريف الجفاف وتحديد الأقاليم الجافة من باحث لآخر، فيعرف الجفاف وفقاً لقاموس وبستر Webster "على أنه حالة فقدان مائي متطرفة بحيث لا تكف الأمطار الهاطلة لإقامة نشاط زراعي، بينما تمتاز الأراضي شبه الجافة بهطول أمطار خفيفة تتراوح ما بين عشر إلى عشرين بوصة في السنة، بل إن جميع هذه الكميات تتعرض للتبخّر، مما ينتج عنه عجز مائي تتميز به هذه المناطق (سلامة، ٢٠١٠، ١٦٨)، ووفقاً لتعريف جمعية الأرصاد الجوية الأمريكية بأنه فترة من الطقس الشاذ تؤدي إلى نقص في الماء كبير في التوازن المائي (الراوي وآخرون، ٢٠١٧، ٨٣). ويعبر عن الجفاف

أيضاً بأنه اخلال في التوازن بين الأمطار الهائلة والتبخر. ويعرف أيضاً "بأنه ظاهرة طبيعية تصاحب قلة سقوط الأمطار وارتفاع درجة الحرارة والتبخر" (الجوزري، ٢٠١٦، ٦١).

بالنظر إلى تعريف الجفاف وفقاً لآراء الباحثين، هناك من اعتمد على عنصر مناخي واحد أو عنصرين، لم تعط مفهومًا دقيقاً للجفاف، فالجفاف يرجع إلى أكثر من عنصر من عناصر المناخ تساهم بدرجات متفاوتة في سيادة الجفاف وانتشاره.

ينشأ الجفاف وينتشر نتيجة لعدة عوامل تتمثل في الدورة العامة للرياح، الموقع الجغرافي، الموقع بالنسبة للمساحات المائية، وجود العوائق الجبلية المرتفعة، الموقع بالنسبة لهبوب الرياح، الموقع بالنسبة للتيارات البحرية، انخفاض منسوب سطح الأرض، نوعية السطح، التغيرات المناخية، النشاط البشري (سلامة، ٢٠١٠، ٤٢-٤٥ والحفيظ، ٩٨-١٠٤)

أنواع الجفاف:

تختلف طبيعة الجفاف وتأثيراته باختلاف المدة التي يسود فيها، ويمكن أن تصنف أنواع الجفاف وفقاً للجوزري، ٢٠١٦، ٦١-٦٢) إلى يلي:

١. الجفاف غير المنظور Invisible Drought

ومن أهم مظاهر هذا النوع قلة الرطوبة في الجو أو في التربة عن حاجة النبات، وأن نقص الرطوبة اليومية أو الشهرية عن الحد الذي يحتاج إليه النبات يؤدي إلى موت النبات أو قلة كثافته، وهذا النوع من الجفاف يقتصر على المناطق الرطبة ويكون على شكل موجات غير محددة الزمن أو الموقع.

٢- الجفاف الطارئ Contingent Drought

وينتج من عدم انتظام أو تذبذب الأمطار، ويقتصر على المناطق الرطبة وشبه الرطبة، إذ يكون تذبذب الأمطار بصورة مفاجئة، وهو من أخطر أنواع الجفاف لأنه غير ممكن التنبؤ به، وقد تمتد مدة طويلة من دون أن يسقط المطر مما يؤدي إلى هلاك النباتات والمحاصيل الزراعية أو هبوط الانتاج إلى أدنى حد له.

٣- الجفاف الفصلي Seasonal Drought

يسود الجفاف خلال الفصل الحار من السنة فقط، ويتميز بتركز الأمطار في فصل معين وانقطاعها في فصل اخر وتقوم الزراعة في الفصل المطير، كما تقوم في الفصول الاخرى معتمدة على الري.

٤- الجفاف الدائم Permanent Drought

ويتمثل هذا النوع من الجفاف في الصحاري التي لا يوجد فصل ممطر كاف لنمو النباتات، فكمية التبخر/النتح أكبر من التساقط في جميع الفصول، ولا تقوم الزراعة على الأمطار، إنما تعتمد على عملية الري، وهذا ما نجده ماثلاً في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية.

معايير قياس درجة الجفاف:

تختلف معايير العلماء لتحديد درجة الجفاف والرطوبة، هناك من يستخدم عناصر المناخ، وآخر النظام الحيوي (النبات والحيوان)، وهناك معيار يعتمد على الطبوغرافيا، وآخر يعتمد على تصنيف التربة ومميزاتها. يعتبر عاملي الجفاف والرطوبة من العوامل المهمة على تباين الغطاء النباتي والإنتاج الزراعي، ومن الخطأ الاعتماد على الأمطار فقط في تحديد المناطق الجافة لتداخل جملة عوامل تؤثر على الجفاف كالحرارة والتبخر والرياح والنبات الطبيعي (الراوي وآخرون ٢٠١٧، ٨٣).

قد استخدم لانج ودي مارتن معامل المطر لتحديد المناطق الجافة في أمريكا وأستراليا، استنبطوا المعادلة التالية:

$$\text{معامل المطر} = \text{ط} (\text{مم})$$

$$\text{ح} (^\circ\text{م})$$

حيث أن: (ط) = كمية الأمطار السنوية

(ح) = درجة الحرارة المثوية

إذا كان ناتج هذه المعادلة أقل من (٢٠)، فإن المنطقة تكون ضمن الأراضي الجافة.

ثم عدل (دي مارتن) المعادلة ليصبح معامل المطر أيضاً محدداً للزراعة كالتالي:

$$\text{معامل المطر} = \text{ط} (\text{مم})$$

$$\text{ح} + ١٠$$

بحيث إذا كان معامل المطر في منطقة ما (١٠) فأقل، فإنه لا يمكن أن تقوم فيها زراعة تعتمد على الأمطار، ثم طورت المعادلة مرة أخرى، وأصبحت كالتالي:

$$\text{معامل الجفاف} = \text{ح} + \text{ط} + ١٢$$

$$\text{ح} + ١٠ \quad \text{ح} + ١٠$$

حيث (١٢ط) = المتوسط الشهري للأمطار على مدار السنة.

(ح ١) = متوسط حرارة أقل الشهور حرارة.

فإذا كان الناتج أقل من (٥) فهذا يعني أن المناخ جاف، أما إذا كان أكبر من ذلك فيعني ذلك أن المناخ رطب.

جدول (٢) تحديد درجة الجفاف حسب قرينة دي مارتون

قرينة الجفاف	درجة الجفاف
أقل من ٥	جاف
-٥	شبه جاف
-١٠	شبه رطب
-٢٠	رطب
-٣٠ فأكثر	رطب جداً

قد استخدم لانج Lang معامل المطر كقرينة لتحديد درجة الجفاف اعتماداً على تصنيف التربة، مستخدماً المعادلة التالية:

$$F = N$$

$$T$$

إذ أن:

$$F = \text{معامل كمية الأمطار}$$

$$N = \text{كمية المطر السنوي (مم)}$$

$$T = \text{المعدل السنوي لدرجة الحرارة (م°)}$$

وبمقارنة النتيجة التي يتم التوصل إليها بتطبيق المعادلة بالجدول رقم (٣)، تستطيع

تحديد درجة الجفاف في المنطقة.

جدول (٣)، تحديد درجة الجفاف حسب قرينة لانج

معامل المطر	درجة الجفاف
١٠-٠	شديدة الجفاف
٤٠-١٠	جافة
١٦٠-٤٠	شبه رطبة
١٦٠ فأكثر	رطبة

استخدم ويلمي كمية المطر السنوية ومعدل درجة الحرارة السنوية لحدود المناطق الجافة عند تساوي الأمطار الساقطة وفقاً للمعادلة التالية:

$$N = (7T + 270)$$

$$N = \text{كمية المطر السنوية (مم)}$$

$$T = \text{معدل درجة الحرارة السنوية (}^{\circ}\text{م)}$$

أما مفهوم الجفاف وحدود المناطق الجافة عند كوبن:

وقد نشر عالم المناخ الألماني فلاديمير كوبن F. Koeppen عدة مؤلفات في علم

المناخ فيما بين عامي ١٩٠٠، ١٩٣٦، اعتمد على تصنيف دي كاندول A. De Candolle للمناخ في العالم، وعلى غرار تقسيم دي كاندول لأقاليم النبات في العالم، قسم كوبن مناخ العالم إلى خمسة أقاليم رئيسية، تقوم أربعة منها على أساس عنصري الحرارة والرطوبة، بينما القسم الخامس، وهو الإقليم الجاف، يعتمد على الرطوبة وحدها. وبناء على ذلك صاغ كوبن ثلاث معادلات للتمييز بين المناخ الجاف والمناخات الأخرى، إحداها عندما يكون المطر طول العام، والثانية عندما يكون المطر صيفياً، والثالثة عندما يكون شتوياً (حسن، ٢٠١٤، ٦٤).

فعندما يكون المطر موزعاً على مدار السنة، يكون التمييز بين المناخ الجاف والمناخات الرئيسية الأربعة الأخرى باستخدام المعادلة الآتية:

$$M = 1$$

ح

حيث أن (م) تمثل المعدل السنوي للمطر بالسـم.

(ح) تمثل المعدل السنوي للحرارة بالدرجات المئوية.

فإذا كان الناتج أقل من (١) يكون المناخ جافاً، وإذا كان أكبر من (١) يكون المناخ رطباً.

وحيثما يكون المطر صيفياً، تستخدم المعادلة التالية:

$$م = ١$$

$$ح + ٧$$

والرقم (٧) معامل ثابت، ويمثل أدنى درجة حرارة يمكن أن يستفيد منها النبات عندما يسقط المطر.

وحيثما يتركز المطر في فصل الشتاء، تستخدم المعادلة التالية:

$$م = ٢ ح$$

يعتبر ثورنثويت Thorithwaite أول من استخدم معادلة لحساب التبخر Evaporation Equation لأغراض التصنيف المناخي وقد ظهر له تصنيفان، الأول عام ١٩٣١ والثاني ١٩٤٨، وقد ساعد ثورنثويت كثيراً التطور الذي حصل في علم المناخ بشكل عام وتوفر الإحصاءات والقراءات المناخية بشكل خاص (السامراني، ٢٠١٥، ١٥١). ففي عام ١٩٣١ استخدم ثورنثويت المعادلة الآتية لتحديد فعالية المطر.

$$DI = \left\{ 12 * 1.65 \left(\frac{R}{t + 12.2} \right)^{10/9} \right\}$$

حيث:

R = المتوسط الشهري والفصلي للأمطار

T = المتوسط الشهري والفصلي لدرجات الحرارة

ويجمع المطر الفعال لأثنتا عشر شهراً نحصل فاعلية المطر السنوية وتصنف الأقاليم

حسب نتائج المعادلة وكما يلي:

جدول (٤) قرينة الجفاف حسب معامل ثورنثويت

قرينة الجفاف	درجة الجفاف
أقل من ١٦	جافة
٣١-١٦	شبه جافة
٦٣-٣٢	شبه رطبة
١٢٧-٦٤	رطبة
١٢٨-فأكثر	رطبة جداً

الآثار السلبية للجفاف العالمي خلال الفترة من ١٨٠٠م إلى ٢٠٠٦م:
وفقاً لأبي علي (٢٠١٠، ١٠٧) تتمثل الآثار البيئية السلبية للجفاف العالمي الراهن
(١٨٠٠-٢٠٠٦م).

١. نقص المياه

أدى سيادة الجفاف إلى زيادة استهلاك المياه الجوفية للاستخدامات المختلفة. فعملية
قطع الغابات بطريقه عشوائية أدى إلى زيادة كمية التبخر من التربة والمجاري المائية، مما
أدى بالتالي إلى خفض مستوى الماء الجوفي المتجدد بمقدار (٥٠-٧٥ سم) عن المستوى
العام السنوي.

٢. انخفاض إنتاج الغذاء:

من الآثار السلبية لفترات الجفاف التي أصابت أفضل السهول إنتاجية للمحاصيل
الزراعية الغذائية تدهور إنتاجية تربة سهول (تشنوزم الخصبة التي تغذيها المياه الجوفية تحت
سطحية).

٣. تذبذب الأمطار في (القرنين ٢٠-٢١):

بتتبع الظروف المناخية (الأمطار والرطوبة)، خلال الفترة في القرنين العشرين
والحادي والعشرين هناك زيادة في كمية الأمطار حدثت في النصف الثاني من القرن التاسع
عشر، تخللتها فترات من القحط الشديد تبعتها فترة قصيرة من الرطوبة كانت في بداية القرن
العشرين.

أما في العشرينات وبداية الثلاثينات من القرن العشرين (١٩٢٠-١٩٢٩) فقد سادت العالم فترة من القحط والجفاف الشديد تركت آثاراً سلبية حادة تمثل في نقص إنتاج الغذاء في بعض الدول.

تعتبر فترة الستينات والسبعينات والثمانينات جزءاً من الفترة الباردة التي تشبه "عصر الجليد الصغير"، نتج عن ذلك تذبذب في كمية الأمطار، حيث سادت فترات من القحط والجفاف. أما فترة الثمانينات والتسعينات وحتى بداية القرن الحادي، فقد شهد العالم فيها فترة باردة سيطرت على أرجاء النصف الشمالي للكرة الأرضية.

الدراسات السابقة:

هناك بعض الدراسات التي تناولت قرينة الجفاف لبعض الباحثين، على سبيل المثال أجرى Mandakh Nyamtseren وآخرون (٢٠١٨)، دراسة مقارنة لاتجاهات درجة الحرارة والأمطار كمؤشر للجفاف في منغوليا، مستخدمين أربع قرائن للجفاف (1) De Martonne (1) Aridity Index (IDM); (2) Thornthwaite Aridity Index (AI); (3) Moisture Coefficient by V. I. Mezentsev (MI) and (4) Hydrothermal Coefficient by Selyaninov (HTC) ، لعدد ٧٠ محطة ارساد جوي للفترة ١٩٦١-٢٠١٥. اشارت النتائج لتصنيف الأراضي الجافة، تتراوح بين المناطق الجافة جداً، الجافة، شبه الجافة وشبه الرطوبة على التوالي. وكذلك أظهرت النتائج تناقص في اتجاهات الجفاف لمحطات الدراسة، أن هناك تغير نسبي لأدلة الجفاف تتراوح بين ١٤-٧٤%. ومن الآثار السلبية للجفاف الذي ضرب أجزاء من جنوب شرق آسيا وجنوب شرق أوروبا سنة ١٩٨٨، تناقص تصريف مياه الأنهار في حوض البحر الأسود، وبحر قزوين (أبو علي، ٢٠١٠، ١٠٧). وهدفت دراسة Mewcha A. G. وآخرون (٢٠١٨)، إلى استخدام قرينة الجفاف للتوزيع المكاني ل ٨ محطات لوادي ريا (Raya Valley)، شمال أثيوبيا. حيث تم استخدام ثلاث قرائن للجفاف. the Pinna combinative (IDM), The De Martonne aridity index (IP), and the Food and Agriculture Organization aridity index (FAO).

أظهرت النتائج أن ثلاث قرائن للجفاف تشير أن منطقة الدراسة تقع ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة. في دراسة أخرى استخدم SAWA, B. A. وآخرون (٢٠١٥) قرينة

الجفاف لدراسة اتجاهات الجفاف للأقاليم الجافة وشبه الجافة لشمال نيجيريا، مستخدمين قرينة دي مارتون (De Martonne's aridity index formula)، بالاعتماد على معدلات الأمطار السنوية ومتوسط درجة الحرارة العظمي والصغري للفترة من ١٩٨١ إلى ٢٠١٠. أوضحت الدراسة تقسيم الإقليم إلى أربعة مناطق جافة بناء على قرينة الجفاف: مناطق رطبة نسبياً (Kaduna and Zaria areas)، مناطق ذات جفاف معتدل (Yelwa, Gusau, Kano and Bauchi)، مناطق شبه جافة (Sokoto, Potiskum, Maiduguri) ومناطق جافة (areas around Nguru, Hadejia Kano).

Subyani, (1998) Abdullah, & Al-Mazroui (٢٠٠٤) درسوا الجفاف ومواسم الأمطار في الإقليم الجنوبي الغربي للمملكة العربية السعودية، أشارت النتائج بأن الإقليم تهطل فيه الأمطار خلال السنة ولكن جغرافية الإقليم والظروف المحلية والطبوغرافية (منطقة جبلية) أدت إلى زيادة هطول الأمطار في الإقليم.

في دراسة أخرى Subyani وآخرون (٢٠١٠) استخدموا معدل الأمطار كمؤشر لدراسة الجفاف في المملكة العربية السعودية، ووفقاً لذلك تصنف الأقاليم في المملكة بأنها تحت الظروف الصحراوية وتعاني من نقص الماء عدا المناطق الجبلية التي تعتبر شبه جافة. أشار Almazroui (2012) في دراسته عن تقلبات درجة الحرارة في المملكة العربية السعودية وارتباطها بمؤشرات المناخ العالمي. أوضحت نتائج الدراسة أن متوسط تغير درجات الحرارة الموسمية أكبر في المناطق الشمالية والوسطى مقارنة بالمناطق الجنوبية. فإن تقلب درجات الحرارة أعلى في فصل الشتاء (٣٠%) وأقل في فصل الصيف (٢%).

Şen et. al (2017) استخدموا درجة الحرارة والأمطار لدراسة الجفاف في الأودية السعودية- دراسة حالة وادي فاطمة. تم عرض مؤشر الجفاف وحجم هطول الأمطار وتقييم للمخاطر في وادي فاطمة في غرب المملكة العربية السعودية.

قام Pellicone et al (2019) بدراسة الجفاف في إقليم Calabria في جنوب إيطاليا بتطبيق قرينة دي مارتون على معدل درجة الحرارة والأمطار السنوية للفترة من ١٩٥١ إلى ٢٠١٦. أظهرت نتائج التوزيع المكاني أنه يمكن تصنيف غالبية مناطق الدراسة بأنها رطبة، مع ظروف شبه جافة بشكل رئيس في المناطق الساحلية.

نتائج الدراسة:

يرتبط الجفاف في أي مكان على سطح الأرض بعدة عوامل تؤثر فيه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، ومن ذلك عوامل جغرافية محلية أو متحركة. وتعد عناصر المناخ المختلفة من أبرز العوامل المحددة لظاهرة الجفاف، ومن أهمها عنصري المطر والحرارة. لذلك نجد أن المناخيين صمموا معظم مقاييس وقرائن الجفاف على هذين العنصرين، منهن قرائن لانج، كوسين، ثورنثويت، دي مارتون وكوبن وويلمي.

التوزيع الزمني والمكاني لدرجة الحرارة في المنطقة الشرقية:

تعد درجة الحرارة واحدة من أهم عناصر المناخ التي تؤثر بشكل مباشر على الحالة الاجتماعية والاقتصادية، حيث ترتبط بها الزراعة، والجفاف، وموارد المياه، وتوليد الطاقة، وصحة الإنسان، والتحضر، وموجات البرودة والحرارة الشديدة (Almazroui ٢٠١٢).
توضح الجداول (٥)، (٦) المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجة الحرارة خلال مدة الدراسة (٢٠٠٠ - ٢٠١٢) في المنطقة الشرقية حسب المحطات المختارة للدراسة.

الجدول (٥) معدلات الحرارة الشهرية والفصلية في محطات الدراسة (٢٠٠٠ - ٢٠١٢)

الشهر	القيصومة	الظهران	الأحساء	حفر الباطن	الدمام
المعدل	الشهري	الفصلي	الشهري	الفصلي	الشهري
ديسمبر	١٣.٨	١٣.٨	١٧.٤	١٧.٣	١٧.٢
يناير	١٢.٢	١٦	١٥.٤	١١.٧	١٤.٩
فبراير	١٥.٣	١٨.١	١٨.٢	١٤.٣	١٧
مارس	٢٠.٣	٢٦.٣	٢٧.٥	٢٢.٨	٢٦.٨
أبريل	٢٦.٢	٢٧.٢	٢٨.٤	٢٨.٥	٢٦.٧
مايو	٣٢.٣	٣٣.١	٣٤.٣	٣١.١	٣٢.٦
يونيه	٣٥.٦	٣٦.٧	٣٦.٦	٣٦.٩	٣٦.٢
يوليه	٣٧.٢	٣٧.١	٣٨.٤	٣٦.٦	٣٦.٩
أغسطس	٣٧.٤	٣٦.٧	٣٨	٣٦.٤	٣٦.٢
سبتمبر	٣٣.٧	٢٧.٣	٣٢.٢	٣٣.١	٣٢.٨
أكتوبر	٢٨.٨	٢٩.٨	٢٩.٩	٢٧.٧	٢٨.٦
نوفمبر	١٩.٤	٣٣.٣	٢٢.٧	١٩	٢٢.٦
المعدل	٢٦	٢٨.٤	٢٨.١	٢٥.٢	٢٧.٢

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة

العربية السعودية (٢٠٢٠)

تتباين قيم درجات الحرارة في منطقة الدراسة من محطة إلى أخرى. ويبين الجدول (٥) المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجات الحرارة في محطات منطقة الدراسة خلال المدة ٢٠٠٠-٢٠١٢م، فقد بلغ المعدل العام للحرارة في المنطقة الشرقية ٢٦.٩% □، أما المعدل الفصلي فقد كان ١٥.٥% □ للشتاء، ٢٦.٨ □ للربيع، ٣٣.٦ □ للصيف، ٢٨.٦ □ لفصل الخريف. كما تتباين درجة الحرارة بشكل أكبر خلال فصل الربيع وبشكل متدرج خلال فصلي الشتاء والخريف ويتباين أقل خلال فصل الصيف. أما بالنسبة لمحطات الدراسة فقد سجل أعلى معدل لدرجات الحرارة في محطة الظهران ٢٨.٤ □، وأقل معدل حراري في محطة حفر الباطن ٢٥.٢ □، وكان شهر يناير أقل شهور السنة حرارة خاصة في محطة حفر الباطن ١١.٧ □، ثم القيصومة ١٢.٢ □، وكانت الأحساء الأعلى ١٥.٤ □، وبالنسبة لأعلى المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة فقد كان شهر يوليو هو الأعلى في جميع المحطات، عدا

محطة القيصومة التي ارتفع فيها معدل شهر أغسطس لدرجة الحرارة عن بقية شهور السنة بمعدل 37.4°C ، وكانت محطة الأحساء هي الأعلى حرارة بمعدل 38.4°C ، ثم القيصومة، ثم الظهران 37.1°C ، ثم محطتي الدمام وحفر الباطن. وكان المعدل الفصلي الأعلى لفصل الصيف في محطة الأحساء 37.8°C ، بينما كان معدل فصل الشتاء في محطة حفر الباطن هو الأدنى بمعدل 13.1°C هناك تباين في درجة الحرارة الموسمية في منطقة الدراسة من موسم لآخر. وبشكل عام هناك ارتفاع في درجات الحرارة. Almazroui (٢٠١٢) في دراسته لدرجة الحرارة الموسمية في المملكة العربية خلال الفترة من ١٩٧٨-٢٠١٠. أظهرت النتائج ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة الجنوبية الشرقية من المملكة العربية السعودية مقارنة بالمناطق الأخرى في المملكة. يرجع سبب درجات الحرارة المرتفعة نسبياً في هذه المنطقة الجنوبية الشرقية إلى وجود أكبر صحراء رملية في العالم، وهي صحراء الربع الخالي.

جدول (٦) المعدلات السنوية لدرجات الحرارة في محطات الدراسة (٢٠٠٠-٢٠١٢)

السنة	القيصومة	الظهران	الأحساء	حفر الباطن	الدمام	المعدل العام
2000	25.6	27	27.5	26.6	26.4	26.62
2001	26	27.4	28	26	26.8	26.84
2002	25.9	27.3	28.1	25.3	26.8	26.68
2003	26.2	27.2	28.2	25.5	26.9	26.8
2004	25.8	27	28	24.8	26.7	26.46
2005	25.6	26.9	27.8	25	26.5	26.36
2006	25.9	28	28.1	25.3	26.8	26.82
2007	26.1	28.5	28.1	25.3	26.7	26.94
2008	26	28.1	27.8	25.2	26.6	26.74
2009	25.9	28.5	28.2	25.3	27.7	27.12
2010	27.3	28.3	29	26.9	27.5	27.8
2011	25.5	27.1	27.7	25	26.4	26.34
٢٠١٢	26.3	27.6	28.2	25.7	27	26.96
المعدل العام	26	٢٧.٦	28.1	25.5	26.8	26.8

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة العربية السعودية (٢٠٢٠)



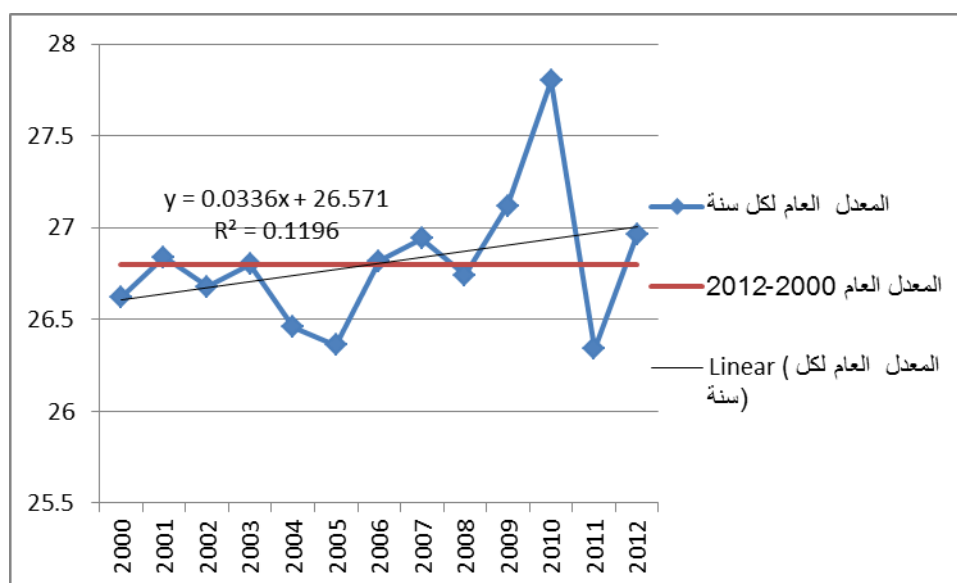
معرفة وفهم درجات الحرارة القصوى في المملكة العربية السعودية مفيدة للأغراض العملية في العديد من القطاعات المختلفة، مثل توليد الطاقة، والموارد المائية، والسياحة، والنظم البيئية، و

الزراعة (Almazroui et al. 2013). ويشير الجدول (٦) للتوزيع السنوي لدرجات الحرارة في محطات الدراسة، إلى أن العام ٢٠١٠ شهد أعلى معدلات الحرارة ارتفاعاً 27.8°C ، كما يبدو ذلك واضحاً في جميع المحطات التي شهدت ارتفاعاً خلال هذه السنة، فبلغ 29°C في الأحساء، و 28.3°C في محطة الظهران، و 27.5°C في محطة الدمام، و 27.3°C في محطة القيصومة، وبلغ في حفر الباطن 26°C . ربما يرتبط الارتفاع في درجة الحرارة في منطقة الدراسة بسبب الاحترار العالمي. بينما سجلت سنة ٢٠٠٥ أقل معدلات درجات الحرارة خلال سنوات الدراسة، بمعدل عام 26.4°C ، مع تفاوت بين محطات الدراسة، فقد سجلت محطة حفر الباطن أقل المعدلات الحرارية بمعدل 25°C ، ثم محطة القيصومة 25.6°C ، ثم الدمام 26.5°C ، ثم الظهران 26.9°C على التوالي، وسجلت محطة الأحساء المعدل الأعلى لتلك السنة 27.8°C . ويلاحظ أنه هذا الأمر أنطبق على جميع محطات الدراسة حيث سجلت أعلى معدلات الحرارة في سنة ٢٠١٠م وأقل السنوات كانت في سنة ٢٠٠٥م. أما على مستوى التوزيع السنوي لمعدلات الحرارة، فقد سجلت أعلى الدرجات في محطة الأحساء، وأقلها في محطة حفر الباطن. يبين الشكل (٢) توزيع معدلات درجة الحرارة والمعدل العام والاتجاه خلال الفترة ٢٠١٠ - ٢٠١٢، حيث سجلت السنوات ٢٠٠٠، ٢٠٠٢، ٢٠٠٤، ٢٠٠٥، ٢٠١١ أقل من المعدل العام، بينما السنوات ٢٠٠١، ٢٠٠٣، ٢٠٠٦، ٢٠٠٨ متطابقة مع المعدل العام، بينما سجلت أربع سنوات (٢٠٠٧، ٢٠٠٩، ٢٠١٠، ٢٠١٢) أعلى من المعدل العام. يبين الاتجاه العام لدرجة الحرارة بشكل عام هناك ارتفاع في معدل درجة خلال الفترة ٢٠٠٠ - ٢٠١٢ في منطقة الدراسة، بقيمة اتجاهات سنوية ٠.٠٣. قد تؤثر بعض العوامل المناخية وغير المناخية على ارتفاع درجة حرارة الهواء القصوى في المملكة العربية السعودية (Almazroui et al. 2013). هذه النتيجة ربما قد يكون لها بعض الفوائد الاجتماعية والاقتصادية المحتملة، أي إدارة استهلاك الطاقة، خاصة للتبريد والتدفئة.

تختلف وتتباين درجة حرارة المنطقة باختلاف الخصائص الطبوغرافية مثل ارتفاع المنطقة وانخفاضها، وتغطية الأرض وأنواع الأراضي. بالإضافة إلى ذلك، تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع، في حين يعتمد دفء المنطقة أيضاً على سطح الألبيدو الأرضي، الذي يرتفع فوق المناطق الرملية مثل صحراء الربع الخالي في المملكة العربية السعودية (Almazroui، ٢٠١٢).

الشكل (٢) المعدلات السنوية وخط الانحدار لدرجات الحرارة في محطات الدراسة) ٢٠٠٠-٢٠١٢

٢٠١٢



المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة

العربية السعودية (٢٠٢٠)

التوزيع الزماني والمكاني لكمية الأمطار في المنطقة الشرقية:

تتباين معدلات كمية الأمطار في منطقة الدراسة من محطة إلى أخرى مكانياً وزمانياً. ويبين الجدول (٧) المعدلات الشهرية والفصلية، بينما يبين الجدول (٨) المعدلات السنوية لكمية الأمطار في محطات الدراسة خلال الفترة ٢٠٠٠-٢٠١٢م.

جدول (٧) معدل كميات الأمطار الشهرية والفصلية بمحطات الدراسة

السنة	القيصومة		الظهران		الأحساء		حفر الباطن		الدمام	
	الشهر	الفصل	الشهر	الفصل	الشهر	الفصل	الشهر	الفصل	الشهر	الفصل
	ي	ي	ي	ي	ي	ي	ي	ي	ي	ي
ديسمبر	١٩.٨	٥٩	١٧.١	٣٩.٨	١٧.٦	٣٩.٥	١٧.١	٤٧.٥	٢٢.١	٤٩.٦
يناير	24.8		15.7		15.4		23.6		20.6	
فبراير	14.4		7		6.5		6.8		6.9	
مارس	16.8	٣٨.٢	5.3	١٢.١	5.2	٢٤.٤	7.4	٢٣.٤	6.2	٢١.٢
ابريل	15.1		6.5		15.3		13.7		12.4	
مايو	6.3		0.3		3.9		2.3		3.1	
يونيه	0.3	٠.٣	0	٠.١	0	٠.٢	0	٠.١	0	٠
يوليه	0		0.1		0		0		0	
اغسط	0		0		0.2		0.1		0	
س										
سبتمبر	0	٢١	0	٢٦.٤	0	٥.٣	0	٢٣.٥	0.4	١٥.٣
اكتوبر	0.5		0.2		0		1.8		0.1	
نوفمبر	20.5		26.2		5.3		21.7		14.8	

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة العربية السعودية (٢٠٢٠)

بلغ المعدل الشهري لكمية الأمطار لجميع محطات الدراسة ٧.٥ ملم حسب الجدول (٧)، ويعد شهر يناير الأكثر مطراً في جميع محطات الدراسة حيث بلغ معدل كمية الأمطار (٢٠ ملم)، يليه شهر ديسمبر (١٨.٧ ملم)، ثم شهر أبريل (١٢.٦ ملم). تعتبر الشهور من نوفمبر إلى أبريل الشهور المطيرة من السنة، بينما من مايو إلى أكتوبر الشهور الجافة من السنة في منطقة الدراسة مع انعدام الأمطار (٠) في يوليو وأغسطس وسبتمبر. أشار (Sen et al, 2017) قد تؤدي الجبهة القادمة من البحر الأبيض المتوسط إلى هطول الأمطار في المملكة العربية السعودية وأحداث فيضانات شديدة من حين لآخر مع أضرار كبيرة في الأرواح البشرية والممتلكات.

أما التوزيع الفصلي لمعدل كمية الأمطار في منطقة الدراسة فيعد فصل الشتاء الأكثر أمطاراً حيث بلغ معدل كمية الأمطار (٤٧.١ ملم)، وبلغ ٢٣.٩ خلال فصل الربيع، و١٨.٣ خلال فصل الخريف، بينما لم تتجاوز ٠.١ ملم خلال فصل الصيف. مع ملاحظة التباين المكاني لكمية الأمطار، حيث تعد القيصومة الأكثر مطراً بمعدل عام لكمية الأمطار (٩.٩ ملم)، تليها محطة حفر الباطن بمعدل (٧.٩ ملم)، وجاءت محطة الأحساء في المرتبة الأخيرة بمعدل (٥.٨ ملم). وبالنسبة للتوزيع السنوي لمعدلات كمية الأمطار في منطقة الدراسة، يوضح ذلك الجدول (٨). وهذا يبين ملامح المواسم المطيرة والجافة في منطقة الدراسة وبشكل عام تتأثر المنطقة بمناخ البحر الأبيض المتوسط (حار وسيادة الجفاف في فصل الصيف، والأمطار والبرودة في فصل الشتاء). أشارا Steinkohl & Barthand (٢٠٠٤) في دراستهما عن تقييم أصل الأمطار الشتوية في السهول الساحلية الوسطي بالمملكة العربية السعودية (ساحل الخليج العربي وشمال مدينة الجبيل) تبين من الدراسة أن أعاصير البحر المتوسط تساهم في أمطار المحافظات الشرقية من المملكة العربية السعودية. فالتوزيع الفصلي لمعدل الأمطار في منطقة الدراسة تتفق مع نتائج الدراسة التي توصل لها Hosny Hasanean and Mansour Almazroui (٢٠١٥) في دراستهما بعنوان مميزات واختلافات الأمطار في المملكة العربية السعودية، أوضحت نتائج الدراسة عن تغيير الأمطار في المملكة، أن الشتاء والربيع الأكثر مطراً على التوالي وكمية قليلة من الأمطار في فصل الصيف، بينما يعتبر الخريف أكثر مطراً من فصل الصيف. أما Almazroui (2011a) في دراسته عن تقلبات الأمطار في مختلف الأقاليم في المملكة العربية السعودية، يحدث ٩٥% من هطول الأمطار بشكل رئيس خلال الموسم المطير، فصل الشتاء (ديسمبر - فبراير) والربيع (مارس-مايو)، بينما ٢% فقط خلال الموسم الجاف (الصيف). يرى (Sen et al 2017) سبب هطول الأمطار في فصل الشتاء في المملكة العربية السعودية إلى الاضطرابات في البحر الأبيض المتوسط والمنخفض السوداني والأمواج الغربية في الغلاف الجوي العلوي.

جدول (٨) المعدلات السنوية لكميات الأمطار (ملم) في محطات الدراسة (٢٠٠٠-٢٠١٢)

السنة	القيصومة	الظهران	الأحساء	حفر الباطن	الدمام	المعدل العام
2000	133.2	214.7	93	170.4	159.9	154.2
2001	69.3	18.7	27.3	87	26.4	45.7
2002	69.5	89.5	44.2	48.8	100.6	70.5
2003	46.1	66.5	108.6	41	102.7	٧٣
2004	136	50.7	57.5	157	85.4	97.3
2005	254.8	70.4	76.1	243.6	75.1	144
2006	145.4	120.8	84.3	114.4	127.1	118.4
2007	51.9	45	68.4	41.7	86.1	58.6
2008	43.8	31.5	13.8	77	43.6	41.9
2009	110	105	75.1	98.2	118.1	٣101.
2010	54.9	15	31.6	58.4	76.6	47.3
2011	38.2	114.5	137.2	58.5	93.5	٤88.
٢٠١٢	93.9	76.9	84.3	31.5	31.7	٧63.
المعدل العام	95.9	78.4	69.3	94.4	٧86.	84.9

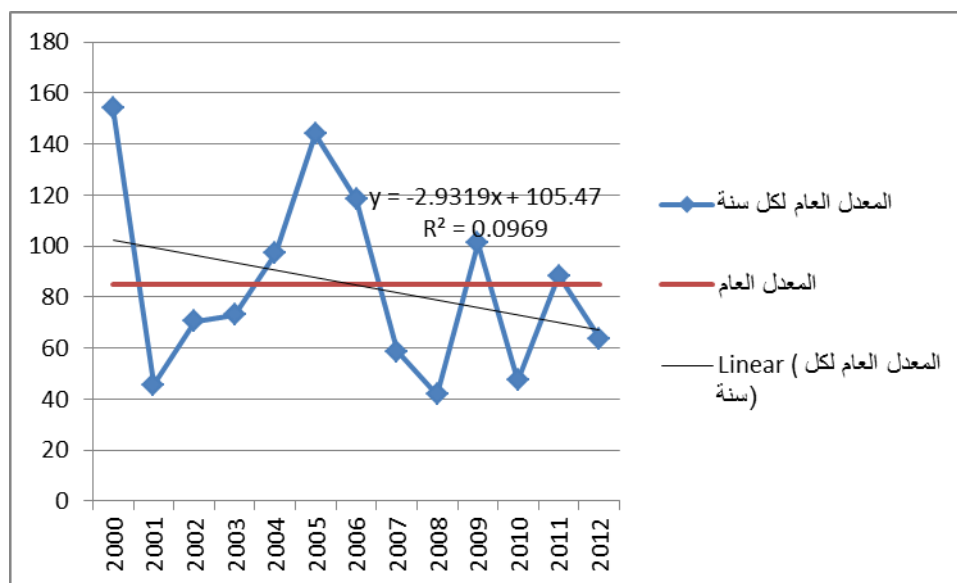
المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة العربية السعودية (٢٠٢٠)

يشير الجدول (٨) والشكل (٣) إلى الجفاف الدائم في المنطقة الشرقية، حيث بلغ المعدل العام للأمطار ٨٤.٩ ملم، كما يوضح التباين في التوزيع السنوي لمعدل كمية المطر خلال المدة (٢٠٠٠ - ٢٠١٢)، من عام إلى آخر، فقد كان العام ٢٠٠٠م الأكثر أمطاراً حيث بلغت كمية الأمطار (١٥٤,٢ ملم)، تلاه العام ٢٠٠٥م (١٤٤ ملم)، ثم العام ٢٠٠٦م (١١٨,٤ ملم)، بينما كان العام ٢٠١٠م أقل السنوات مطراً (٤١.٩ ملم). أما بالنسبة للتوزيع المكاني لمعدلات كمية الأمطار السنوية فقد كانت محطة القيصومة الأكثر أمطاراً بمعدل سنوي (٩٥.٩ ملم)، تلتها محطة حفر الباطن (٩٤.٤ ملم)، وكان المعدل السنوي في محطة الأحساء الأقل مطراً (٦٩.٣ ملم). بشكل عام يبين الشكل (٣) معظم السنوات سجلت كميات

من الأمطار أقل من المعدل العام للفترة ٢٠٠٠ - ٢٠١٢، نلاحظ أن هناك قمتان في هطول الأمطار، الأولى خلال عام ٢٠٠٠ والثانية خلال العام ٢٠٠٥.

الشكل (٣) المعدلات السنوية وخط الانحدار لمعدلات الأمطار في محطات الدراسة ٢٠٠٠ -

٢٠١٢



المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة العربية السعودية (٢٠٢٠)

يبين الشكل (٢) خط الانحدار والاتجاه العام لمعدلات هطول الأمطار في محطات الدراسة خلال المدة (٢٠٠٠ - ٢٠١٢)، وبشكل عام يلاحظ من معادلة الانحدار الانخفاض الواضح في معدل الأمطار (الاتجاه سالب)، حيث بلغت قيمة الاتجاهات السنوية (- ٢.٩)، مما يشير إلى سيادة حدة الجفاف وقلة الأمطار وتناقصها خلال سنوات الدراسة في المنطقة الشرقية.

الجفاف في المنطقة الشرقية:

تعتمد جميع الأنظمة الحديثة المستخدمة في تحديد الجفاف على التوازن المائي، أي العلاقة بين ما يدخل منطقة ما من المياه على شكل تساقط (P) وبين الفاقد بفعل التبخر والنتح من النباتات (ET)، وكذلك أية تغيرات في المياه المختزنة، وجميعها ترتبط بدرجة الحرارة (T) (الراوي وآخرين، ٢٠١٧، ٨٣). فيما يلي سنقوم بتطبيق بعض القرائن المستخدمة في تحديد درجة الجفاف على المستوى الشهري والفصلي والسنوي.

أولاً: الدليل الشهري للجفاف في المنطقة الشرقية

تهتم العديد من القرائن والمعادلات بقياس درجة الجفاف الشهري والفصلي، لما له من أهمية للناحية الزراعية خاصة في مناطق الزراعة المطرية، حيث يتوقف نجاح زراعة أي محصول على موعد الزراعة وكمية الأمطار خلال فترة النمو لهذا المحصول بالمقارنة مع درجات الحرارة في تلك المدة، ومن ناحية أخرى فإن تحديد الشهور والفصول الجافة له من الأهمية بمكان لوضع الاحتياطات اللازمة لتوفير المياه، والعمل على الاستفادة من مشاريع حصاد المياه المتاحة، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. بالنسبة للمناطق الجافة وشبه الجافة بشكل عام، يتم تحديد أي مؤشر عملي بسيط بشكل أساسي لتحديد الجفاف من خلال نقص هطول الأمطار التي تؤدي إلى نقص إمدادات المياه (Sen et al, 2017)

الجدول (٩)، والجدول (١٠) يوضحان نتائج تطبيق معادلتَي كوسين وثورنثويت اللتان تهتمان بتحديد الجفاف الشهري والفصلي في محطات الدراسة.

الجدول (٩) تطبيق قرينتي كوسين وثورنثويت للجفاف الشهري على محطات الدراسة (٢٠٠٠ - ٢٠١٢)

شهر	القيصومة			الظهران			الأحساء			حفر الباطن			الدمام		
	كوسين			كوسين			كوسين			كوسين			كوسين		
	ثورثويت			ثورثويت			ثورثويت			ثورثويت			ثورثويت		
	P	2	T	P	2	T	P	2	T	P	2	T	P	2	T
يناير	24	24	13.	24	24	13.	30.	15.	13	23	23	13.6	29	20	13.
	.4	.8	٧	.4	.8	٧	8	4		.4	.6		.8	.6	
فبراير	30	14	12.	30	14	12.	36.	6.5	12.	28	6.	12.	34	6.	12.
	.6	.4	9	.6	.4	9	4	4	4	.6	8			9	
مارس	40	16	12.	40	16	12.	44.	5.	12.3	37	7.	12.	42	6.	12.
	.6	.8	9	.6	.8	9	2	3	6	.8	4		.4	2	
ابريل	52	15	12.	52	15	12.	54.	6.	12.3	50	13	12.	53	12	12.
	.4	.1	7	.4	.1	7	4	5	8	.7			.4	.4	
مايو	64	6	12.	64	6	12.	66.	0.	12	62	2.	12.1	65	3.	12.1
	.6	3	٣	.6	3	٣	2	3	6	.2	3		.2	1	
يونيه	71	0.	12	71	0.	12	71.	0	12	69	0	12	71	0	12
	.2	3		.2	3		8		8	.4			.2		
يوليه	74	0	12	74	0	12	74.	0.	12	73	0	12	73	0	12



		.8			.2			8		1	2			.4	
12	0	72 .4	12	0. 1	72 .8	12	0.2	76	12	0	73. 4	12	0	74 .8	اغسط س
12	0. 4	65 .6	12	0	66 .2	12	0	69	12	0	67. 2	12	0	67 .4	سبتمه بر
12	0. 1	57 .2	12.1	1. 8	55 .4	12	0	59. 8	12	0. 2	59. 6	12	0. 5	57 .6	اكتوبر
12.	14 .8	45 .2	13.	21 .7	38	12. 3	5.3	45. 4	13	26 .2	66. 6	13. 1	20 .5	38 .8	نوفمبر
13.	22 .1	33 .4	13.1	17 .1	26 .8	13	17. 6	34. 6	13	17 .1	36. 4	13. 3	19 .8	27 .6	ديسمه بر

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة

العربية السعودية (٢٠٢٠)

يشير الجدول (٩) الذي يمثل نتائج تطبيق قرينتي كوسين وثورنثويت للجفاف الشهري في المنطقة الشرقية إلى أن جميع الشهور تقع ضمن تصنيف الشهور الجافة حيث الفارق الكبير بين معدلات كمية الأمطار مقارنة مع ضعف المتوسط الحراري حسب قرينة كوسين، وذلك على مستوى المنطقة الشرقية مجتمعة، كما يتضح أن معظم شهور السنة اتسمت بالجفاف في جميع محطات الدراسة، عدا شهر يناير في محطتي القيصومة وحفر الباطن حيث زادت معدلات كمية الأمطار عن ضعف المتوسط الشهري لدرجات الحرارة. حيث يحدد كوسين الشهر الجاف بأنه الشهر الذي تكون فيه كمية الأمطار الشهرية بالملم تساوي أو أقل من ضعف المتوسط الشهري لمعدل درجة حرارة نفس الشهر بالدرجة المئوية (الراوي وآخرين، ٢٠١٧، ٩٠).

وبتطبيق قرينة ثورنثويت على محطات الدراسة فإن النتائج أشارت حسب الجدول (٩) إلى أن جميع محطات الدراسة بالمنطقة الشرقية، تقع تحت تصنيف المناطق الجافة حيث كانت درجة الجفاف أقل من ١٦ درجة في جميع شهور السنة لجميع المحطات، وأيضاً لمتوسط معدلات المنطقة الشرقية. وهذه النتيجة في منطقة الدراسة تتوافق مع النمط العام لمناخ المملكة العربية بأنه حار وجاف (Ragab and Prudhomme, 2000).

ثانياً: الدليل الفصلي للجفاف في المنطقة الشرقية

الجدول (١٠) تطبيق قرينتي كوسين وثورنثويت للجفاف الفصلي على محطات الدراسة
(٢٠٠٠ - ٢٠١٢)

الفصل	القيصومة			الظهران			الأحساء			حفر الباطن			الدمام		
	كوسين		ثورت	كوسين		ثورت	كوسين		ثورت	كوسين		ثورت	كوسين		ثورت
	P	2 T		P	2 T		P	2 T		P	2 T		P	2 T	
الشتاء	٢٧	١٩	١٣	٣٤	١٣	١٢	٣٣.٩	١٣	١٢	٢٦	١٥	١٣.١	٣٢	١٦	١٣
ء	٠.٥	٠.٧	٣	٠.٩	٠.٣	٨	٢	٨	٨	٣	٨		٤	٥	
الربيع	٥٢	١٢	١٢	٥٤	٤	١٢	٥٧	٨.١	١٢	٥٠	٧.٨	١٢.٤	٥٣	٧.٢	١٢.٤
	٠.٥	٠.٧	٦	٠.٩		٢			٤				٧		
الصيف	٧٣	٠.١	١٢	٧٣	٠	١٢	٧٥.٥	٠.١	١٢	٧١	٠	١٢	٧٢	٠	١٢
يف	٠.٥	١		٠.١						٨			٥		
الخر	٥٤	٧	١٢	٦٤	٨	١٢	١٥٨	٨١	١٢	٥٣	٧.٨	١٢.٤	٥٦	٥.١	١٢.٣
يف	٠.٦	٤	٣	٥	٨	٣			١	٢					

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة - المملكة

العربية السعودية (٢٠٢٠)

يؤكد الجدول (١٠) جميع فصول السنة تتصف بالجفاف بدرجات متفاوتة في جميع محطات الدراسة، وذلك حسب نتائج تطبيق معادلتى كوسين وثورنثويت، ونجد أن فصل الصيف هو الأكثر جفافاً يليه فصل الخريف، بينما يقل الجفاف خلال فصلي الشتاء والربيع حيث تهطل الأمطار خلالهما.

ثالثاً: الدليل السنوي للجفاف في المنطقة الشرقية:

يعتبر عاملي الجفاف والرطوبة من العوامل المؤثرة على تباين الغطاء النباتي والإنتاج الزراعي، وقد تم تقسيم المناطق الجافة إلى أربعة أقسام حسب كمية الأمطار الساقطة (الراوي وآخرين، ٢٠١٧، ٨٥) وهي:

- أ- المناطق المفرطة للجفاف وهي التي يتراوح فيها معدل المطر السنوي بين (٥ - ٥٠ ملم).

ب- مناطق جافة وهي التي يتراوح فيها معدلات المطر السنوي بين (٥٠ - ١٥٠ ملم).

ج- مناطق شبه جافة وهي التي يتراوح فيها معدلات المطر السنوي بين (١٥٠ - ٤٠٠ ملم)

د- مناطق شبه رطبة وتتميز بأمطار تبلغ ٤٠٠ ملم وتزيد عن ذلك.

بناء على ذلك نستطيع تصنيف محطات الدراسة حسب الجدول (١٠) ضمن المناطق الجافة حيث بلغ المعدل العام للأمطار في المنطقة الشرقية (٨٤.٩ ملم)، وكذلك على مستوى محطات الدراسة فبلغ معدل الأمطار بالقيصومة (95.9 ملم)، الظهران (٧٨.٤ ملم)، الأحساء (٦٩.٣ ملم)، حفر الباطن (٩٤.٤ ملم)، وفي الدمام (٨٤.٩ ملم). أوضح Almazroui (٢٠١١)، في دراسته عن المناخ وهطول الأمطار في المملكة العربية السعودية، تتلقى المناطق الشمالية والوسطى الشمالية والجنوبية الغربية كميات كبيرة من الأمطار، في حين أن المنطقة الجنوبية الشرقية شبه جافة تمامًا.

ولما كان من الخطأ الاعتماد على الأمطار فقط في تحديد المناطق الجافة وذلك لتأثير عدة عوامل تؤثر على الجفاف كالحرارة والتبخر والرياح والنبات الطبيعي، لذلك أهتم المناخيون بإيجاد العديد من القرائن والمعادلات لتحديد دلائل الجفاف السنوي، ومن هؤلاء لانج، دي مارتون، كوبن، وويلي. الجدول (١١) يمثل نتائج تطبيقات هذه القرائن على محطات الدراسة لتحديد دلائل الجفاف السنوية:



الجدول (١١) تطبيقات قرائن الجفاف السنوي على محطات الدراسة

القرينة	المحطة	٢٠٠٠	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨	٢٠٠٩	٢٠١٠	٢٠١١	٢٠١٢
القيصومة	القيصومة	5.2	2.7	2.7	2.7	1.8	5.3	10	5.6	2	1.7	4.2	2	1.5
	الظهران	8	0.7	3.3	2.4	1.9	2.6	4.3	1.6	1.1	3.7	0.5	4.2	
	الأحساء	3.4	1	1.6	3.9	21	2.7	3	2.4	0.5	2.7	1.1	5	
	حفر الباطن	6.4	3.3	1.9	1.6	6.3	9.7	4.5	1.6	3.1	3.9	2.2	2.3	
	الدمام	6.1	1	3.8	3.8	3.2	2.8	4.7	3.2	1.6	4.3	2.8	3.5	
بي. مارتون	القيصومة	5	3.1	2.2	1.8	٥	7.4	4.1	1.4	3	3.1	٢	1.1	
	الظهران	5.8	0.5	2.4	1.8	1.4	1.9	3.2	1.2	0.8	2.7	0.4	3.1	
	الأحساء	2.5	٨0.	1.2	2.8	1.5	2	2.2	1.8	0.4	٢	0.8	3.6	
	حفر الباطن	4.7	2.4	1.4	1.2	4.5	٧	3.2	1.2	2.2	2.8	1.6	1.7	
	الدمام	4.4	0.7	2.7	2.8	2.3	2.1	3.5	2.3	1.2	3.1	2	2.6	
كولين	القيصومة	P1	178.1	113.3	78.4	65.3	178.2	263.5	145.4	51.9	107.2	110	74.4	38.2
		20t a	512	520	518	524	516	512	518	52	520	518	546	510
	الظهران	P1	214.7	18.7	89.5	66.5	50.7	70.4	120.8	45	31.5	105	15	114.5
		20t a	540	548	546	544	540	538	560	570	562	570	566	542
	الأحساء	P1	93	27.3	44.2	108.6	57.5	76.1	84.3	68.4	13.8	75.1	31.6	137.2
		20t a	550	560	562	564	560	556	562	562	556	564	580	554
	حفر الباطن	P1	170.4	87	48.8	41	157	243.6	114.4	41.7	77	98.2	58.4	58.5
		20t a	532	520	506	510	496	500	506	506	504	506	538	500
	الدم	P1	159	26	100	102	85.4	75.1	127	86	43.6	11	76	93.5



	6	8.1		1	1			7	6	4	9			
528	55 0	55 4	532	53 4	536	530	534	538	536	53 6	528	20t a		
38.2	74. 4	11 0	107. 2	51. 9	145. 4	263. 5	178. 2	65.3	78.4	11 3.3	178. 1	N	القيصومة	ويلمي
448. 5	46 1.1	45 1.3	452	45 2.7	451. 3	449. 2	450. 6	453. 4	451. 3	45 2	449. 2	7T +2 70		
114. 5	15	10 5	31.5	45	120. 8	70.4	50.7	66.5	89.5	18. 7	214. 7	N	الظهران	
459. 7	46 8.1	46 9.5	466. 7	46 9.5	466	458. 3	459	460. 4	461. 1	46 1.8	459	7T +2 70		
137. 2	31. 6	75. 1	13.8	68. 4	84.3	76.1	57.5	108. 6	44.2	27. 3	93	N	الأحساء	
463. 9	47 3	46 7.4	464. 6	46 6.7	466. 7	464. 6	466	467. 4	466. 7	46 6	462. 5	7T +2 70		
58.5	58. 4	98. 2	77	41. 7	114. 4	243. 6	157	41	48.8	87	170. 4	N	حفر الباطن	
445	45 8.3	44 7.1	446. 4	44 7.1	447. 1	445	443. 6	448. 5	447. 1	45 2	456. 2	7T +2 70		
93.5	76. 6	11 8.1	43.6	86. 1	127. 1	75.1	85.4	102. 7	100. 6	26. 4	159. 9	N	التمام	
454. 8	46 2.5	46 3.9	456. 2	45 6.9	457. 6	455. 5	456. 9	458. 3	457. 6	45 7.6	454. 8	7T +2 70		

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة- المملكة

العربية السعودية (٢٠٢٠)

يوضح الجدول (١١) نتائج تطبيقات قرائن لانج ودي مارتون، وكوين، وويلمي لحساب الجفاف السنوي بمحطات الدراسة، وتقوم معادلة لانج لحساب معامل كمية الأمطار في منطقة الدراسة، لتحديد درجة الجفاف وذلك بمقارنة النتائج مع جدول لانج لتحديد درجة ومؤشرات الجفاف، فإن المعدل العام لمعامل كمية الأمطار في المنطقة الشرقية مجتمعةً فقد بلغ (٣.٢)، وهو ما يصنف المنطقة ضمن المناطق شديدة الجفاف حسب دليل لانج كما جاء في الجدول (١١)، وأيضاً دلت نتائج تطبيق معادلة لانج على جميع محطات الدراسة، أنها أيضاً تصنف ضمن المناطق شديدة الجفاف حيث بلغ المعدل العام لمعامل المطر في محطة القيصومة (٣.٧)، وفي محطة الظهران (٢.٨)، وفي محطة الأحساء (٢.٥)، وفي محطة حفر الباطن (٣.٧)، وفي محطة الدمام (٣.٢)، وأيضاً على مستوى التوزيع السنوي فإن جميع سنوات الدراسة لجميع المحطات صنف بأنها سنوات شديدة الجفاف حسب معامل المطر لمعادلة لانج، ولم نجد غير استثناء عام ٢٠٠٥م في محطة القيصومة حيث بلغ معامل الأمطار في ذلك العام (١٠) وهو ما يصنف ضمن الأعوام الجافة وليست الشديدة الجفاف. وعلى ضوء هذه النتائج يمكن تصنيف التربة في المنطقة الشرقية بأنها تربة شديدة الجفاف حسب قرينة لانج للجفاف.

تشير نتائج تطبيق قرينة دي مارتون لتحديد درجة الجفاف، وقوع المنطقة الشرقية ضمن المناطق الجافة حيث بلغ المعدل العام لدرجة الجفاف (٢.٥)، وكذلك الحال في جميع محطات الدراسة بشكل مفرد حيث كان المعدل العام في محطة القيصومة (٣.٣)، وفي محطة الظهران (٢.١)، وفي محطة الأحساء (١.٨)، وفي محطة حفر الباطن (٢.٧)، وفي محطة الدمام (٢.٤). ولم يستثنى من ذلك إلا ثلاث حالات فقد بلغت نتيجة قرينة دي مارتون (٥) للعام ٢٠٠٠، و(٧.٤) في العام ٢٠٠٥ وذلك في محطة القيصومة، وبلغت (٥.٨) في العام ٢٠٠٠ في محطة الظهران، وهذه الاستثناءات تصنف ضمن السنوات شبه الجافة.

لقد حدد كوين حدود الأقاليم شبه الجافة والرطبة في المناطق ذات الأمطار الشتوية، عندما يساوي معدل مجموع الأمطار معدل درجات الحرارة السنوية مضروباً في (٢٠) أو يزيد عنها، وبتطبيق ذلك على المنطقة الشرقية مجتمعة فقد بلغ معدل الأمطار (٨٩.٥)، بينما كان مضروب عشرين في معدل الحرارة السنوية قد بلغ (٥٣٦)، كما جاء في الجدول مما يجعل المنطقة ضمن المناطق شديدة الجفاف، وكذا كان الحال في محطات الدراسة حيث

صنفت بالجفاف حسب معادلة كوين كما يوضح الجدول. فزيادة الجفاف خطر يؤثر على عدة مجالات أكثر سلبية مثل الزراعة وتوفير المياه. ويرجع ذلك إلى حقيقة أنه يمكن أن يكون عاملاً يحد من نمو النبات وتوزيعه (Moral et al. 2015).

حدد ويلمي حدود المناطق الجافة عند تساوي كمية الأمطار الساقطة بجمع ٢٧٠ مع سبع أمثال درجات الحرارة، وبتطبيق ذلك على المنطقة الشرقية كما يشير الجدول (١١) فإن كان المعدل العام لمتوسط كمية الأمطار خلال سنوات الدراسة (٨٩.٥ ملم) بينما كانت قرينة ويلمي للحرارة (٤٥٧.٦) مما يصنف المنطقة ضمن المناطق الجافة، وهكذا كان تصنيف المحطات المختلفة حيث كان المعدل العام لمتوسط كمية الأمطار خلال سنوات الدراسة لمحطة القيصومة (١١٨.٥ ملم)، بينما كانت قرينة ويلمي للحرارة (٤٥٢)، وفي محطة الظهران كان المعدل العام لمتوسط كمية الأمطار خلال سنوات الدراسة (٧٨.٤ ملم) بينما كانت قرينة ويلمي للحرارة (٤٦٣.٢)، وفي محطة الأحساء كان المعدل العام لمتوسط كمية الأمطار خلال سنوات الدراسة (٦٩.٣ ملم) بينما كانت قرينة ويلمي للحرارة (٤٦٦.٧)، وفي محطة حفر الباطن بلغ المعدل العام لمتوسط كمية الأمطار خلال سنوات الدراسة (٩٤.٤ ملم) بينما كانت قرينة ويلمي للحرارة (٤٤٨.٥)، وفي محطة الدمام كان المعدل العام لمتوسط كمية الأمطار خلال سنوات الدراسة (٨٦.٧ ملم) بينما كانت قرينة ويلمي للحرارة (٤٥٧.٦). وكذلك الحال لجميع السنوات في كافة المحطات فقد صنفت بالمناطق الجافة.

استنتاجات البحث:

بناء على تطبيق قرائن الجفاف في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية واعتماداً على معدلات درجة الحرارة ومعدلات الأمطار الشهرية والفصلية والسبوعية لخمس محطات أرصاد جوية خلال الفترة ٢٠١٢-٢٠٠٠، توصل البحث إلى عدة نتائج تتعلق بقياس درجة حدة الجفاف في المنطقة الشرقية بصفة عامة وفي محطات الدراسة (القيصومة، الظهران، الأحساء، حفر الباطن، والدمام) وذلك خلال المدة (٢٠١٢ - ٢٠٠٠)، بتطبيق عدة قرائن منها قرينة كوسين وثورنثويت لكشف الجفاف الشهري والفصلي، وقرائن لانج، ودي مارتون، وكوين، ويلمي لتحديد الجفاف السنوي، ويمكن إيجاز هذه النتائج فيما يلي:

١- بلغ المعدل العام للحرارة في المنطقة الشرقية ٢٦.٩% □، أما المعدل الفصلي فقد كان ١٥.٥% □ للشتاء، ٢٦.٨ □ للربيع، ٣٣.٦ □ للصيف، ٢٨.٦ □ لفصل الخريف،



وتتباين قيم درجات الحرارة في منطقة الدراسة من محطة إلى أخرى، حيث سُجل أعلى معدل لدرجات الحرارة في محطة الظهران 28.4°C ، وأقل معدل حراري في محطة حفر الباطن 25.2°C ، وقد شهد العام ٢٠١٠ شهد أعلى معدلات الحرارة ارتفاعاً 27.8°C ، بينما سجلت العام ٢٠٠٥ أقل معدلات درجات الحرارة خلال سنوات الدراسة، بمعدل عام 26.4°C ، مع تفاوت واضح بين محطات الدراسة.

٢- بلغ المعدل الشهري لكمية الأمطار لجميع محطات الدراسة 7.5 ملم، وتتركز في شهر يناير (20 ملم)، يليه شهر ديسمبر (18.7 ملم)، ثم شهر أبريل (12.6 ملم). أما التوزيع الفصلي لمعدل كمية الأمطار في منطقة الدراسة فيعد فصل الشتاء الأكثر أمطاراً حيث بلغ معدل كمية الأمطار (47.1 ملم)، وبلغ 23.9 خلال فصل الربيع، و 18.3 خلال فصل الخريف، وتندعم في فصل الصيف، وتعد القيصومة الأكثر مطراً، تليها محطة حفر الباطن بمعدل (7.9 ملم)، وتعد محطة الأحساء الأقل مطراً، كما تتباين الأمطار من عام إلى آخر، فكان العام 2000 م الأكثر مطراً، بينما كان العام 2010 م أقل السنوات، وبالنسبة للتوزيع المكاني لمعدلات كمية الأمطار السنوية فقد كانت محطة القيصومة الأكثر أمطاراً، تلتها محطة حفر الباطن، وكانت محطة الأحساء الأقل مطراً.

٣- أكدت نتائج تطبيق قرينتي كوسين وثورنثويت للجفاف الشهري في منطقة الدراسة أن جميع الشهور تقع ضمن تصنيف الشهور الجافة حسب قرينة كوسين وقرينة ثورنثويت، وذلك على مستوى المنطقة الشرقية مجتمعة، وعلى مستوى محطات الدراسة أيضاً.

٤- أوضحت نتائج تطبيق قرينتي كوسين وثورنثويت للجفاف الفصلي في منطقة الدراسة، أن جميع فصول السنة تتصف بالجفاف بدرجات متفاوتة في جميع محطات الدراسة، وأن فصل الصيف هو الأكثر جفافاً يليه فصل الخريف، بينما يقل الجفاف خلال فصلي الشتاء والربيع.

٥- ولتحديد الجفاف السنوي على المنطقة الشرقية، أيد تطبيق قرائن كل من لانج، دي مارتون، كوبن، وويلمي أن سنوات الدراسة ($2000-2012$ م) أتصفت بالجفاف على مستوى المنطقة الشرقية وعلى مستوى محطات الدراسة. توصي الدراسة:

- بتنفيذ مشاريع حصاد المياه للاستفادة القصوى من معدلات الأمطار المتفاوتة.

- وضع استراتيجيات لإدارة المياه السطحية والجوفية بناء على قلة معدلات هطول الأمطار في منطقة الدراسة والفاقد منها بسبب التبخر لارتفاع درجة الحرارة وحدة الجفاف.
- ضرورة الترشيد في استهلاك المياه.
- إجراء مزيد من الدراسات المهمة بالمناخ التطبيقي.

قائمة المصادر

أولاً: اللغة العربية

١. أبو علي، منصور حمدي (٢٠١٠)، جغرافية المناطق الجافة: النظام العام، التغير المناخي، النظام الأرضي، والنظام المائي والحيوي، النظام البيئي والنظام الاجتماعي والتنمية، دار وائل للنشر، عمان-الأردن، ط١، ص ١٧.
٢. هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (١٤٣٣ هـ). المملكة العربية السعودية-حقائق وأرقام. مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر، جدة.
٣. الحفيظ، عماد محمد ذياب (٢٠١٤)، واقع التصحر وشحة المياه وانعكاساتها في الوطن العربي. دار صفاء للنشر والتوزيع-عمان، الأردن.
٤. الجوزري، علي حمزة (٢٠١٦)، التصحر، مفهومه-مظاهره-حالاته-أسبابه الطبيعية والبشرية، بعض تأثيراته البيئية ووسائل مكافحته. الدار المنهجية للنشر والتوزيع-عمان، الأردن، ط١، ص ٦١-٦٢.
٥. الملحم، أفنان عبد اللطيف (٢٠١٨)، العواصف الرملية والغبارية في شرقي المملكة العربية السعودية-دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير غير منشورة - جامعة الملك فيصل، الأحساء.
٦. الراوي، صباح محمود علي، الجففي، محمود إبراهيم متعب، الحديثي، أحمد عيادة خضير (٢٠١٧)، علم المناخ التطبيقي، دار وائل للنشر والتوزيع. عمان-الأردن، ط١.
٧. حسن، محمد إبراهيم، شتا، السيد علي (٢٠١٤)، مقومات التصحر وأشكاله والكتبان الرملية بالأراضي الجافة وشبه الجافة. المكتبة المصرية للنشر والتوزيع، الإسكندرية-مصر.
٨. السامرائي، قصي عبد المجيد (٢٠١٥)، المناخ والأقاليم المناخية. دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان-الأردن، ط١.

ثانياً: باللغة الإنجليزية

1. Abdullah, M.A.; Al-Mazroui, M.A (1998). Climatological study of the southwestern region of Saudi Arabia. I. Rainfall analysis. *Clim. Res.* 9, 213–223.
2. Almazroui, M.A (2011). Calibration of TRMM rainfall climatology over Saudi Arabia
3. Almazroui M. (2012). Temperature Variability over Saudi Arabia and its Association with Global Climate Indices. *JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci.*, Vol. 23, No. 1, pp: 85-108 (2012 A.D./1433 A.H.) DOI: 10.4197/Met. 23-1.6.
4. Almazroui M., Nazrul Islam M., Dambul R. and Jonesa P. D. (2013). Trends of temperature extremes in Saudi Arabia. *Int. J. Climatol.* **34**: 808–826.
5. A. Mashat and H. Abdel Basset (2011). Analysis of Rainfall over Saudi Arabia. *JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci.*, Vol. 22, No. 2, pp: 59-78 (2011 A.D./1432 A.H.) DOI: 10.4197/Met. 22-2.4
6. Barthand, H.; rank Steinkohl, F. Origin of winter precipitation in the central coastal lowlands of Saudi Arabia. *J. Arid Environ.* **2004**, 57, 101–115.
7. Hosny Hasanean and Mansour Almazroui (2015). Rainfall: Features and Variations over Saudi Arabia, A Review. *Climate* **2015**, 3, 578-626; doi:10.3390/cli3030578. ISSN 2225-1154. www.mdpi.com/journal/climate.
8. IPCC (2007) Working group II contribution to the intergovernmental panel on climate change fourth assessment report climate change 2007: climate change impacts, adaptation and vulnerability, pp 9–10.
9. Mandakh Nyamtseren Qi Feng & Ravinesh Deo (2018), A Comparative Study of Temperature and Precipitation-Based Aridity Indices and Their Trends in Mongolia. *International Journal of Environmental Research*, Vol. 12, 887–899. Pellicone G , Caloiero T. and Guagliardi I. (2019). The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy). *J. of Maps*, 15 (2) 788–796. <https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1673840>.
10. Mewcha Amha Gebremedhin, Gebrerufael Hailu Kahsay, Hailemariam Gebrewahed Fanta (2018). Assessment of spatial distribution of aridity indices in Raya Valley, northern Ethiopia. *Applied Water Science* (2018) 8:217.
11. Tarawneh, S., (2000). Drought analysis of selected rainfall stations in Jordan. *Dirasat*, 27: 77-95.



12. Moral FJ, Rebollo FJ, Paniagua LL, García-Martín A, Honorio F (2015). Spatial distribution and comparison of aridity indices in Extremadura, southwestern Spain. *Theor Appl Climatol.* <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1615-7>.
13. Tarawneh Q. Y. (2013). Quantification of Drought in the Kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of Water Resources and Arid Environments* 2(3): 125-133, ISSN 2079-7079.
14. Ragab, R. and Prudhomme, C. (2000) Climate change and water resources management in the southern Mediterranean and Middle East countries. The Second World Water Forum, 17–22, March 2000, The Hague.
15. Şarlak, N., & Mahmood Agha, O. M. A. (2018). Spatial and temporal variations of aridity indices in Iraq. *Theoretical and Applied Climatology*, 133, 89–99.
16. SAWA, B. A., Ati, O. F. و JAIYEoba, I. A. و Oladipo, E. O. (٢٠١٥). Trends in Aridity of the Arid and Semi-Arid Regions of Northern Nigeria. *Journal of Environment and Earth Science* www.iiste.org, ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online), Vol.5, No.10.
17. Şen Zekai, Al- Harithy Saad, As- Sefry Saleh, Almazroui Mansour (2017). Aridity and Risk Calculations in Saudi Arabian Wadis: Wadi Fatimah Case. *Earth Systems and Environment* (2017) 1:26.
18. Subyani, A.M. (٢٠٠٤). Geostatistical study of annual and seasonal mean rainfall patterns in southwest Saudi Arabia. *Hydrol. Sci. J.*, 49, 803–817.
19. Subyani, A.M.; Al-Modayan, A.A.; Al-Ahmadi, F.S. (2010). Topographic, seasonal and aridity influences on rainfall variability in western Saudi Arabia. *J. Environ. Hydrol.* 18, 1–11.
20. Wendland, W.M., (1990). Hydrological aspects of the 1988 drought in Illinois. *American Water Resources Asso*, 26: 913-920.