



تحليل الجفاف المناخي باستخدام مؤشر المطر المعياري لبعض المناطق في سهل الجفارة للفترة بين عامي 1962 و 1999

أحمد إبراهيم خماج¹ و عبير مصطفى الميلودي²

1- قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة طرابلس

2- وزارة التعليم، طرابلس، ليبيا

المستخلص

تم تقدير الجفاف المناخي لبعض المناطق في سهل الجفارة شمال غرب ليبيا بالاعتماد على مؤشر المطر المعياري (SPI). اعتمدت الدراسة على البيانات المطرية السنوية للمحطات المناخية أبو كماش، العسة، الزاوية، بئر الغنم، مطار طرابلس، قصر الأخيار، والتي تنتشر ضمن نطاقات جغرافية مختلفة خلال السنوات (1962-1999). تم تقدير كميات الأمطار المفقودة باستخدام طريقة مقلوب المسافة الموزونة. تم تحديد الخصائص الإحصائية للمطول والمتمثلة في المتوسط الحسابي للمطول والوسيط والانحراف المعياري ومعامل الالتواء والتفرطح ومعامل الاختلاف. كما تم تقدير سنوات الجفاف والرطوبة وفترات الجفاف وقيمه التراكمية وشدة الجفاف وفقاً لقيم (SPI). أظهرت النتائج ارتفاع كميات الأمطار في المحطات الواقعة في شرق منطقة الدراسة مقارنة بالمحطات الواقعة غربها. وفقاً لقيم معامل التفرطح فإن تكرار القيم المنخفضة للأمطار كان أكبر من تكرار القيم المرتفعة له. تذبذبت الأمطار السنوية في جميع أجزاء منطقة الدراسة وبدرجات متفاوتة؛ حيث لوحظ أن قيم معامل الاختلاف (CV) تراوحت ما بين 33.01% لمحطة قصر الأخيار و 46.5% في محطة العسة. أظهرت النتائج المتحصل عليها، أن حالات من الجفاف المعتدل والرطوبة المعتدلة كانت هي السائدة مقارنة مع الجفاف المتطرف والجفاف الشديد. كما بلغت أقصى فترة جفاف سبع سنوات متتالية في محطة مطار طرابلس وذلك خلال الفترة ما بين عامي 1988 و 1994. أما بالنسبة لمقدار الجفاف التراكمي فبلغت أقصاها في محطة الزاوية؛ حيث بلغت قيمته 690 (مم) وذلك خلال خمس سنوات ما بين عامي 1965 و 1969. شهدت محطة الزاوية أقصى قيمة لشدة الجفاف بقيمة 147 (مم/سنة) وذلك في عام 1971.

الكلمات الدالة: الجفاف، توزيع جاما، مؤشر المطر المعياري، سهل الجفارة.

المقدمة

النسبية والتي تقاوم من شدة حدوثة (Sivakumar, 2005). يختلف تعريف الجفاف من منطقة إلى أخرى؛ حيث إنه يعتمد على الفهم السائد والغرض من التعريف. ولأنه ظاهرة زمنية ومتكررة فيجب تعريفه عموماً بشكل نسبي؛ أي: وفقاً لمعدل الحالة الطبيعية للمطول، والتوازن بين الأمطار إلى البحر نتج. فلقد قدم العديد من البحوث تعريفات مختلفة للجفاف؛ حيث عرف كل من McMahon and Arenas

يعتبر الجفاف أحد أهم الظواهر الطبيعية بالغة التعقيد التي تواجه الأنظمة البيئية، ومستعملي المياه على وجه الخصوص. ينشأ الجفاف (Drought) عن الانخفاض الطبيعي للأمطار خلال فترة زمنية تمتد عادة لموسم أو أطول، وترتبط غالباً بعوامل مناخية أخرى مثل ارتفاع درجة الحرارة وارتفاع سرعة الرياح وانخفاض الرطوبة

البيئي الطبيعي والزراعة البعلية (WMO, 2012). كما إنه يمثل الفترة الزمنية التي ينخفض فيها المحتوى الرطوبي في التربة إلى الحد الذي يتدهور فيه نمو المحصول (Mishra and Singh 2010). أما الجفاف الهيدرولوجي فإنه يعرف على أنه حدوث الظاهرة الطبيعية التي ينتج عنها الانخفاض الشديد للهطول المطري لمنطقة ما عن المستويات المسجلة لتلك المنطقة، مسبباً عدم التوازن الهيدرولوجي فيما (Linsley *et al.*, 1982). أما بالنسبة للجفاف الاجتماعي والاقتصادي فإنه يحدث عندما تكون كمية المياه غير كافية لتلبية الاستهلاك للأنشطة البشرية المختلفة مثل الأنشطة الزراعية والصناعية، والتنمية الحضرية (Gibbs, 1975) و (Heathcote, 1974). في أنظمة الإنذار المبكر، تتم مراقبة الجفاف باستخدام مؤشرات خاصة محددة وذلك لأن آثاره تختلف وفقاً لشده ومدته وتغطيته المكانية. وعلى الرغم من توفر العديد من المؤشرات مثل مؤشر بالمر المتعلق بشدة الجفاف (Palmer Drought Severity Index, PDSI)، ومؤشر النسب العشرية (Deciles)، ومؤشر إمدادات المياه السطحية (Surface Water Supply Index, SWSI)، ومؤشر المطر المعياري (Standardized Precipitation Index, SPI)، إلا إن طبيعة المؤشر والظروف المحلية وتيسر البيانات وصحتها، عادة ما تحد من إمكانية تطبيقه. تمكن المزايا الأساسية لاستخدام (SPI) مقارنة بالمؤشرات الأخرى في بساطة حساباتها وإمكاناتها لوصف الجفاف على مقاييس زمنية مختلفة مما يضمن توحيدها واستقلالها عن الموقع الجغرافي. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الجفاف بالاعتماد على مؤشر المطر المعياري لبيان شدته وتكراره وتوزيعه في المحطات المدروسة بمنطقة سهل الجفارة.

المواد وطرائق البحث

منطقة الدراسة:

يقع سهل الجفارة في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا، ويأخذ شكل يشبه المثلث يحده من الشمال البحر المتوسط ومن الغرب الحدود التونسية ومن الجنوب

(1982) الجفاف على أنه الفترة التي يكون فيها الطقس جافاً بشكل غير اعتيادي، وتنقص فيه الأمطار لفترة طويلة بما فيه الكفاية مسببة عدم توازن هيدرولوجي حاد، وتؤدي إلى انخفاض ونقص المياه للاستعمالات المختلفة. بينما وصف (Beran and Rodier 1985) خاصية الجفاف على أنها النقص في توفير المياه خلال فترة زمنية معينة لمنطقة محددة. وقد عرف Palmer (1965) الجفاف على أنه الفترة الزمنية التي قد تستغرق أشهر أو سنوات والتي تنخفض فيها إمدادات الرطوبة الفعلية لمكان معين. غير إن تلك التعريفات تبدو مهمة ولا تعطي إجابات كمية لبداية حدوث الجفاف، والفترة الزمنية التي يستغرقها، ومقدار حدوثه. تشير بعض المصادر مثل المركز القومي للتخفيف من آثار الجفاف في الولايات الأمريكية (National Drought Mitigation Center, USA)، إلى تلك التعريفات كمفاهيم، وميزت بين التعريفات التشغيلية والوصفية للجفاف. وعلى نحو مغاير، فإن التعريفات التشغيلية للجفاف تقود إلى معرفة بداية ونهاية وامتداد وحدة الجفاف والتي غالباً ما تكون محددة لمنطقة معينة وتستند على المقاربة العلمية، الذي تتبع تحليل بعض المعلومات الهيدرولوجية. فالتعريفات التشغيلية مفيدة لتطوير سياسات دراسة الجفاف وأنظمة مراقبته وكذلك لخطط واستراتيجيات مواجهة الجفاف. إن للجفاف أربع تقسيمات هامة تشمل، الجفاف الطبقي (Meteorological drought)، الجفاف الزراعي (Agricultural drought)، الجفاف الهيدرولوجي (Hydrological drought)، والجفاف الاجتماعي - الاقتصادي (Socio-economic drought). يعرف الجفاف الطبقي على أنه الفترة الزمنية التي تكون فيها كميات الأمطار أقل بكثير من متوسطاتها الحسابية لفترة طويلة (Linsley *et al.*, 1982 و Downer *et al.*, 1967). يعرف الجفاف الزراعي على أنه النقص في كميات الأمطار بالمقارنة مع متوسط فترة طويلة مؤثراً في منطقة كبيرة المساحة، لمدة فصل أو فصول عديدة أو عدة سنوات، والذي يقلل بدرجة كبيرة من الإنتاج الأساسي في النظام

كميات الأمطار المفقودة حسابيا من خلال استخدام معادلات وتطبيقات خاصة بذلك. في هذه الدراسة تم الاعتماد على استخدام طريقة مقلوب المسافة الموزونة (Inverse Distance Weighing method). وفقا للمعادلة (1). يتم تقدير القيمة المفقودة للهطول عند المحطة باستخدام توليفة خطية من المتوسط الموزون للهطول المعلوم من المحطات القريبة والمحيطة بالمحطة موضع الدراسة، كدالة عكسية للمسافة. إن الافتراض الرئيسي في هذه الطريقة يكمن في أنه كلما كانت قيم الأمطار للمحطات المحيطة بالمحطة موضع الدراسة متقاربة فإن قيم الأمطار المفقودة سوف تكون متقاربة أيضا، والعكس صحيح (Li and Heap 2008). وقد تم تحديد المسافة بين المحطة ذات البيانات المطرية المفقودة والمحطات المجاورة لها مباشرة بحيث لا تفصل بين المحطات المجاورة والمحطة ذات البيانات المفقودة أي محطة بياناتها المطرية مفقودة أيضا. تم استخدام تطبيق (google earth) في تحديد المسافة بين المحطات المطرية وذلك بناء على إحداثيات المحطات المختلفة.

$$(1) \quad P_x = \frac{\sum_{i=1}^n w_i P_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$(2) \quad w_i = \frac{1}{d_i^2}$$

$n, 2, i$ حيث تمثل i المحطة

P_x : عمق المطر المفقود (مم)

P_i : عمق المطر (مم) للمحطة (i)

w_i : المعامل الوزني للمحطة (i)

d_i : المسافة التي تبعد عنها المحطة (i) عن المحطة المراد

تقدير عمق المطر لها.

جبل نفوسه الذي يمتد من الحدود التونسية باتجاه الشمال الشرقي إلى البحر قرب مدينة الخمس، وتتميز بالتموج في القسم الجنوبي؛ حيث تنتشر التلال والكثبان الرملية والقسم الغربي من السهل هو أقل الأجزاء تعقيداً في مظاهر السطح فهو على درجة كبيرة من الاستواء، ويتدرج سطح السهل في الارتفاع نحو الجنوب بينما لا يزيد ارتفاع القسم الشمالي منه كثيراً عن مستوى سطح البحر (بن محمود، 1995). يبين الشكل (1) موقع المحطات المطرية في منطقة الدراسة.

الظروف المناخية:

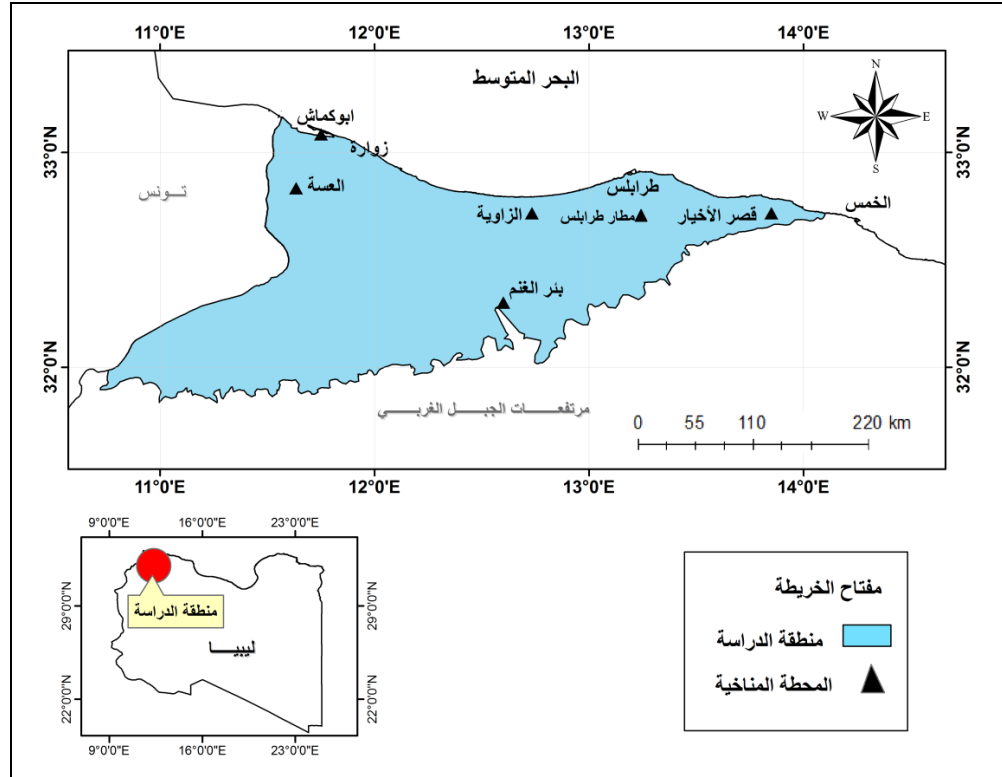
تمتاز المنطقة مناخيا بنمط مناخ البحر المتوسط؛ حيث تتراوح المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة الصغرى بين 10.6 درجة مئوية ببئر الغنم و16.8 درجة مئوية بطرابلس، وتصل أقصى المتوسطات السنوية، درجة الحرارة العظمى إلى 27.3 درجة مئوية ببئر الغنم، بينما يصل أدناها إلى 25.7 درجة مئوية بطرابلس كما تصل معدلات الرطوبة النسبية بين 75% بالخمس و60% ببئر الغنم. (ليلي، 2008).

جمع البيانات:

تم في خلال هذه المرحلة اختيار محطات مناخية تغطي منطقة الدراسة مسجل بها بيانات الهطول المطري دون انقطاع لفترة هيدرولوجية طويلة مدتها ثمانية وثلاثون سنة، وذلك للسنوات بين 1962 و 1999، بحيث كانت تلك المحطات موزعة في أماكن متفرقة من منطقة الدراسة. تم تجميع بيانات كميات الأمطار للسنوات المختلفة ومحطات الدراسة من المركز الوطني للإرصاد الجوي بطرابلس.

تقدير بيانات الأمطار المفقودة:

قد لا تتوفر بيانات الأمطار لمحطة ما وذلك عندما لا يتم قياس كميات الأمطار فوق منطقة معينة وعبر فترة زمنية معينة وذلك أمر يحدث لسبب أو لآخر، كتعطيل جهاز القياس أو لعدم تمكن القارئ من تسجيل القياس، أو فقدانها لأي سبب عارض، فإنه عادة يتم اللجوء إلى تقدير



شكل 1. مواقع المحطات المناخية في منطقة الدراسة.

ولتدفقات الأنهار أو لأي متغيرات أخرى مقاسة. تستعمل تسجيلات الأمطار بتوسع في حساب مؤشرات الجفاف وذلك لأنه عادة ما تتوفر تسجيلات لكميات الأمطار ولفترة طويلة؛ حيث إن الأمطار لوحدها قد لا تعكس منظور الجفاف وعلاقته بالظروف المرتبطة به ولكنها قد تصلح لأن تكون حلاً عملياً في المناطق التي لا تتوفر فيها البيانات. لقد تم استخدام المؤشر المعياري للهطول (SPI)، وهو المؤشر الأكثر استخداماً في دراسات تحليلية للجفاف للأقاليم المختلفة. صمم المؤشر المعياري للهطول لتقدير كمية النقص في الأمطار على نطاقات زمنية متعددة. وتعكس هذه النطاقات الزمنية تأثير الجفاف على توفر موارد المياه المختلفة. فأحوال رطوبة التربة تستجيب للاختلافات في كمية الأمطار على نطاق زمني قصير نسبياً. وتعكس المياه الجوفية وتدفقات المجاري المائية ومستودعات التخزين بالمياه الجوفية فيها الاختلافات في الأمطار في الأجل الأطول، ولهذه الأسباب حسب McKee

الخصائص الإحصائية للهطول:

تم تقدير بعض الخصائص الإحصائية للبيانات المطرية للمحطات المدروسة والتي اشتملت على المتوسط الحسابي والذي يعتبر من أهم مقاييس النزعة المركزية، والوسيط والذي يمثل المقياس الذي يقوم بعملية فصل متساو للنصف الأعلى من البيانات عن النصف الأدنى والانحراف المعياري والذي يعتبر من أهم وأفضل مقاييس التشتت وأكثرها شيوعاً، ومعامل الالتواء والذي يمثل درجة عدم التماثل أو الانحراف عن التماثل، ومعامل التفرطح والذي يقيس درجة علو أو انخفاض أي منحني توزيع تكراري بالنسبة للمنحنى الطبيعي للبيانات، ومعامل الاختلاف والذي يمثل الانحراف المعياري مأخوذاً كنسبة مئوية من متوسط الأمطار.

مؤشرات الجفاف:

يمكن تعريف مؤشرات الجفاف على أنها دوال مستمرة لكل من المتغيرات المقاسة للأمطار ولدرجات الحرارة

حيث تمثل:

M_j الجفاف الكلي (مم)، \bar{x} المعدل المطري لسلسلة البيانات (مم)، x_i قيمة المطر عند الزمن (i) ، عدد مرات العجز المطري خلال فترة الجفاف.

تعرف شدة الجفاف (Drought intensity) على أنها حاصل قسمة كمية الجفاف الكلية على استدامة الجفاف ويحسب باستخدام العلاقة التالية:

$$I_j = \frac{M_j}{L_j} \quad (4)$$

حيث تمثل M_j كمية الجفاف الكلية (مم)، L_j استدامة الجفاف.

إن المؤشر المعياري للهطول مصمم لقياس كمية النقص في الأمطار على نطاقات زمنية متعددة والتي تعكس بدورها تأثيرات الجفاف على موارد المياه التي يحتاجها مختلف صناعات القرار. فالنطاق الزمني البالغ 6 أشهر والذي يمثل نطاق زمني قصير نسبياً يصلح في دراسة استجابة الأحوال الجوية ورطوبة التربة (الزراعة) للاختلافات في الأمطار. بينما يستجيب تدفق المجاري المائية ومستودعات التخزين والمياه الجوفية للاختلافات في الأمطار الأطول أجلاً على نطاق زمني يتراوح من 6 أشهر و24 شهراً أو أطول من ذلك. وبالتالي يجب فحص المؤشر المعياري للهطول في مدة شهر أو شهرين بالنسبة للجفاف في الأحوال الجوية وفي أي مكان، في مدة تتراوح بين شهر و6 أشهر بالنسبة للجفاف الزراعي، وفي مدة تتراوح من 6 أشهر و24 شهراً أو أكثر بالنسبة للتحليلات والتطبيقات الخاصة بالجفاف الهيدرولوجي.

(1993) *et al.* يتم تقدير المؤشر المعياري في البداية على نطاقات زمنية تبلغ 3، 6، 12، 24، 48 شهراً. يستند حساب المؤشر المعياري للهطول الخاص لأي مكان إلى سجل الأمطار طويل الأجل للفترة المنشودة، وهذا السجل طويل الأجل مهم لتوزيع الاحتمالات، تحول بعدئذ إلى توزيع طبيعي (Normal distribution) بحيث يكون متوسط المؤشر المعياري بالنسبة للمكان والفترة المنشودين يساوي صفرًا (Edwards and Mckee 1997).

وتدل القيم الموجبة للمؤشر المعياري للهطول على هطول أعلى من المتوسط، أما القيم السالبة فتدل على هطول أقل من المتوسط. وبسبب معايرة المؤشر المعياري للهطول، يمكن تمثيل حالات المناخ المطيرة والجافة بنفس الطريقة؛ وبالتالي يمكن - أيضاً- رصد الفترات المطيرة باستخدام المؤشر المعياري للهطول. لقد استخدم (1993) *McKee et al.* نظام التصنيف الموضح في الجدول (1) في تحديد مدى شدة الجفاف الناتجة عن المؤشر المعياري للهطول. كما حددت المعايير الخاصة بأي ظاهرة جفاف على أي من النطاقات الزمنية. تحدث ظاهرة الجفاف حينما يكون المؤشر المعياري للهطول سلبياً بصفة مستمرة، وتصل شدته إلى 1 أو أقل. وتنتهي الظاهرة حين يصبح المؤشر إيجابياً. لذلك فإن لكل ظاهرة جفاف مدة، تحدها بدايته ونهايته ومدى شدته في كل فترة زمنية يستمر فيها الجفاف. وبالتالي فإن الفرق بين قيمة المطر ومعدل المطر السنوي يمثل العجز المطري (Precipitation deficit) وذلك على النحو الموضح في الشكل (2). هذا وتعرف فترة الجفاف المتعاقبة ضمن السلسلة الزمنية للأمطار بأنها استدامة الجفاف (Drought duration)، بينما تعرف كمية العجز المطري خلال تلك الفترة على أنها كمية الجفاف الكلي (Drought magnitude) ويتم حسابها باستخدام العلاقة التالية:

$$M_j = \sum_{i=1}^m |\bar{x} - x_i| \quad (3)$$

جدول 1. تصنيف المؤشر المعياري للهطول (SPI).

التصنيف	قيم SPI	التصنيف	قيم SPI
جفاف معتدل	من 0.0 إلى - 0.99	متطرف الرطوبة	$2 \leq$
جفاف متوسط	من -1 إلى - 1.49	شديد الرطوبة	من 2 إلى 11.99
شديد الجفاف	من -1.5 إلى - 1.99	متوسط الرطوبة	من 1 إلى 1.49
متطرف الجفاف	$2 \geq$	معتدل الرطوبة	من 0.0 إلى 0.99

β = معامل المقياس للتوزيع ولها قيمة أكبر من الواحد
يتم استخدام العلاقات الآتية في تقدير قيم كل من β
و α .

$$(7) \quad \alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

$$(8) \quad \beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

تصبح دالة جاما بتعويض قيم β و α :

$$(9) \quad A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

n = عدد الأحداث المطرية في السجل المطري

$$(10) \quad G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \tau(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

$$(11) \quad G(x) = \frac{1}{\tau(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt$$

$$(12) \quad H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

$$(13) \quad q = \frac{m}{n}$$

$G(x)$ = دالة توزيع جاما التراكمية لكمية المطر الملاحظة
لشهر معين ولمقياس زمني محدد.
 m = عدد بيانات المطر الصفرية في سلسلة البيانات.

النموذج الرياضي للمؤشر المعياري للهطول:

يقوم مبدأ التحليل بواسطة المؤشر المعياري للهطول
إحصائياً على مبدأ تحويل توزيع جاما لسلسلة البيانات
إلى التوزيع الطبيعي؛ لذلك تكون قيمة المتوسط لبيانات
مؤشر المطر المعياري تساوي صفر، بينما تعني القيم
الموجبة للمؤشر المعياري للهطول وجود زيادة في الأمطار
عن المعدل العام للأمطار؛ أي: سنوات رطبة. أما القيم
السالبة للمؤشر المعياري للهطول فتعني وجود نقص في
الأمطار بالنسبة إلى المعدل العام للأمطار؛ أي: سنوات
جافة. ولحساب قيمة المؤشر المعياري للهطول يتم
حساب توزيع جاما لسلسلة بيانات الأمطار لكل محطة
مطرية باستخدام دالة التوزيع الموضحة في المعادلات
التالية:

$$(5) \quad g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \tau(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

$$(6) \quad \tau(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

حيث:

$g(x)$ = دالة كثافة الاحتمال لتوزيع جاما.

$\tau(\alpha)$ = القيمة المأخوذة من الدالة الرياضية القياسية

والتي تعرف بدالة جاما

x = قيمة المطر التي يراد تقييم التوزيع عندها (مم).

α = معامل الشكل للتوزيع وله قيمة أكبر من الواحد.

$$(14) \quad Z = SPI = -\left(t - \frac{2.515517 + 0.802853 t + 0.010328 t^2}{1 + 1.432788 t + 0.189269 t^2 + 0.001308 t^3}\right)$$

$$(15) \quad Z = SPI = +\left(t - \frac{2.515517 + 0.802853 t + 0.010328 t^2}{1 + 1.432788 t + 0.189269 t^2 + 0.001308 t^3}\right)$$

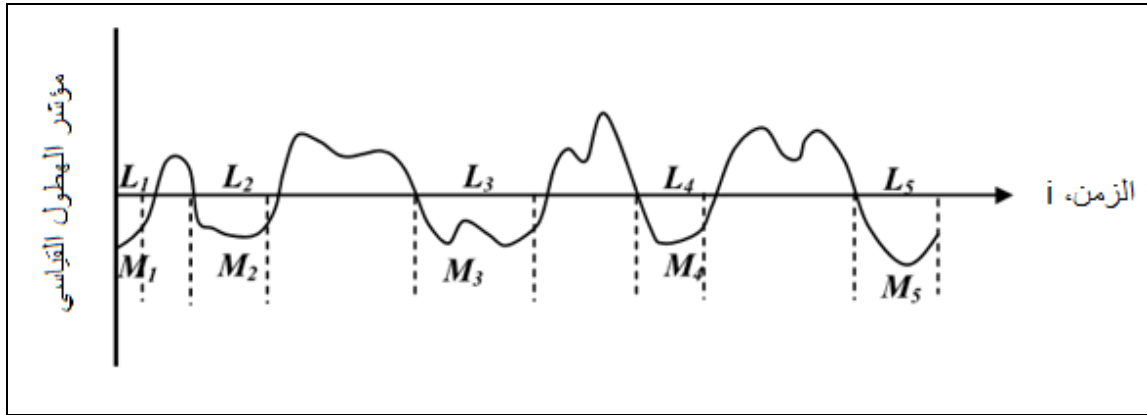
$$(17) \quad t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{1 - (H(x))^2}\right)}$$

$$(16) \quad t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)}$$

حيث $0 < (x) \leq 0.5$ و $0.5 < (x) < 1$

التراكمية لجاما مقابل مؤشر المطر المعياري SPI. لقد تم في هذه الدراسة الاعتماد على برنامج SPI-SL-6.exe والصادر عن المنظمة العالمية للمناخ (WMO، 2012) لحساب مؤشر المطر المعياري (SPI).

لتقدير مؤشر المطر المعياري لأي كمية مطرية يتم إسقاط كمية المطر السنوي على منحني الاحتمالية التراكمية لتوزيع جاما مقابل كمية المطر، ومن ثم نقل الاحتمالية التراكمية لجاما على منحني الاحتمالية



الشكل 2. فترات ومقدار الجفاف لسلسلة زمنية من الأمطار.

للأمطار في الاتجاه الجنوب الغربي. كما تتباين متوسطات الأمطار السنوية خلال سنوات الدراسة تبايناً واضحاً وذلك على النحو الذي يظهره الجدول (2). حيث تراوحت قيم المتوسط الحسابي للهطول بين 164 (مم) لمحطة العسة و 301 (مم) لمحطة قصر الأخيار. كما تراوحت قيم الوسيط بين 154 (مم) لمحطة العسة و 290 (مم) لمحطة قصر الأخيار. كما تراوحت قيمة الانحراف المعياري بين 70 (مم) لمحطة بئر الغنم و 115 (مم) لمحطة الزاوية.

النتائج والمناقشة

الخصائص الإحصائية والوصف العام للأمطار:

تم حساب الخصائص الإحصائية للهطول والتي اشتملت على المتوسط الحسابي، الوسيط، الانحراف المعياري ومعامل الاختلاف ومعامل الالتواء ومعامل التفرطح. ويوضح الجدول (2) تلك الخصائص. حيث تتعاطم قيم

الأمطار في الاتجاه الشمال الشرقي من منطقة الدراسة. وعلى نحو مخالف، تنخفض قيم المتوسطات السنوية

النتائج أن قيمة معامل التفرطح 0.06 لمحطة بئر الغنم والتي تقترب من الصفر تدل على أن بيانات الأمطار في هذه المحطة تتفرطح قيمها المرتفعة حول المتوسط الحسابي، وأن تكرار القيم المنخفضة للهطول أكبر من تكرار القيم المرتفعة له (Ihsan, 2003). إن الاختلاف في قيم كل من المتوسط الحسابي والانحراف المعياري يمكن ملاحظة تأثيره على قيم تذبذب الأمطار السنوية الممثلة في قيم معامل الإختلاف؛ حيث تذبذبت الأمطار السنوية في جميع أجزاء منطقة الدراسة ولكن بدرجات متفاوتة بين أغلب محطات الدراسة. حيث يلاحظ أن قيم معامل الاختلاف (CV) تتراوح ما بين 33.01% لمحطة قصر الأخيار و 46.5% في محطة العسة. ويلاحظ -أيضا- أن قيم معامل الاختلاف تزداد في المحطات الواقعة في الاتجاه الغربي من منطقة الدراسة.

يستخدم معامل الالتواء لمعرفة درجة تماثل توزيع الأمطار حول متوسطها الحسابي. كما إن عدم تساوي قيم كل من الوسط والوسيط لبيانات الأمطار يظهر أن توزيع قيم بيانات الأمطار غير متماثل. يلاحظ من خلال الجدول (2) أن قيم معامل الالتواء تتراوح بين 0.38 (محطة أبو كماش) و 1.11 (محطة العسة)، وهو ما يظهر أن الالتواء كان موجبا نحو اليمين لجميع محطات الدراسة، وأن الأمطار ذات القيم المتطرفة الارتفاع هي نادرة وهو ما يتفق وما أشار إليه (Ihsan, 2003). كما يؤكد على أن التوزيع السنوي الأكثر تمثيلا للأمطار في منطقة الدراسة لا يتبع التوزيع الطبيعي إنما هو توزيع غير متماثل والذي يمثل توزيع جاما والتوزيع الأسّي أحد أنواعه والأكثر تمثيلا لتوزيع الأمطار (Sen and Eljadid 1999). تظهر النتائج المتحصل عليها لقيم معامل التفرطح أنها تتراوح بين - 0.20 لمحطة مطار طرابلس و 1.05 لمحطة العسة. ومن الملاحظ من خلال

جدول 2. الخصائص الإحصائية للأمطار خلال السنوات بين 1962 و 1999.

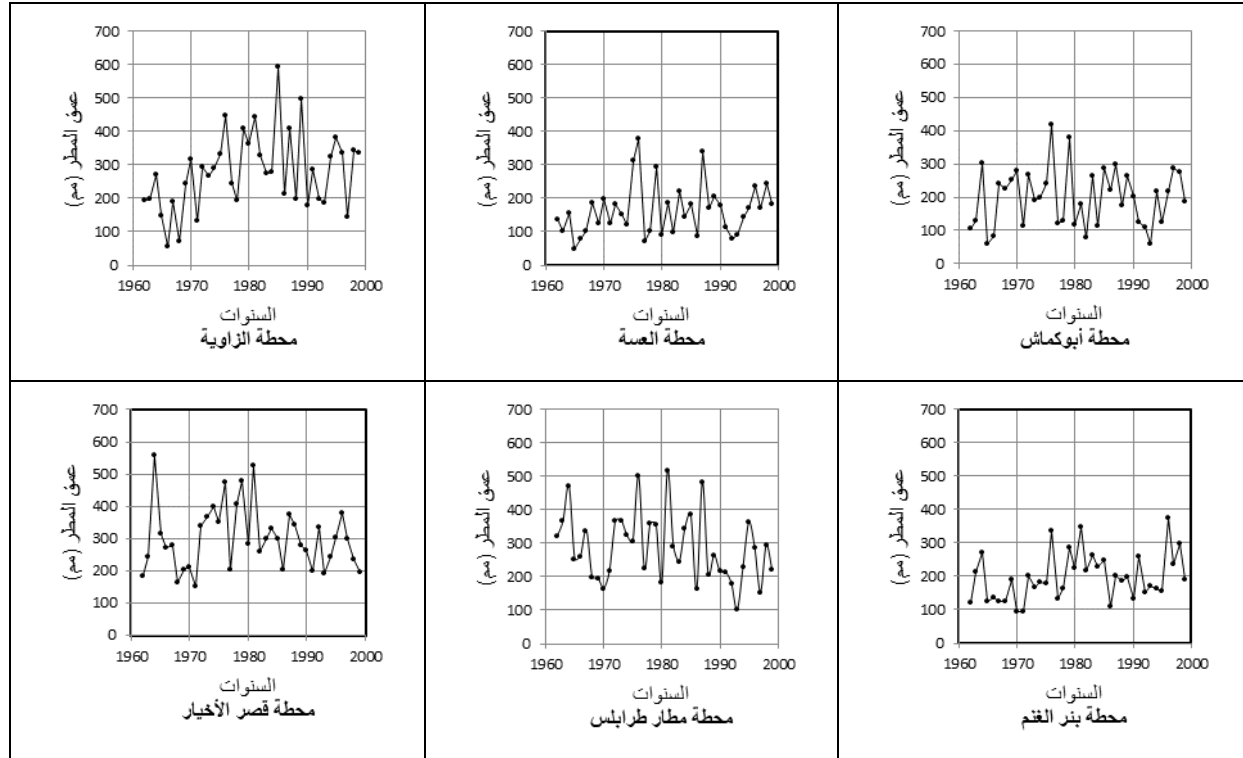
ر.م	المحطة	المتوسط (مم)	الوسيط (مم)	الانحراف المعياري (مم)	معامل الالتواء	معامل التفرطح	معامل الاختلاف (%)
1	أبو كماش	199	200	88	80.3	0.30-	44.14
2	العسة	164	154	76	11.1	1.05	046.5
3	الزاوية	280	278	115	50.4	0.39	41.24
4	بئر الغنم	197	187	70	50.7	0.06	35.68
5	مطار طرابلس	288	276	102	60.5	0.20-	35.40
6	قصر الأخيار	301	290	99	30.8	0.34	33.01

ومنها يلاحظ التباين المكاني في قيم تلك المتوسطات؛ حيث تتعاطم قيم الأمطار في الاتجاه الشمال الشرقي من

يظهر الشكل (3) قيم متوسط الأمطار السنوية في منطقة الدراسة وذلك للفترة الزمنية بين عامي 1962 و 1999،

فترة الدراسة 261 (مم)؛ أي: بزيادة قدرها 63 (مم) عن المعدل السنوي، وفي عام 1992 انخفضت كمية الأمطار إلى 150 (مم) بتناقص قدره 47 (مم) عن المعدل، وفي العام الذي يليه انخفضت كمية الأمطار إلى حوالي 173 (مم) بانخفاض بسيط عن المعدل السنوي قدره 24 (مم) ثم عادت وانخفضت في عام 1994 إلى حوالي 163 (مم) بتناقص عن المعدل السنوي قدره 35 (مم) وهو ما يوضح مدى التذبذب في كميات الأمطار. حظيت محطة قصر الأخيار بمعدلات تصل إلى حوالي ضعف المعدلات السنوية في محطة العسة. يتضح التذبذب الكبير في كميات الأمطار من عام لآخر، حيث كان المعدل السنوي للأمطار لمحطة قصر الأخيار 301 (مم). سجلت المحطة في عام 1990 سقوط كمية من الأمطار تقدر بحوالي 264 (مم)؛ أي: أقل من المعدل بحوالي 36 (مم)، ثم استمر الهبوط ليصل في عام 1991 إلى حوالي 200 (مم)؛ أي: أقل من المعدل بحوالي 100 (مم)، وفي عام 1992 سجلت المحطة 337 (مم)؛ أي: أقل من المعدل بحوالي 36 (مم)، وفي سنة 1964 سجلت المحطة أكبر كمية مطر على الإطلاق خلال فترة الدراسة حيث بلغت 559 (مم) بزيادة تقدر بحوالي 258 (مم)، أما أقل كمية مطر سجلتها المحطة خلال فترة الدراسة هي 153 (مم) في سنة 1971؛ أي: دون المعدل بحوالي 148 (مم). وفي محطة مطار طرابلس البالغ معدلها 290 (مم) سجلت المحطة في عام 1986 سقوط كمية من الأمطار تقدر بحوالي 467 (مم)؛ أي: بزيادة قدرها 177 (مم) عن المعدل، وفي عام 1987 انخفضت كمية الأمطار إلى حوالي 177 (مم) بتناقص قدره 113 (مم) عن المعدل السنوي، وفي العام الذي يليه زادت كمية الأمطار إلى حوالي 242 (مم) في عام 1988 وانخفضت عن المعدل بمقدار 48 (مم).

منطقة الدراسة. وعلى نحو مخالف فإن قيم المتوسط السنوي تنخفض في الاتجاه الجنوب الغربي. على النحو الذي يظهره الجدول (2). كما يتضح التذبذب الكبير في كميات الأمطار من عام إلى آخر، ففي محطة أبو كماش البالغ معدلها السنوي 199 (مم) بلغت كمية الأمطار عام 1989 حوالي 266 (مم)؛ أي: بزيادة قدرها 67 (مم) عن المعدل السنوي، وفي عام 1990 بلغت كمية الأمطار حوالي 201 (مم)، وفي عام 1976 سجلت المحطة أكبر كمية مطر على الإطلاق خلال فترة الدراسة؛ حيث بلغت 421 (مم) بزيادة تقدر بحوالي 222 (مم)، أما أدنى كمية مطر سجلتها المحطة خلال فترة الدراسة هي 59 (مم) في عام 1993؛ أي: دون المعدل السنوي بحوالي 140 (مم). وفي محطة العسة يصل المعدل السنوي للأمطار خلال فترة الدراسة إلى 163 (مم)، ويظهر التفاوت والتباين من عام إلى آخر بشكل كبير، فقد سجلت المحطة أعلى قيمة للهطول المطري 380 (مم) عام 1976؛ أي: بزيادة قدرها 276 (مم) عن المعدل. وفي عام 1977 سقطت كمية 72 (مم) من الأمطار وبنخفاض قدره 308 (مم) عن المعدل السنوي، أما أقل كمية للهطول 49 (مم) فلقد كانت في عام 1965 وبنخفاض مقداره 331 (مم) عن المعدل السنوي. وفي محطة الزاوية البالغ معدلها السنوي للأمطار 280 (مم)، فسجلت المحطة عام 1989 سقوط كمية من الأمطار تقدر بحوالي 498 (مم)؛ أي: بزيادة قدرها 218 (مم) عن المعدل السنوي. وفي عام 1990 انخفضت كمية الأمطار إلى حوالي 180 (مم) بانخفاض قدره 100 (مم) عن المعدل، وفي العام الذي يليه انخفضت كمية الأمطار إلى حوالي 200 (مم) بتناقص عن المعدل السنوي قدره 80 (مم)، ثم ارتفعت مرة أخرى عام 1995 إلى 383 (مم) وبزيادة قدرها 103 (مم) عن المعدل. وفي محطة بئر الغنم وصل المعدل السنوي للأمطار خلال



شكل 3. التوزيع السنوي للهطول للمحطات المختلفة.

290 (مم)، وذلك للمحطات أبو كماش، العسة، الزاوية، بنر الغنم، مطار طرابلس، قصر الأخيار، على التوالي. تم تحديد سنوات الجفاف بالاعتماد على المجموع السنوي للأمطار؛ حيث تباينت السنوات الجافة والرطبة وفقاً لمؤشر SPI وذلك على النحو الموضح في الشكل (5) والجدول (3). تشير النتائج لمحطة أبو كماش إلى أنها قد تعرضت لموجات من الجفاف خلال 16 سنة وبنسبة 42.1%؛ حيث كان هناك سنتين من الجفاف المتطرف، وذلك في عامي (1993,1965) وبقيم (-2، -2.06)، كما مرت المحطة بدرجة من الجفاف الشديد في عام 1982 بقيمة (-1.58)، وثلاث سنوات من الجفاف المتوسط، وذلك في السنوات (1962، 1966 و1992). أما بالنسبة للسنوات الرطبة، فكانت نسبتها 57.9% حيث شهدت المحطة ست من السنوات الرطبة، تراوحت بين شديدة الرطوبة ومتوسطة الرطوبة وبقيم (1.01,1.12,1.02,1.72,2.01,1.15) وذلك خلال

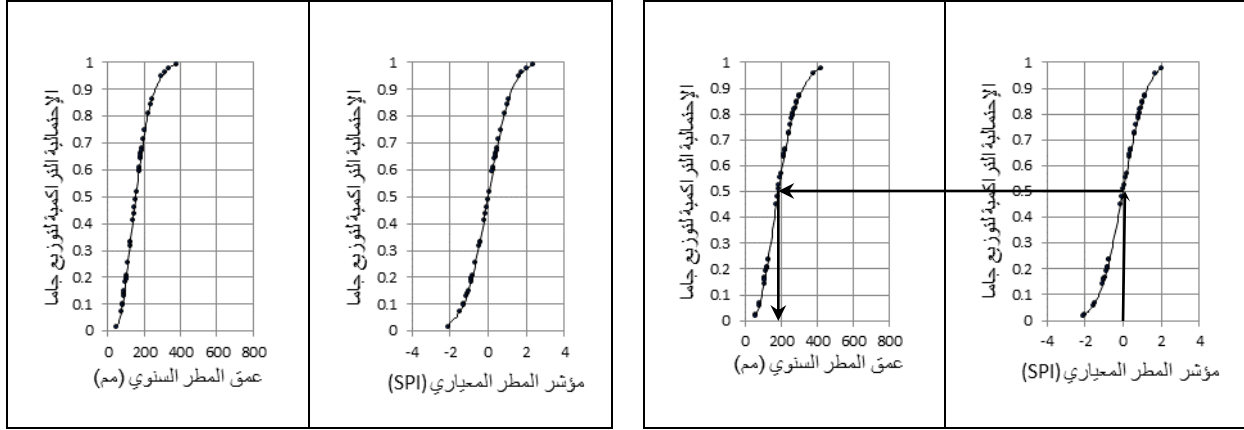
تحليل السنوات الرطبة والجافة:

يظهر الشكل (4) العلاقة بين الاحتمالية التراكمية لتوزيع جاما مع عمق المطر السنوي (مم) ومؤشر المطر المعياري (SPI) للمحطات المختلفة. لتقدير مؤشر المطر المعياري لأي كمية مطرية يتم إسقاط كمية المطر السنوي على منحنى الاحتمالية التراكمية لتوزيع جاما مقابل كمية المطر ومن ثم نقل الاحتمالية التراكمية لجاما على منحنى الاحتمالية التراكمية لجاما مقابل المؤشر المعياري للهطول SPI. إن قيمة المتوسط لبيانات مؤشر المطر المعياري تساوي صفراً، بينما تعني القيم الموجبة لمؤشر المطر المعياري وجود زيادة في الأمطار وهو ما يعني أن السنوات رطبة. بينما تعني القيم السالبة لمؤشر المطر المعياري وجود نقصان في الأمطار وهو ما يعني وجود سنوات جافة، وذلك على النحو الموضح في الجدول (3). وبالتالي فإن القيم المناظرة للمتوسط لبيانات مؤشر المطر المعياري تساوي 185، 153، 263، 190، 276 و

عدد سنوات الجفاف فيها (19) سنة، وبنسبة 50%. أما السنوات الرطبة فقد بلغت (19) سنة، وبنسبة 50%. ووفقاً لمؤشر الجفاف SPI فتشير النتائج الموضحة في الشكل (5) إلى أن المحطة تعرضت إلى الجفاف المتطرف في عامي (1965، 1993) والتي بلغت (-2.43، -2.43)، وظهرت سنة من الجفاف الشديد في عام 1997 بقيمة (-1.5)، كما شهدت المحطة أربع سنوات من الجفاف المتوسط (1970، 1980، 1986، 1992)، وقيم (-1.13، -1.33، -1.08، -1.37). أما السنوات ذات الرطوبة المتطرفة فكانت (1964، 1976، 1981، 1987) وقيم (1.65، 1.86، 1.96، 1.73)، على التوالي. وفي محطة قصر الأخيار، فقد بلغت السنوات الرطبة فيها (19) سنة، وبنسبة 50%، أما سنوات الجفاف فقد بلغت (19)، وبنسبة 50%، ويظهر ذلك بشكل واضح في الشكل (5) والجدول (3)؛ حيث تشير النتائج بأن هناك تكراراً لسنوات الجفاف، حيث سجلت المحطة درجات من الجفاف الشديد في عامي (1968، 1971)، وقيم (-1.63، -1.81)، كما كان هناك سبع سنوات من الجفاف المتوسط في المحطة أما سنوات الرطوبة فقد شهدت المنطقة عامين من الرطوبة المتطرفة وذلك في عامي (1964 و 1981) وقيمة (2.28 و 2.02) على التوالي. كما كان هناك أربع سنوات كانت فيها حالات الرطوبة الشديدة والمتوسط هي السائدة؛ حيث كانت قيم SPI (1.02، 1.65، 1.11 و 1.67)، وذلك للسنوات (1974، 1976، 1978 و 1979) على التوالي.

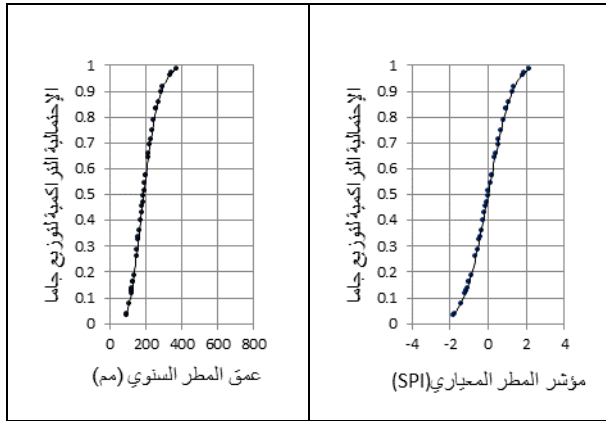
السنوات 1964، 1976، 1979، 1985، 1987 و 1997، على التوالي. أما بالنسبة لمحطة العسه فقد كانت نسبة السنوات الجافة 50%؛ حيث شهدت المحطة سنة واحدة من الجفاف المتطرف وذلك في عام 1965 وقيمة -2.12. وبالنسبة لسنوات الجفاف المتوسط فقد كانت قيمها (-1.28، -1.47، -1.07، -1.13، -1.29، -1.04)، وذلك خلال السنوات 1966، 1977، 1980، 1987، 1993 و 1994، على التوالي. كما شهدت المحطة سنتين من الرطوبة المتطرفة بقيمة (2.32 و 2.01) وذلك في عامي 1976 و 1987. سجلت محطة الزاوية 16 سنة من حالات الجفاف وبنسبة 42.1%؛ حيث مرت المحطة بحالة من الجفاف المتطرف في عامي (1966، 1968) حيث وصلت درجة الجفاف إلى (-2.78، -2.38)، كما ظهر الجفاف المتوسط في الأعوام (1962، 1965، 1971، 1997) وقيم (-1.2، -1.0، -1.15، -2.35)، على التوالي. كما شهدت المحطة في عام 1985 حدثاً متطرفاً للطول المطري بقيمة 2.09. أما بالنسبة لمحطة بئر الغنم فقد سجلت المحطة 20 سنة من حالات الجفاف وبنسبة 52.6%. ففي سنة (1970، 1971) تعرضت المحطة إلى موجة من الجفاف الشديد وصلت إلى (-1.81، -1.77)، كما مر على المحطة خمس سنوات من الجفاف المتوسط وذلك خلال السنوات (1962، 1965، 1967، 1968، 1986)، ودرجات (1.1-، 1.14-، 1.09-، 1.1-، 1.4-) على التوالي. كما شهدت المحطة سنة 1996 رطوبة متطرفة بقيمة 2.19. أما بالنسبة لمحطة مطار طرابلس فقد تعرضت المحطة إلى موجات جفاف خلال سنوات رصد البيانات والتي بلغ

تحليل الجفاف المناخي باستخدام

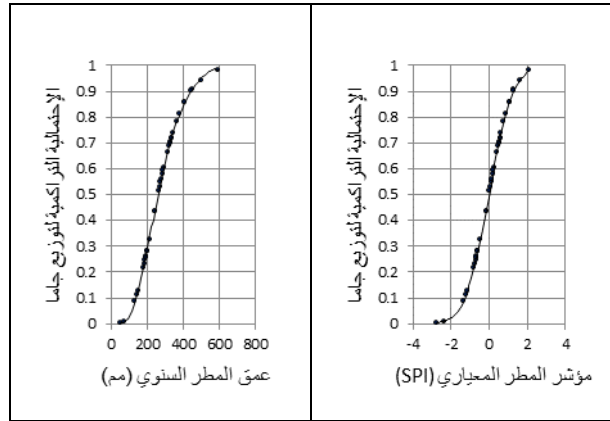


محطة العسة

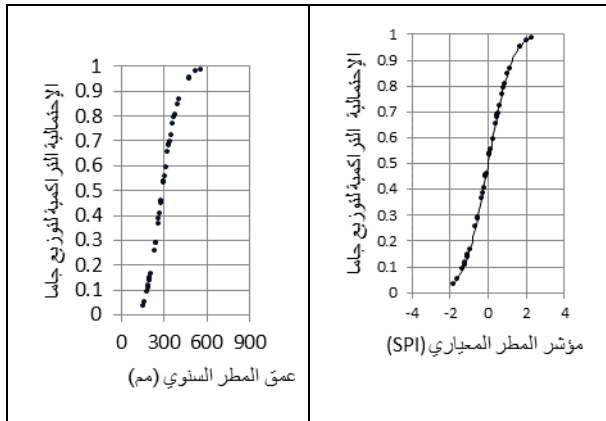
محطة أبوكماش



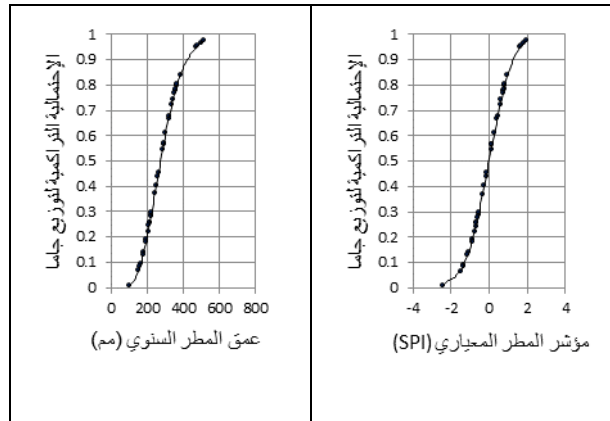
محطة بئر الغنم



محطة الزاوية

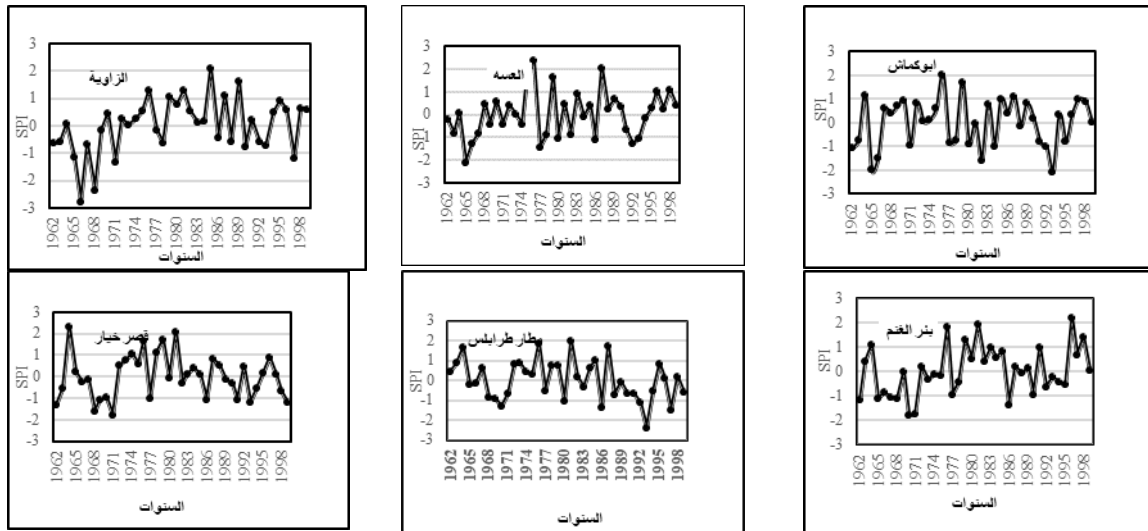


محطة قصر الأخيار



محطة مطار طرابلس

شكل 4. العلاقة بين الاحتمالية التراكمية لتوزيع جاما مع عمق المطر السنوي (مم) ومؤشر المطر المعياري (SPI) للمحطات المختلفة.



شكل 5. المؤشر المعياري للهطول السنوي للمحطات المطرية المختلفة.

جدول 3. التصنيف النسبي لقيم المؤشر المعياري للهطول السنوي لمحطات منطقة الدراسة.

المحطة	عدد السنوات	متطرف الرطوبة	شديد الرطوبة	متوسط الرطوبة	معتدل الرطوبة	جاف معتدل	جاف متوسط	شديد الجفاف	متطرف الجفاف	عدد السنوات الرطبة	عدد السنوات الجافة	نسبة السنوات الرطبة	نسبة السنوات الجافة
أبوكماش	38	1	1	4	16	10	3	1	2	22	16	57.9	42.1
العسة	38	2	2	2	13	12	6	0	1	19	19	50.0	50.0
الزاوية	38	1	1	4	16	13	1	0	2	22	16	57.9	42.1
بئر الغنم	38	1	2	3	12	13	5	2	0	18	20	47.4	52.6
مطار طرابلس	38	0	4	0	15	13	4	1	1	19	19	50.0	50.0
قصر الأخيار	38	2	2	2	13	10	7	2	0	19	19	50.0	50.0

بلغت أقصى فترة جفاف سبع سنوات متتالية في محطة مطار طرابلس، وذلك خلال الفترة بين عامي 1988 و 1994. أما أقل فترة جفاف فكانت سنة واحدة لجميع المحطات. أما بالنسبة لمقدار الجفاف التراكمي فبلغ أقصاها في محطة الزاوية؛ حيث بلغت قيمته 690.3 (مم)، وذلك خلال خمس سنوات بين عامي 1965 و

تحليل فترات الجفاف ومقداره التراكمي وشدته: أظهرت النتائج المتحصل عليها أن هناك تباينا في قيم بداية ونهاية وفترة الجفاف (سنة) ومقدار الجفاف التراكمي (مم) وشدة الجفاف (مم/سنة) بين المحطات المختلفة وذلك على النحو الموضح في الجدول (4). فلقد

(مم/سنة) والتي حدثت في عام 1986. أما أقصى شدة جفاف في منطقة بئر الغنم بقيمة 76.1 (مم/سنة) وذلك في عام 1962.

1969. إن أقصى قيمة لشدة الجفاف في محطة أبو كماش كانت 126.6 (مم/سنة) وذلك في عام 1965 و 1966. أما في العسة فلقد بلغت أقصى قيمة لشدة الجفاف 86.8 (مم/سنة) وذلك خلال ثلاث سنوات متتالية وهي 1965 و 1966 و 1967. أما في الزاوية فقد كانت أقصى قيمة لشدة الجفاف 146.5 (مم/سنة) وذلك في عام 1971. وفي مطار طرابلس كانت أقصى شدة جفاف في عام 1997 والتي بلغت 134.5 (مم/سنة). وفي قصر الأخيار كانت أقصى شدة جفاف فيها 98.5

جدول 4. فترة الجفاف (سنة) ومقدار الجفاف التراكمي (مم) وشدة الجفاف (مم/سنة) للمحطات المختلفة.

المحطة	فترة الجفاف (سنة)			مقدار الجفاف التراكمي (مم)			شدة الجفاف (مم/سنة)		
	العظمى	الصغرى	المعدل	العظمى	الصغرى	المعدل	العظمى	الصغرى	المعدل
مطار طرابلس	7	1	2.1	607.1	43.3	175.9	134.5	31.2	83.3
قصر الأخيار	6	1	2.1	487.1	19.7	159.3	98.5	19.7	72.6
بئر الغنم	7	1	3.7	491.8	63.0	174.9	76.1	21.0	48.1
الزاوية	5	1	1.9	690.3	66.8	192.3	146.5	62.1	98.5
العسة	4	1	1.9	260.3	17.4	99.2	86.8	17.4	49.8
أبو كماش	3	1	1.9	368.4	24.7	175.3	126.6	24.7	86.3

الاستنتاجات

ما خرجت به الدراسة من نتائج فإنها توصي بزيادة عدد محطات الرصد لتغطي كافة منطقة الدراسة للحصول على بيانات صحيحة والعمل على إيجاد شبكة ربط بين المحطات ومركز الإحصاء الجوي وتوثيق البيانات والمعلومات المطرية والمناخية وعمل قاعدة بيانات لجميع البيانات والمعلومات المتعلقة بالأمطار. كما تؤكد الدراسة على استخدام مؤشر الأمطار القياسي لرصد الجفاف والإنذار المبكر له والعمل على نشر المعرفة والوعي بمشاكل الجفاف لما له من آثار سلبية على النظام البيئي، وعلى الاستفادة من مياه الأمطار بالعمل على إقامة الصهاريج وإنشاء السدود التعويقية وتطبيق نظم الحصاد المائي والاستفادة منها في الري التكميلي.

بالنظر إلى الخصائص الإحصائية للهبطول في محطات الدراسة طيلة الفترة الممتدة بين عامي 1962 و 1999 فإن الأمطار أظهرت تباينا مكانيا؛ حيث ارتفعت قيم معدلات الأمطار في المحطات الواقعة في شرق منطقة الدراسة مقارنة بتلك الواقعة غربها. كما إن تكرار القيم المنخفضة من الأمطار كان أقل من تلك المرتفعة لجميع المحطات، الأمر الذي يؤكد على عدم تماثل بيانات الأمطار حول متوسطاتها ويدل على أن توزيع تلك البيانات لا يتبع التوزيع الطبيعي. سادت في المنطقة حالات الجفاف المعتدل والرطوبة المعتدلة، في حين تباينت قيم فترات الجفاف وقيم التراكمية وشده بين المحطات المختلفة. وعلى ضوء

المراجع

- Ihsan, C. 2003. The statistical analysis of precipitation in Ankara, Turkey. Firat University Journal of Social Science. 13:1, 1-20.
- Li, J. and Heap, A.D. 2008. A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. Geosciences Australia, Record 2008/23, 137 p.
- Linsley, R. K.; Kohler, M. A. and Paulhus, J. L. H. 1982. Hydrology for Engineers. McGraw- Hill, New York. pp 508.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J.1993. The relationship of drought frequency and duration times scales. American Meteorological Society. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 Janvier, Anaheim, 179-184.
- McMahon, T. A. and Arenas, A.D. 1982. Methods of computation of low streamflow. Paris, UNESCO Studies and reports in hydrology 36, 107 pp.
- Mishra, A.K. and Singh, V.P. 2010. A review of drought concepts. Journal of Hydrology, (391): 202-216.
- Palmer, W. C. 1965. Meteorological drought. Research Paper No. 45. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce Weather Bureau.
- Sen, Z. and Eljadid. A. G. 1999. Rainfall distribution function for Libya and rainfall prediction, Hydrological Sciences Journal, 44:5, 665-680.
- بن محمود، خالد رمضان. 1995. الترب الليبية تكوينها- تصنيفها- خواصها- امكانياتها الزراعية. منشورات الهيئة القومية للبحث العلمي. طرابلس - ليبيا، 615 صفحة.
- ليلى الفيتوري ميلود. 2008. تحديد الاحتياجات المائية لبعض المحاصيل الزراعية في ليبيا. رسالة ماجستير. قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، ليبيا.
- Beran, M. A. and Rodier, J. A. 1985. Hydrological aspects of drought. UNESCO-WMO Studies and Reports in Hydrology 39: 149.
- Downer, R. N; Siddiqui, M. M. and Yevjevich, V. 1967. Applications of the runs to hydrologic drought. In: Proc. International Hydrology Symposium, Colorado State University, Fort Collins. p 496-505.
- Edwards, D. C. and McKee, T. B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report Number 97-2. Fort Collins, Colorado:
- Gibbs, W. J. 1975. Drought-its definition, delineation, and effects. pp. 3-39. In Drought: Lectures presented at the 26th session of the WMO Executive Committee. Special Environmental Report No.5. WMO, Geneva.
- Heathcote, R. L. 1974. Drought in South Australia. In: G. F. White (ed) Natural Hazards: Local, National, Global. Oxford, New York. pp 129.

تحليل الجفاف المناخي باستخدام.....

rangeland and forestry: an overview. Published by Springer Berlin Heidelberg New York.

WMO. int. 2012. Standardized Precipitation Index. User Guide. [online] Available.

Sivakumar. M. 2005. Natural disasters and extreme events in agriculture, chapter 1of the book titled: Impacts of natural disasters in agriculture,



Analysis of Meteorological Drought Using Standard Precipitation Index for Some regions in Jafara Plain, Libya During 1962-1999

Ahmed Ibrahim Ekhmaj¹ and Abeer Mustafa Mohamed El-miludi²

¹Soil and Water Department, Agriculture Faculty, University of Tripoli

²Education Ministry, Tripoli, Libya

Abstract

Meteorological drought based on the Standard Precipitation Index (SPI) was estimated for some regions in the Jafara plain, North west Libya. The study considered the annual rainfall during the years 1962 to 1999 for the meteorological stations of Abukmash, Aassah, Zawia, Bir Al-Ghanam, Tripoli Airport and Gaser Al-Akhaiar, which are spread over different geographic features. The amount of the missing precipitation data was estimated using the inverse distance weighting (IDW) method. The statistical characteristics of precipitation as arithmetic mean, median, standard deviation, skewness, kurtosis and coefficient of variation were determined. The drought and humid years, drought duration, drought accumulated magnitude and drought intensity were also estimated. The results showed high rainfall in the stations which are located in the east compared with the west ones. According to kurtosis coefficient, the frequency of low precipitation values was found to be bigger than the frequency of extreme values. The annual rainfall fluctuated in varying degrees throughout the study area. It was noted that the values of the coefficient of variation (CV) ranged between 33.01% for Gaser Al-Akhiar station and 46.5% for Asah station. The results revealed that cases of moderate drought and moderate humidity were predominant compared to extreme and severe drought. The maximum drought duration was seven consecutive years between 1988 and 1994 in Tripoli airport station. The cumulative drought magnitude reached its maximum with 690 mm in Zawia station during the five years between 1965 and 1969. Zawia station had a maximum value of drought intensity with 147mm / year in 1971.

Keywords: Drought, Gamma distribution, Standard Precipitation Index, Jafara plain