

تحليل الجفاف في شمال ليبيا باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI

(Reconnaissance Drought Index)

د. أبوبكر عبدالله الحبتي

محاضر بقسم الجغرافيا كلية الآداب مسلاتة- جامعة المرقب

Email: bakrhabati@yahoo.com

هاتف: 092-606 3574 / 091-363 5186

المخلص

يعد الجفاف ظاهرة متكررة قد تؤثر على عدة قطاعات من الحياة والبيئة ، والتي يمكن ربطها مباشرة بمشاكل نقص المياه ، وعلى هذا الأساس يمكن اعتبار ليبيا من الدول التي تعاني من ظاهرة الجفاف المتكرر ، لذلك فإن المساهمة في فهم ظروف الجفاف في بلادنا ستكون خطوة نحو التخفيف من آثاره وحدته. وتركز الدراسة الحالية على مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI في 8 محطات للأرصاد الجوية بشمال ليبيا(زواره، مطار طرابلس، نالوت، مصراته، سرت، إجدابيا ، بنينة، درنة) خلال الفترة 1960-2010م، وعن طريق استخدام برنامج DrinC تم حساب التبخر. نتج الممكن باستخدام طريقة Hargreaves وكذلك RDI. وكانت خرائط الجفاف باستخدام ArcGis10.3 باستخدام طريقة IDW لسنة (1971-1972) التي يتضح فيها تزايد الجفاف من غرب البلاد إلى شرقها ، وكذلك خريطة لسنة (2009-2010) وهي أسوأ سنوات الجفاف خلال فترة الدراسة ، كما أظهرت نتائج α_{12} أن سنة (1970-1971) هي بداية الجفاف الملحوظ في كامل محطات الدراسة، حيث إن مقياس α_{12} يحسب الأمطار و التبخر - نتج الممكن (P/PET) ، وبذلك يكون ازدياد التبخر - نتج الممكن مرده إلى زيادة الحرارة الملحوظة حول العالم ، ومنها في كامل محطات الدراسة ، ومن هذا المنطلق يمكن اعتبار أن أسلوب α_{12} يكشف عن عدم استقرار المناخ بالمنطقة من حيث الحرارة أو الأمطار .

الكلمات الدالة : الجفاف ، ليبيا ، RDI ، DrinC .

المقدمة:

الجفاف هو أحد أهم المخاطر الطبيعية في العديد من دول العالم، وكثيراً ما يؤثر على عدد كبير من المجتمعات، مما يتسبب في خسائر اقتصادية وبيئية هائلة وكذلك مشاق اجتماعية. ويرتبط الجفاف بانعدام أو نقص توفر موارد المياه لفترة زمنية طويلة، كما أنه يمكن أن يمتد إلى مساحة جغرافية واسعة تضم البلدان أو القارات. وعلى الرغم من أن الجفاف يؤثر على جميع المناطق الجغرافية إلا أن آثاره أكثر حدة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث توجد بالفعل تقلبات طبيعية شديدة في نمط سقوط الأمطار (Thomas.T.etal,2016,p24) وهذا ما يتمثل في ليبيا، ويرتبط ما يقرب من 85% من الكوارث الطبيعية بالأحداث الجوية المتطرفة بالجفاف الذي يسبب معظم الأضرار (Asadi Zarch M.A et al,2015,p2).

لقد أصبحت دراسة الجفاف الإقليمي واحدة من البحوث الحيوية حول العالم، وبذلك يصبح من المهم دراسة مميزات توزيع الجفاف في الزمان والمكان في المنطقة، وغالباً ما يكون الجفاف ممثلاً في متغيرات الجفاف، والتي تشمل شدة الجفاف وتكرار الجفاف والمدة الزمنية (Cai.w etal, 2015, p2). وتُظهر العديد من الدراسات الحديثة أن هناك تغيراً في المناخ الحالي، لذا فإن آثار تغير المناخ على مدى فترة طويلة من المرجح أن تؤثر على موارد المياه والزراعة والمجتمع. وعلى الرغم من أن أسباب التغير المناخي ليست واضحة تماماً، وفقاً لتقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، فإن من الواضح أن هناك احتراراً في نظام المناخ العالمي خلال العقود القليلة الماضية، أيضاً على مدى القرن الماضي ارتفع هطول الأمطار في أجزاء من القارات وانخفض في مناطق أخرى. ومن هنا يتضح أن هطول الأمطار ودرجة الحرارة يمكن أن تكون العوامل الرئيسية لتمييز مناخ المنطقة ولتشير إلى تغير المناخ، ولكن هذين العاملين يظهران اتجاهات متباينة في مناطق مختلفة من العالم ومنذ أن أصبح (التبخّر - نتح الممكن) يشارك مباشرة في دراسات توازن المياه، بل هو أكثر من ذلك، هو متغير ممثل لاستبدال درجة الحرارة في دراسات إدارة الموارد المائية تحت تغير المناخ (Tigkas.D et al, 2013, p17)

هناك عدد كبير من مؤشرات الجفاف في جميع أنحاء العالم لأغراض مختلفة لا يسع المجال لذكرها جميعها، ويمكن الإشارة إلى مؤشر الأمطار القياسي SPI الذي استخدم على نطاق واسع والذي يتطلب بيانات الأمطار فقط، والميزة الرئيسية لـ SPI هي البساطة في حين أن العيب الرئيسي هو استخدام معلمة واحدة فقط من الأرصاد الجوية لوصف العجز المائي. ومؤخراً ظهر مؤشر جديد وهو مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI يستند هذا المؤشر على هطول الأمطار (P) والتبخّر - نتح الممكن (PET)، ويعد موثقاً به، لأنه يحسب مجموع الفرق بين سقوط الأمطار والتبخّر، كما أنه مؤشر مثالي لدراسة آثار عدم

استقرار ظروف المناخ (Asadi.A et al, 2013, p2409). وفي هذه الدراسة يتم تقييم الجفاف باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI لمنطقة شمال ليبيا حيث تعد الدراسة الأولى من نوعها.

أهداف الدراسة:

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو حساب السنوات الجافة لتوضيح السنوات الأكثر جفافاً بشمال ليبيا باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI عبر برنامج DrinC، وكذلك تقدير شدة الجفاف باستخدام RDI-12 (سنوي) في 8 محطات أرصاد جوية، إضافة إلى الوقوف على التباين المكاني والزمني للجفاف للفترة (1960-2010). كما أن استخدام α_{12} يكشف عن استقرار المناخ من عدمه في الساحل الليبي.

أهمية الدراسة:

يمكن استخدام فهم التغير المكاني والزمني للجفاف بما في ذلك خصائص الجفاف الأخرى ووضع خطة فعالة لإدارة الجفاف للمناطق المتضررة من الجفاف بشمال ليبيا، إن أحداث الجفاف يمكن أن تسبب أضراراً بالغة بالزراعة، وعلى وجه الخصوص الزراعة البعلية، وخاصة في المناطق شبه القاحلة مثل ليبيا، كما تكمن أيضاً أهمية خصائص الجفاف في ربط علاقة السنوات الجافة والرطوبة بمنسوب المياه الجوفية السطحية. ومن الأهمية بمكان تقييم آثار الجفاف في مرحلة مبكرة من أجل أن تكون قادرين على اتخاذ التدابير في الوقت المناسب لتخفيف الخسائر المتوقعة ودعم المزارعين وتعزيز الأمن الغذائي.

حدود منطقة الدراسة:

لقد تم تحديد موقع الدراسة ليشمل فقط شمال ليبيا نظراً لمحدودية هطول الأمطار بالقرب من الساحل الليبي واختلافها شبه الكامل عن باقي مساحة ليبيا إلا فيما ندر، وبذلك تقع منطقة الدراسة بين خطي طول 9° و 25° شرقاً ودائرتي عرض 30° و 33° شمالاً تقريباً.



شكل (1) شمال ليبيا ومواقع محطات الأرصاد google Earth

جدول (1) إحداثيات محطات الأرصاد الجوية بشمال ليبيا

التسلسل	المحطة	خط العرض	خط الطول	الارتفاع
1	زواردة	32 53	12 05	3
2	مطار طرابلس	32 40	13 09	81
3	نالوت	31 52	10 59	621
4	مصراة	32 19	15 03	32
5	سرت	31 12	16 35	13
6	إجدابيا	30 43	20 10	7
7	بنينة	32 05	20 16	129
8	درنة	32 47	22 35	26

طريقة البحث:

لقد تم الحصول على البيانات الشهرية للأمطار ودرجات الحرارة العظمى والصغرى لفترة 50 سنة تقريباً (1960-2010) من المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس لـ 8 محطات جميعها موزعة على الساحل أو قريبة منه كما في شكل (1)، وعن طريق استخدام برنامج (DrinC) Drought Indices Calculator) تم تقدير التبخر - نتح الممكن بطريقة هارغريفس (Hargreavrs) لمزيد من المعلومات (*)، وكذلك الجفاف ($\alpha_{12} RDI_{st}$) في كافة المحطات المدروسة بالطريقة الآتية:

1- التبخر - نتح الممكن (PET):

لقد اعتمد العديد من الباحثين طريقة بنمان-مونتيث (Penman-montieth) باعتبارها الطريقة القياسية والمتلى لتقدير التبخر - نتح الممكن ويعاب على هذه الطريقة لكثرة الطلب على البيانات مثل: الرطوبة النسبية، درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح، وهذه العناصر المناخية لا يمكن أن تتوفر جميعها بسهولة ولفترة زمنية طويلة -30 سنة مثلاً- في العديد من محطات الأرصاد الجوية في جميع أنحاء العالم- وبخاصة في البلدان النامية مثل ليبيا- لا يمكن قياس جميع العناصر المطلوبة، فعلى سبيل المثال يوجد في قارة أفريقيا لمثل هذه البيانات محطة لكل 3 ملايين هكتار، وحتى في البلدان الأكثر تقدماً، غالباً ما تكون البيانات المناخية محدودة، ففي ولاية تكساس هناك مثل هذه البيانات المناخية السابقة محطة لكل 40000 هكتار من الأراضي المروية (Zohrab samani, 2000, p2)، وأدى ذلك - قلة البيانات- إلى أن برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP (1992) تقدم اقتراح تطبيقيٍّ مماثلٍ يستند إلى نهج أكثر تبسيطاً لتقدير

- (*) انظر، ابوبكر عبدالله الحبتي، (2017)، تقدير التبخر - نتح الممكن واختلافه المكاني بمناطق متفرقة من ليبيا (باستخدام طريقة Hargreaves وبرنامج DrinC)، مجلة القلعة، العدد 7، جامعة المرقب.

التبخّر - نتح الممكن الذي اقترحه ثورنتوايت (Thorntwaite) 1948. الجدول (2) والمؤشر المقترح من جانب منظمة الأمم المتحدة للبيئة UNEP الذي تستخدمه أيضاً منظمة الأغذية والزراعة (FAO) وهو معروف على نطاق واسع باسم مؤشر الجفاف.

جدول (2) مؤشر الجفاف المقترح من UNEP (1992) و UNESCO (1979)

UNEP (1992) P/PET (Hargreavrs method)	UNESCO (1979) P/PET (Penman method)	المنطقة
0.05>	0.03>	Hyper-arid شديد الجفاف
0.20 - 0.05	0.03 - 0.20	Arid جاف
0.50 - 0.20	0.20 - 0.50	Semi-arid شبه جاف
0.65 - 0.50	0.50 - 0.75	Sub-humid شبه رطب
0.65<	0.75<	Humid رطب

لقد تم استخدام طريقة هارقريفيس (Hargreaves) التي تعتمد على الحرارة العظمى والصغرى فقط، بدلاً من طريقة ثورنتوايت في هذا البحث، حيث تعتبر أكثر موثوقية (Tigkas. D, 2008, p32) وقد كشفت الدراسات السابقة أن استخدام أساليب تقدير التبخر - نتح الممكن (PET) المختارة، ليس له تأثير كبير على نتائج RDI، وهذا يدعم أيضاً وجهة النظر القائلة بأن RDI هو مؤشر جفاف قوي، كما أنه لا يعتمد على أسلوب واحد لحساب التبخر - نتح الممكن مما يبسط عملية الحساب (Cai.W et al, 2015, p433).

2- مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI):

يمكن وصف مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) (Tsakiris and Vangelis, 2005;) (Tsakiris et al., 2007a) على أنه أحد مؤشرات الأرصاد الجوية العامة لتقييم الجفاف، كما يمكن التعبير عن هذا المقياس RDI بثلاث صيغ: القيمة الأولية α_k و RDI العادية Normalised (RDI_n) والقيمة المعيارية (RDI_{st}). سيتم في هذا البحث التركيز على RDI_{st} و α_{12} . يتم عرض القيمة الأولية α_k بصيغة أكبر باستعمال خطوة زمنية شهرية يمكن احتسابها على أساس شهري أو فصلي (3 أو 4 شهور، الخ) أو سنوي ويمكن حساب قيمة α_k السنوي i والقيمة الزمنية الشهرية k (شهور) والتي تم استخدامها (α_{12}). (Tigkas. D, 2013, p18)، (Tigkas. D, 2008, p30) كما يلي:

$$\alpha_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}}, \quad i=1 \text{ to } N$$

حيث P_{ij} و PET_{ij} هي الأمطار والبخر - نتح الممكن لأي شهر Z من سنة i ، بدءاً بشهر أكتوبر (السنة الهيدرولوجية) وهو الشهر الاعتيادي لدول البحر المتوسط لبداية سقوط الامطار و N هي عدد السنوات التي تتوفر بياناتها.

الصياغة الأولى لـ RDI_{st} (Taskiris and Vangelis, 2005) استعملت فرض أن قيم α_k تتبع التوزيع اللوغاريتمي العادي ويتم احتساب RDI_{st} كما يلي:

$$RDI_{st}^{(i)} = \frac{y^{(i)} - \bar{y}}{\hat{\sigma}_y}$$

حيث y_i هي اللوغاريثم الطبيعي $\alpha_k : \ln(\alpha_k)$ ، و \bar{y} هي المتوسط الحسابي و $\hat{\sigma}_y$ هي انحرافها المعياري. وتشير القيم الموجبة (+) لـ RDI_{st} إلى فترات رطوبة، في حين تشير القيم السالبة (-) إلى فترات الجفاف مقارنة مع الظروف الطبيعية للمنطقة. وتزداد حدة احداث الجفاف عندما قيمة RDI_{st} تصبح سالبة. كما هو في مؤشر SPi وحسب (Dimitris-Tigkas) تم تقسيم RDI إلى معتدل، حاد ومتطرف كما في جدول (3).

جدول (3) تصنيف مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI

قيم RDI	تصنيف الجفاف	
$2 < RDI$	Extremely wet	شديد الرطوبة جدا
(1.99) - (1.5)	Very wet	شديد الرطوبة
(1.49) - (1.0)	Moderately wet	متوسط الرطوبة
(0.99) - (-0.99)	Near normal	قريب من المعتدل
(-1.49) - (-1.0)	Moderate drought	جاف معتدل
(-1.99) - (-1.5)	Severe drought	شديد الجفاف
$2 < RDI$	Extreme drought	شديد الجفاف جدا

جفاف الأرصاد الجوية:

غالباً ما يتم تصنيف الجفاف إلى أربعة أنواع أساسية هي: الأرصاد الجوية أو المناخية، الزراعية، الهيدرولوجية، الاجتماعية والاقتصادية. وتعتبر تعريفات الأرصاد الجوية للجفاف هي الأكثر انتشاراً والتي بصدد التركيز عليها، حيث إن باقي أنواع الجفاف الأخرى لا مجال لعرضها أو دراستها في هذا البحث. وكثيراً ما تكون تعريفات جفاف الأرصاد الجوية خاصة بالمنطقة، كما في بعض تعريفات الجفاف التي وضعت لتطبيقها في مختلف بلدان العالم:

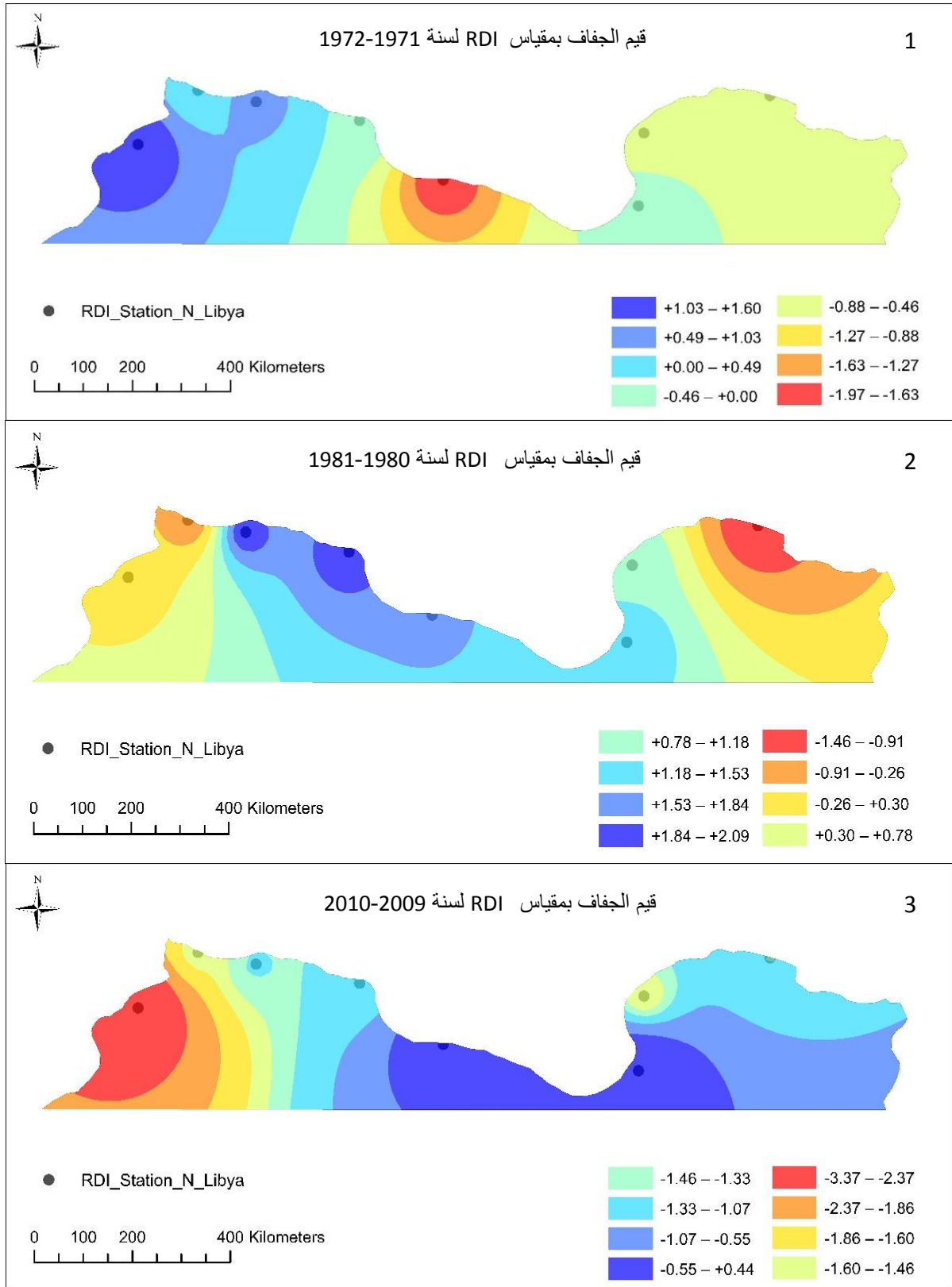
- أقل من 2.5 ملم من الأمطار في ثمان وأربعين ساعة (الولايات المتحدة 1942).
- خمسة عشر يوماً، لم يتلق أي منها ما يصل إلى 0.25 ملم (بريطانيا 1963).
- عندما يكون سقوط الأمطار السنوي أقل من 180 ملم (ليبيا 1964). (Wihite, D, A. and Glantz.M.H. 1985, p5).

في الماضي استخدم صناع القرار والعلماء مؤشراً واحداً لأن ذلك كان القياس الوحيد المتاح لهم، أما على مدى السنوات الـ20 الماضية أو نحو ذلك، كان هناك الاهتمام العالمي والنمو المتزايد في وضع مؤشرات جديدة تستند إلى مؤشرات مختلفة والتي هي مناسبة لمختلف التطبيقات والمقاييس سواء المكانية والزمانية (WMO, GWP, IDMP, 2016, p4) ويمكن للمؤشرات تبسيط العلاقات المعقدة وتوفير أدوات اتصال مفيدة للجماهير والمستخدمين، بما في ذلك عامة الناس، ومؤخراً ظهر مؤشر المطر القياسي SPi الشهير (1993) الذي يعرف بداية الجفاف عند ما يصبح $SPi - 1.0$ (بالسالب) أو أقل من ذلك، ويستمر الجفاف ما دامت القيم بالسالب، وينتهي الجفاف بعودة قيم SPi إلى الموجب (Mckee et al., 1993, pp179-184) كما ظهر حديثاً مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI (2005) والذي نحن بصدد تطبيقه في هذا البحث وله مميزات تختلف عن السابق في الكشف عن الجفاف والتغيرات المناخية (Tigkas. D et al., 2013, p1335).

تحليل التباين المكاني و الزماني للجفاف بمقياس RDI بمنطقة الدراسة:

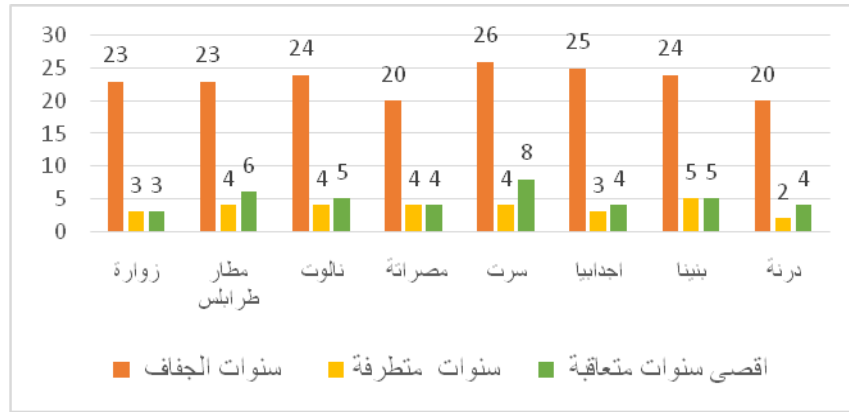
يستخدم مؤشر الجفاف RDI لوصف الجفاف وخصائصه الإحصائية، حيث تشير القيم الموجبة RDI إلى فترات رطبة، في حين تشير القيم السالبة إلى فترات الجفاف مقارنة بالظروف الطبيعية للمنطقة، كما أن شدة أحداث الجفاف تزداد عندما قيم RDI تتحصل على سالب للغاية، وشدة الجفاف يمكن تصنيفها إلى عدة فئات كما في جدول (3).

ومن بين نتائج الدراسة أن أعوام (1970-71)، (1976-77)، (1996-97)، (2000-01) تعرضت فيه جميع المناطق الخاضعة للدراسة للجفاف بمستويات مختلفة. وقد أظهرت النتائج أن سنوات متعددة يتضح فيها تدرج زيادة الجفاف من غرب البلاد إلى شرقها كما في خريطة (1) المتمثلة في سنة (1971-1972) حيث نجد أن قيم RDI في تناقص تدريجي بداية من زوارة (0.09) إلى مصراتة (-0.06) ثم درنة (-0.86) مع زيادة الجفاف في وسط البلاد بمنطقة سرت حيث سجلت أعلى قيمة للجفاف (-1.97). وفي سنة (1980-1981) فقد انتقل الجفاف إلى أقصى الشرق حيث سجلت أعلى درجة للجفاف في درنة بقيمة (-1.46) كما في خريطة (2). أما سنة (2009-2010) فقد انتقل الجفاف الشديد إلى الجهة الغربية من البلاد خريطة (3) حيث إن أغلب المحطات سجلت انخفاضاً شديداً في قيم RDI وقد كانت أعلى قيمة في الانخفاض بمحطة نالوت (-3.37) بتصنيف شديد الجفاف جداً كما تراوحت باقي المحطات بين تصنيف شديد الجفاف وجاف متوسط، ومن بين النتائج أيضاً أن عام (2009-2010) كان من أسوأ سنوات الجفاف التي مرت على ليبيا خلال فترة الدراسة.



خريطة (1)، (2)، (3) قيم الجفاف RDI لسنوات 1972-1971، 1981-1980، 2010-2009. اللون الأحمر أكثر جفافاً

أما بخصوص خصائص الجفاف كما في شكل (2) فقد كانت أقصى سنوات الجفاف المتعاقبة في محطة سرت 8 سنوات، وإدناها في زوارة 3 سنوات فقط . أما ما يخص عدد السنوات المتطرفة فقد سجلت محطة بنينا 5 سنوات متطرفة، حيث تعتبر الأعلى في منطقة الدراسة، وأدناها سنتين في محطة درنة، وأخيراً عدد سنوات الجفاف فقد سجلت أعلاها في سرت وإجدابيا 26، 25 سنة على التوالي، وأما أدناها فقد كان في مصراتة ودرنة 20 سنة.



شكل (2) خصائص الجفاف باستخدام مؤشر الجفاف RDI

كما يمكن الإشارة إلى سنوات الجفاف بشيء من التفصيل في كل محطة بداية من غرب ليبيا كما يلي:

1- محطة زوارة:

معظم سنوات الجفاف في محطة زوارة لا تصل إلى أقل من (-1.0)، عدا بعض السنوات مثل (1977-78)، (1981-82)، (1991-93) وتعتبر سنة (2000-01) من أكثر السنوات جفافاً في هذه المحطة، فقد وصلت قيمة الجفاف RDI إلى (-2.49) وغالباً ما يتكرر الجفاف في هذه المحطة بعد مرور سنة أو سنتين خلال فترة الدراسة.

2- محطة مطار طرابلس:

من خلال الشكل (3) يتضح أن سنوات الجفاف التي سجلت أرقاماً مؤثرة هي: (1969-70)، (1979-80)، (1992-93)، وقد سجلت أعلى قيمة للجفاف (-2.60) في سنة (2000-01)، ثم سنوات (2010-2008).

3- محطة نالوت:

يبدأ الجفاف تدريجياً في الازدياد نسبياً كما في شكل (3) مع بداية السنة المائية (1962-63) إلى (1970-1971) تقريباً، ثم سنة (1977-78)، (1992-93)، (1996-97)، (2004-05)، وأخيراً سنة (2009-10) والتي تعتبر من أكثر السنوات جفافاً حيث بلغ مقياس RDI (-3.39) بتصنيف شديد الجفاف جداً.

4- محطة مصراتة:

تتوزع سنوات الجفاف على كامل فترة الدراسة مع اختلاف درجات الجفاف، فقد كانت أكثر السنوات المائية جفافاً سنة (1969-70) فقد بلغ مؤشر الجفاف RDI (-2.82) بتصنيف شديد الجفاف جداً، ثم تلتها سنوات جافة أخرى (1970-71)، (1976-77)، (1992-94)، (2000-01)، (2004-05)، (2009-10) وقد اختلفت سنوات الجفاف عند مقارنة محطات غرب ليبيا بشرقها، فعلى سبيل المثال في محطة مصراتة كانت سنة (1980-1981) من أكثر السنوات أمطاراً في حين كانت في محطة درنة سنة جافة في نفس هذه السنة.

5- محطة سرت:

أظهرت نتائج RDI لمحطة سرت أن سنوات الجفاف بدأت من السنة المائية (1964-65) حتى (1971-72) ولمدة 8 سنوات متتالية، ثم سنة (1984-85)، (1993-94) كما سجلت سنة (2000-01) أكثر السنوات جفافاً، حيث بلغ مؤشر الجفاف (-2.25).

6- محطة إجدابيا:

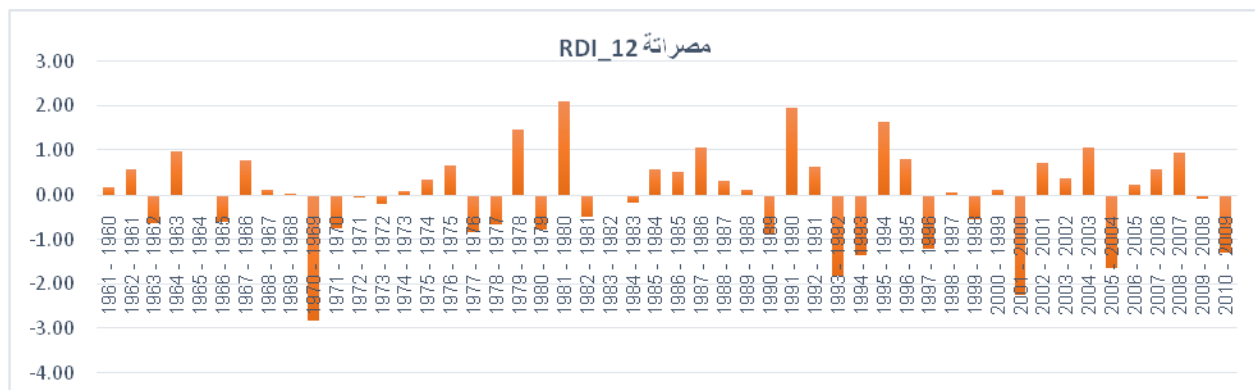
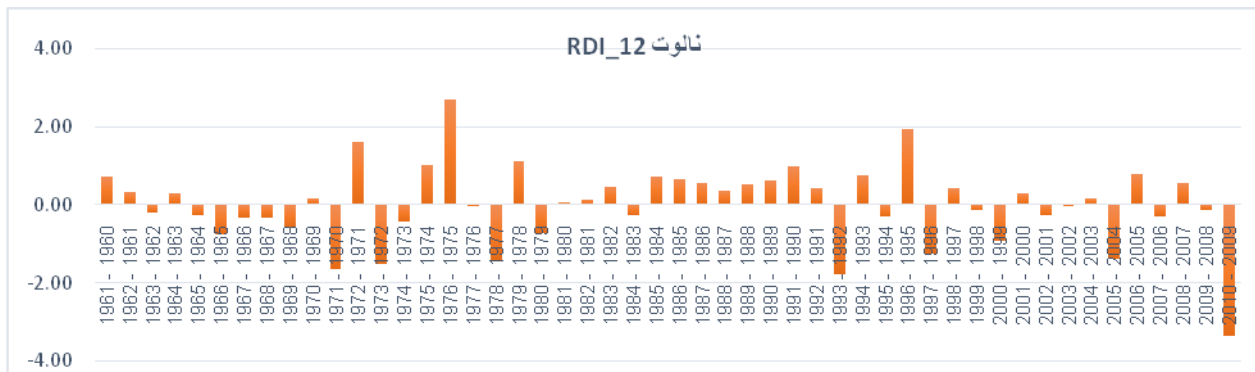
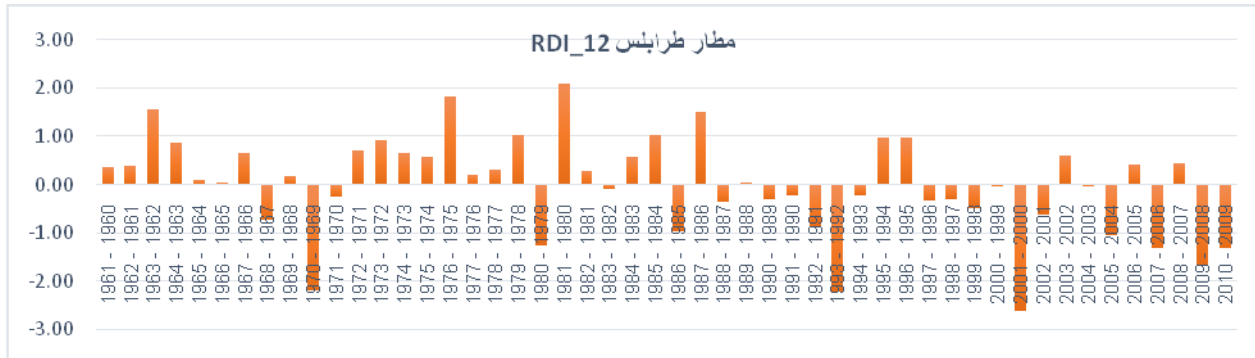
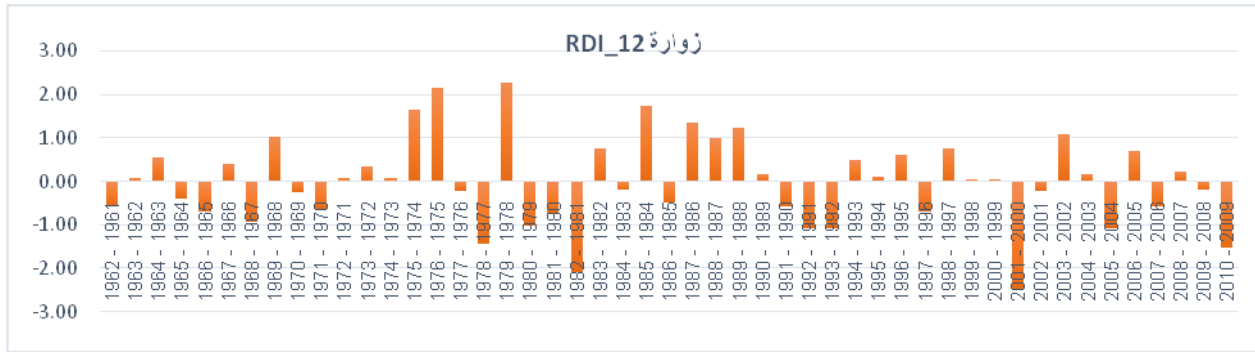
وقع الجفاف خلال السنوات الهيدرولوجية (1963-64)، (1967-68)، (1969-70)، (1972-73)، (1978-79)، (1989-90)، (2005-06)، (2007-08)، (2008-09)، وتعتبر السنة الهيدرولوجية (1978-1979) من أسوأ السنوات، حيث بلغ فيه مقياس RDI (-3.08) بتصنيف شديد الجفاف جداً.

7- محطة بنينة:

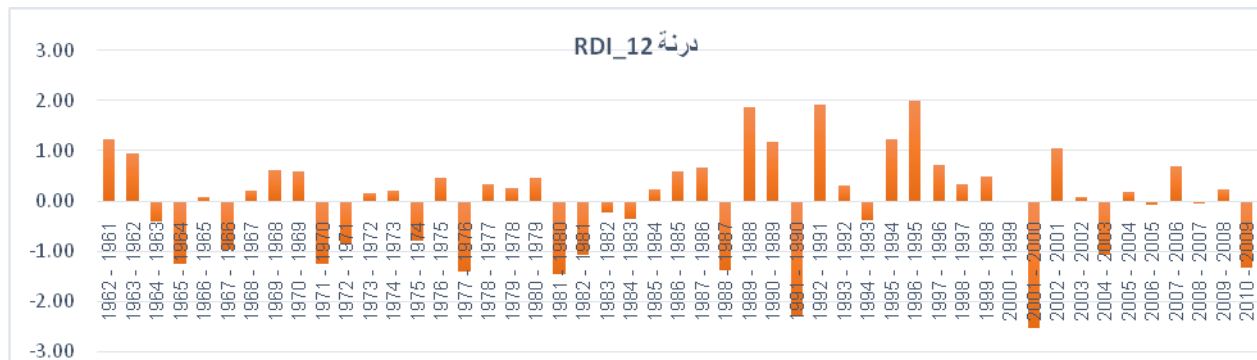
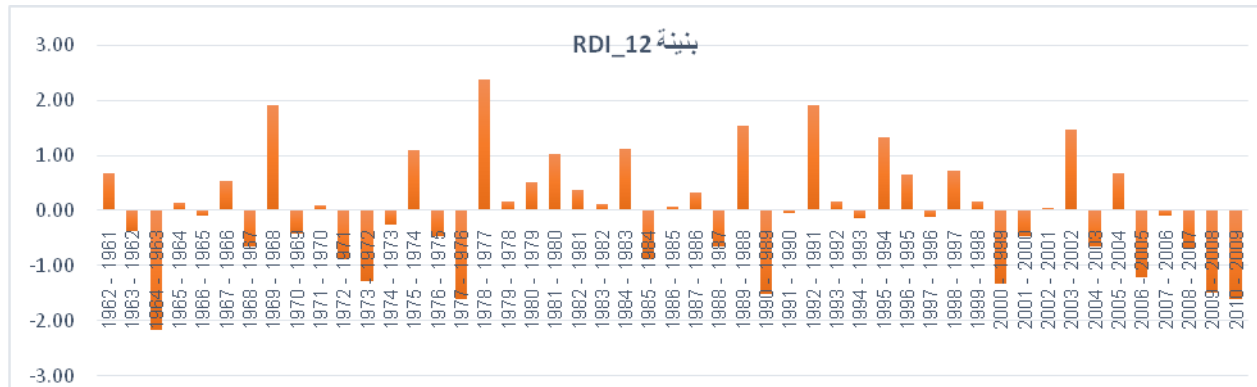
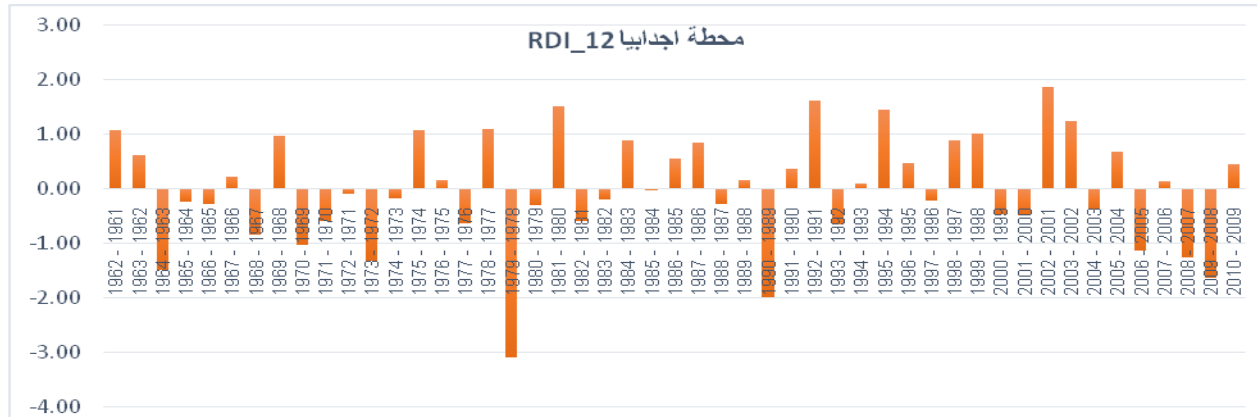
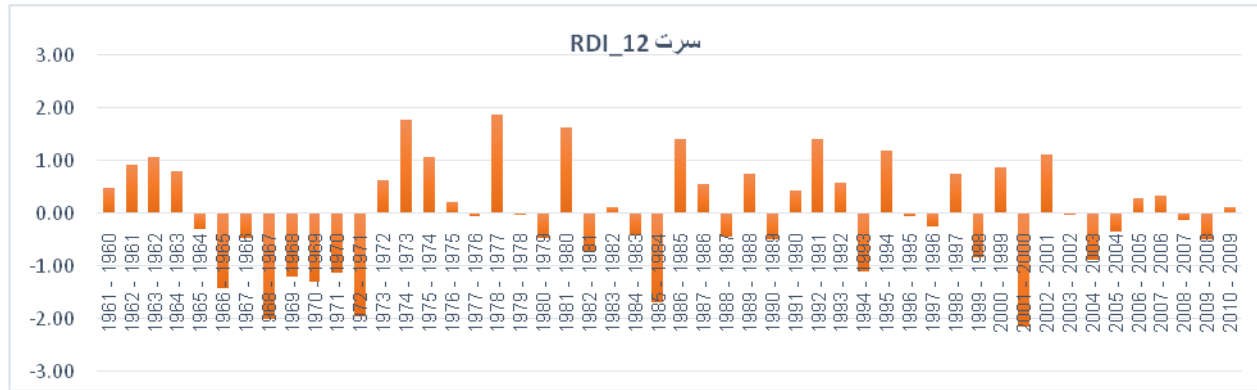
بالنظر إلى الشكل (3) تعتبر السنة المائية (1963-64) من أكثر السنوات جفافاً، فقد بلغت (-2.16) كما تكررت سنوات الجفاف بشكل أقل حدة في السنوات (1971-72)، (1972-73)، (1976-77)، (1989-90)، (2005-2010).

8- محطة درنة:

لقد كشف مقياس تحليل الجفاف RDI عن وجود سنوات جافة بهذه المحطة وهي: (1964-65)، (1966-67)، (1970-72)، (1974-75)، (1976-77)، (1980-84)، (1987-88)، (1990-91)، (2000-01)، (2003-04)، (2009-10).



شكل (3) ظروف الجفاف 1960-2010 (قيم) RDI



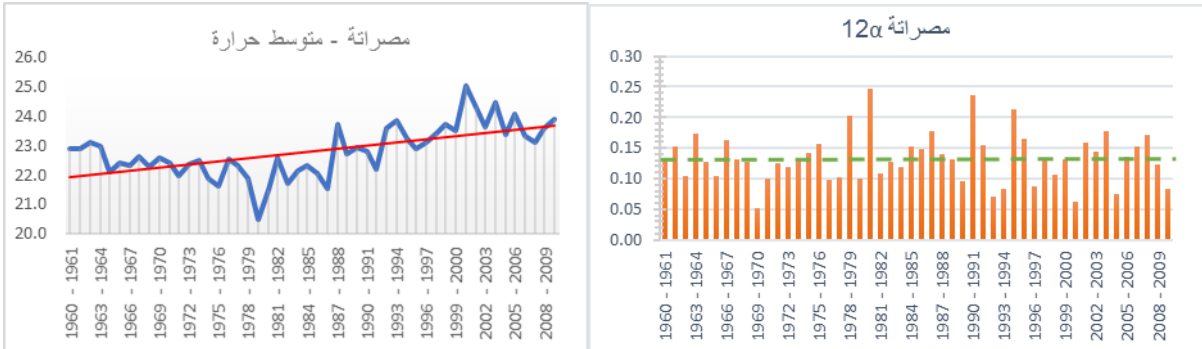
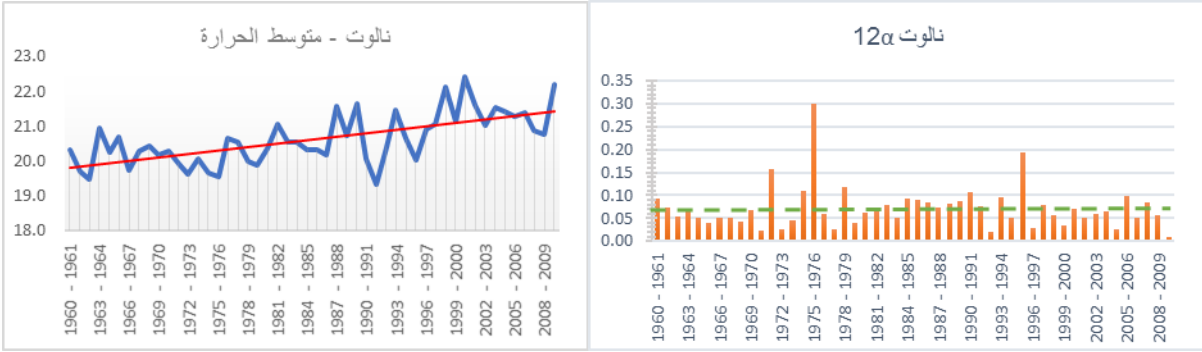
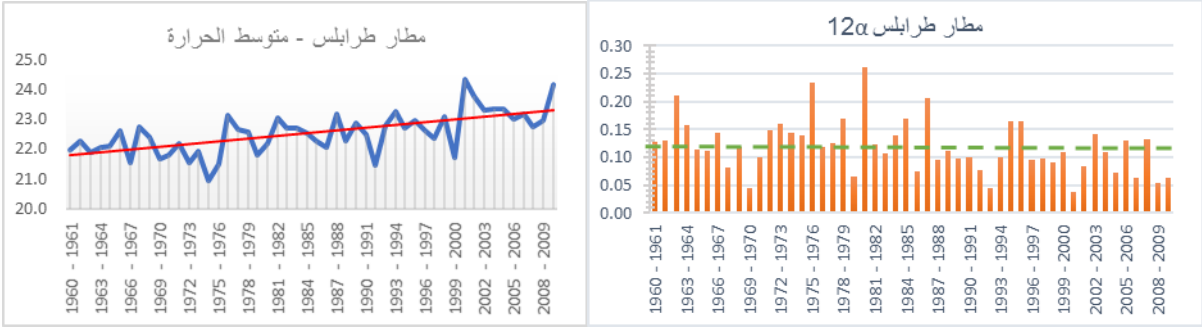
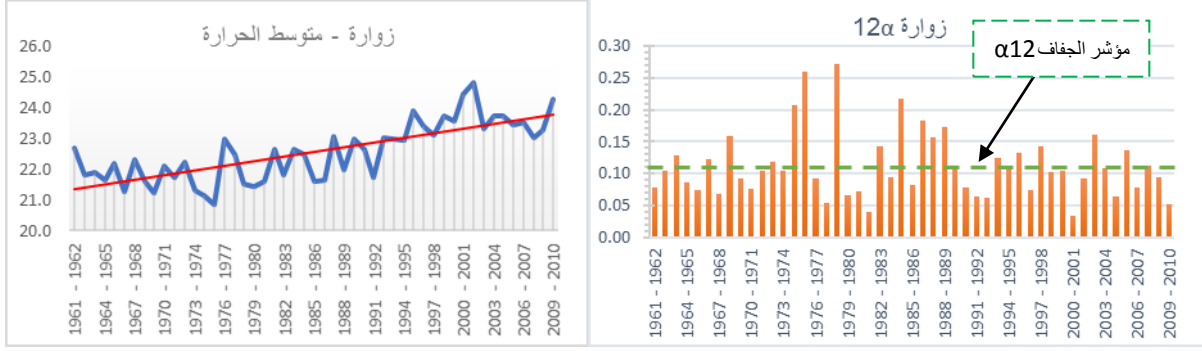
يتبع شكل (3) ظروف الجفاف 2010-1960 (قيم RDI)

تحليل الجفاف باستخدام α_{12} :

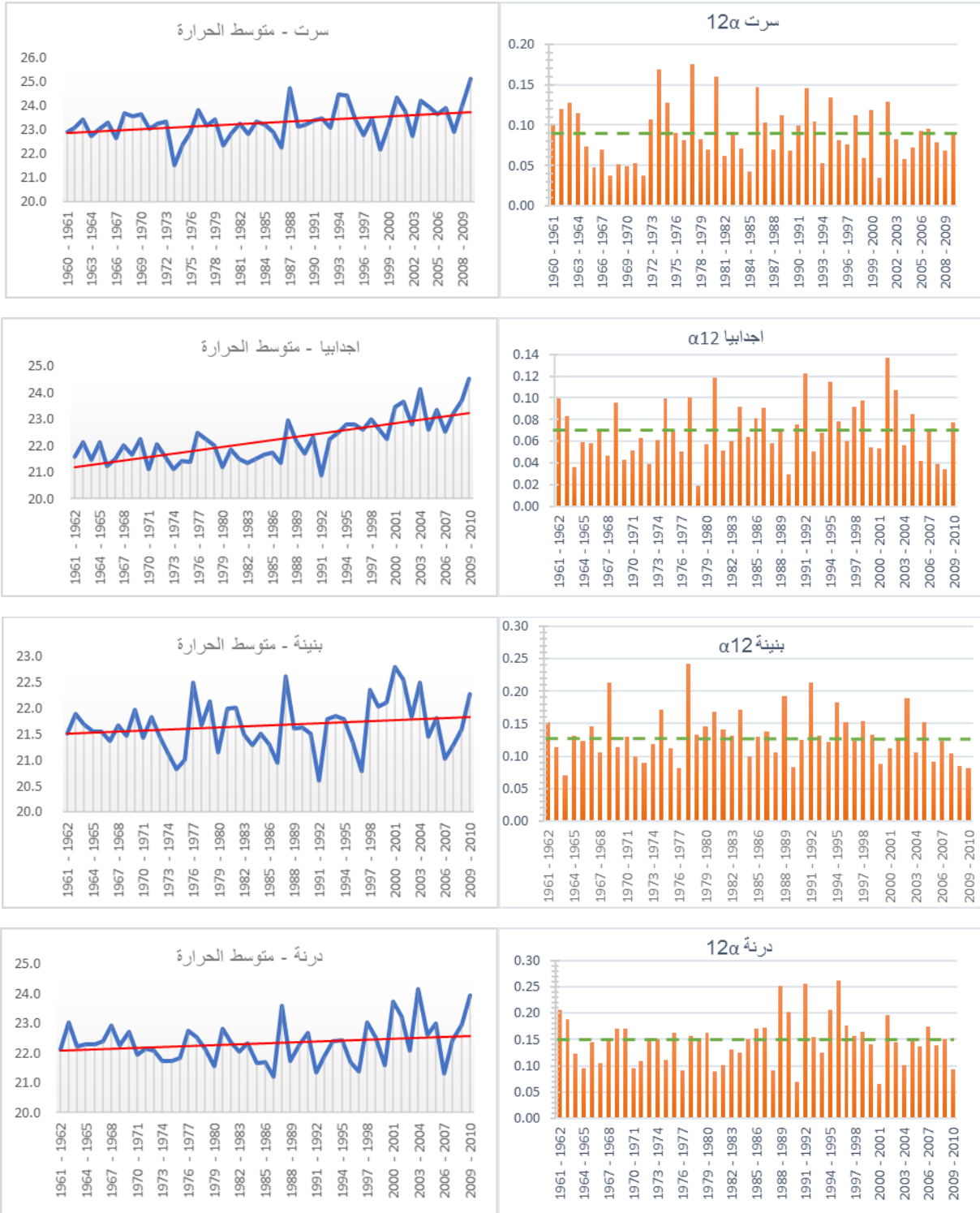
من خلال نتائج α_{12} شكل (4) للسلسلة السنوية لهطول الأمطار (P) والتبخر - نتح الممكن (PET) يمكن استخدام مستوى $0.20 = P/PET$ هذا المستوى هو الحد الفاصل بين الظروف شبه الرطبة وشبه الجافة (Tskiris, G, 2008, P10)، فإذا كانت سنة معينة α_{12} أقل من مؤشر الجفاف الذي تم حسابه وفقاً لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (1992) جدول (2)، فإنه يقال أن المنطقة تعاني من الجفاف خلال تلك السنة المحددة.

وعلى هذا الأساس ومن خلال نتائج α_{12} يمكن اعتبار أن جميع المحطات وفي معظم سنوات الدراسة (1960-2010) كانت تحت مستوى 0.20 وهي الظروف شبه الجافة والجافة، وفي الشكل (4) الذي يضم كافة محطات الدراسة يبين أيضاً القيم السنوية ل α_{12} والذي يشير فيه الخط الأخضر المقطع إلى متوسط $\bar{\alpha}_{12}$ الذي يساوي مؤشر الجفاف لكل منطقة، ومن خلال النتائج يتبين أن أعلى متوسط حسابي $\bar{\alpha}_{12}$ كان في محطة درنة حيث بلغ 0.15 وأدناه كان بقيمة 0.07 في كل من إجدابيا ونالوت. وحيث إن α_{12} تحسب الأمطار والتبخر - نتح الممكن لكل منطقة فهذا يعني أن أي زيادة في درجات الحرارة سوف يتبعها زيادة في التبخر.

وبما أننا نعلم يقيناً من خلال الدراسات السابقة والأبحاث الخاصة بتغير المناخ أن هناك زيادة مؤكدة في درجات الحرارة حول العالم، ومن خلال النظر إلى الشكل (4) والذي يحتوي على مقارنة بين α_{12} ومتوسط درجة الحرارة لكل محطة، وجد أن الأشكال البيانية الخاصة ب α_{12} تبدأ القيم فيها بالهبوط في منتصف السبعينات تقريباً، وكذلك الأشكال البيانية لمتوسط درجة الحرارة تبدأ في الزيادة من نفس التاريخ تقريباً، وهذا يدل على أن أي زيادة في درجات الحرارة يتبعها زيادة في كمية التبخر - نتح، مما يبين أن مقياس α_{12} يكشف عن أي تغير يحدث بالمناخ فيما يخص الحرارة أو الأمطار.



شكل (4) ظروف الجفاف 1960-2010 (قيم α_{12} - الخط الأخضر يشير إلى المتوسط)



يتبع شكل (4) ظروف الجفاف 1960-2010 (قيم $\alpha 12$ - الخط الأخضر يشير الى المتوسط)

أثر الجفاف على الإنتاج الزراعي :

على اعتبار أن الجفاف بطئ الحركة ولا ينطوي عادة على أضرار في الممتلكات، فإننا نميل إلى التقليل من شأن آثاره للجفاف فعلى سبيل المثال كانت السنة المائية (1976-1977) سنة جافة في جميع مناطق ليبيا الخاضعة للدراسة ، وهذا بدوره يؤثر على العديد من المحاصيل الزراعية ، ومن خلال النظر إلى الجدول (4) يتضح أن سنة (1977) يقل فيها الإنتاج الزراعي بشكل واضح ، في حين يزداد الإنتاج الزراعي في السنة التي قبل وبعد سنة (1977) .

وإذا حاولنا وبشكل سريع تقدير الخسائر من خلال جدول (4) مع الأخذ في الاعتبار متوسط الإنتاج لسنة سابقة وسنة لاحقة لعام (1977) أي مجموع إنتاج 1976 و 1978 مقسوماً على 2 ، وبهذا نستطيع تقدير حجم الخسائر في محصول القمح بحوالي 68 ألف طن تقريباً و 384 ألف طن، من الشعير ، أما خسائر تبين القمح فتقدر بحوالي 83 ألف طن وتبين الشعير بحوالي 167 ألف طن جراء جفاف سنة 1977 . أما بخصوص شجرة الزيتون فقد تراجع الإنتاج سنة 1977 إلى 42 ألف طن فقط ، وبذلك تقدر الخسائر بحوالي 100 ألف طن من الزيتون .

كما تراجع مساحة الأراضي المزروعة بمحصول الشعير إلى قرابة 150 ألف هكتار سنة 1982 بينما زادت المساحة المزروعة شعيراً سنة 1983 زيادة واضحة بلغت حوالي 650 ألف هكتار ، وبهذا يكون الفارق بين السنة الرطبة والسنة الجافة لهذين العامين حوالي 500 ألف هكتار (أبو بكر الحبتي، 2015، ص310)

جدول (4) المساحة المزروعة والإنتاج السنوي والإنتاجية لبعض المحاصيل الزراعية في ليبيا

السنة	القمح			الشعير		تبين قمح		تبين شعير		الزيتون		
	المساحة (ألف هـ)	الإنتاج (ألف ط)	الإنتاجية (ط/هـ)	المساحة (ألف ط)	الإنتاج (ط/هـ)	الإنتاج (طن)	الإنتاجية (ط/هـ)	الإنتاج (طن)	الإنتاجية (ط/هـ)	المساحة (ألف هـ)	الإنتاج (ألف ط)	
1976	296.60	133.10	0.44	419.44	196.36	0.46	162679.0	0.548	240000.4	76.30	155.09	2.03
1977	201.83	48.117	0.23	181.27	59.20	0.32	.609588	0.291	72360.4	75.12	42.02	0.55
1978	266.18	99.29	0.37	418.03	691.47	0.47	121360.5	0.456	240137.3	75.34	143.40	1.90

المصدر: صالح الأمين الأرباح، 1996، ص133-153

نتائج الدراسة:

الهدف من الدراسة هو تحليل الجفاف في شمال ليبيا، واستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI واستناداً إلى البيانات المناخية لثمانى محطات للأرصاد الجوية خلال السنوات (1960-2010)، أظهرت النتائج أن عام (2009-2010) كان أسوأ سنوات الجفاف التي مرت على ليبيا، كما أن عام (1989-1990) تعرضت فيه البلاد في جميع المناطق الخاضعة للدراسة للجفاف، كما تعرضت أيضاً معظم مناطق الدراسة لأعلى معدلات الجفاف خلال الفترة من عام (1991-1992) إلى (2009-2010) وقد تبين من نتائج الدراسة أن هناك العديد من السنوات يتضح فيها تدرج زيادة الجفاف من غرب البلاد إلى شرقها. أما بخصوص خصائص الجفاف فقد كانت أقصى سنوات الجفاف المتعاقبة 8 سنوات في محطة سرت، تليها محطة مطار طرابلس 6 سنوات من الجفاف المتعاقب، وأدناها كان في محطة زوارة 3 سنوات فقط. كما سجلت محطة بنينة 5 سنوات متطرفة، حيث تعتبر الأعلى في منطقة الدراسة، وأدناها سنتان سُجلتا في درنة. أما بخصوص عدد سنوات الجفاف فقد سجلت أعلاها في سرت وإجدابيا 26 و25 سنة على التوالي، وأدناها 20 سنة في مصراتة ودرنة. كما يمكن الإشارة إلى نتائج α_{12} التي كانت نتائجها تتفق مع زيادة الحرارة مع بداية عام (1970-1971) تقريباً في كل محطة وما يترتب عليه من زيادة في التبخر - نتح الممكن الذي يتناسب طردياً هو أيضاً مع زيادة الحرارة حول العالم.

المراجع

أولاً- المراجع العربية:

- ابوبكر عبدالله الحبتي، (2015)، التحليل المكاني والزمني في سهل الجفارة باستخدام دليل المطر القياسي (Standard Precipitation Index) SPI، مجلة القلعة، العدد 3، جامعة المرقب.
- ابوبكر عبدالله الحبتي، (2017)، تقدير التبخر - نتح الممكن واختلافه المكاني بمناطق متفرقة من ليبيا (باستخدام طريقة Hargreaves وبرنامج DrinC)، مجلة القلعة، العدد 7، جامعة المرقب.
- صالح الأمين الأرباح وآخرون (1996)، الأمن الغذائي أبعاده ومحدداته وسبل تحقيقه، الجزء الثاني، (تحرير)، صالح الأمين الأرباح، الهيئة القومية للبحث العلمي، الطبعة الأولى، طرابلس.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، تغير المناخ 2007: التقرير التجميعي مساهمة الفرق العاملة الثلاثة في التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، سويسرا.

ثانياً – المراجع الأجنبية :

- Asadi Zarch M. A., Malekinezhad H., Mobin M.H., Dastorani M.T. and Kousari M.R., 2011. Drought Monitoring by Reconnaissance Drought Index (RDI) in Iran. *Water Resources Management*, 25(13): 3485-3504
- Asadi. A., Vahdat. S .F,(2013) The Efficiency of Meteorological Drought Indices for Drought Monitoring and Evaluating in Kohgilouye and Boyerahmad Province, Iran, (IJMER), 2249-6645.
- International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology-2015.
- Cai .W., Yuhu .Z , Yao .Y. and Chen . Q.,(2015) Probabilistic Analysis of Drought Spatiotemporal Characteristics in the Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Area in China, *journal Atmosphere*, 431-450.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J.(1993) "The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints". Eight Conf. on Applied Climatology (Anaheim,California, USA).
- Thomas.T.,Jaiswal.R. K., Galkate .R.V.,and Nayak.T.R.,(2016) Reconnaissance drought index based evaluation of meteorological drought characteristics in Bundelkhand Intern_
- Tigkas .D., Vangelis. H. and Tsakiris. G.(2013) The RDI as a composite climatic index. *European Water* 41: 17-22, 2013.
- Tigkas .D., Vangelis. H., Tsakiris. G.,(2013) The Drought Indices Calculator (DriC) , 8th International Conference of EWRA, 26th-29th June 2013.
- Tigkas D., 2008. Drought Characterisation and Monitoring in Regions of Greece. *European Water*, 23/24: 29-39.
- Tsakiris .G, Uni-dimensional Analysis of Droughts for Management Decisions,*European Water*. 2008, 23/24: 3-11.
- Tsakiris G. and Vangelis H., 2005. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *European Water*, 9/10: 3-11
- Tsakiris G., Pangalou D. and Vangelis H., 2007a. Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21(5): 821-833
- Wilhite, Donald A. and Glantz, Michael H., "Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions" (1985). Drought Mitigation Center Faculty Publications. 20. <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/20>
- WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION; GWP - GLOBAL WATER PARTNERSHIP. Handbook of drought indicators and indices: Integrated Drought Management Programme (IDMP). Geneva: WMO, 2016. Available from: http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf. Access on: 22 apr. 2016.
- Zohrab Samani, 2000. Estimating Solar Radiation and Evapotranspiration using Minimum Climatological Data” *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126