مجلة المختار للعلوم الإنسانية 39 (3): 778-808، 2021

Research Article Open Access

تحليل التغيّرات المناخية القصيرة لاستخدامها في التخطيط والإدارة البيئية في إقليم الجبل الأخضر

محمود سعد ابراهيم

قسم، الكلية، الجامعة

Doi: https://doi.org/10.54172/wb0nff31

المستخلص: تتسم الأنظمة البيئية الطبيعية في الأقاليم شبه الجافة، وشبه الرطبة بسرعة استجابتها للمؤثرات البيئية السلبية الطارئة مما يستدعي اتباع إجراءات التخطيط البيئي، والإدارة البيئية الراشدة عند استغلال مواردها الطبيعية. ففي إقليم الجبل الأخضر الذي يقع في تلك الأقاليم حسب معيار أمبيرجيه (**Emberger,L**) لتصنيف الأقاليم المناخية، والنباتية في حوض البحر المتوسط تتظافر الأنشطة البشرية غير المخطط لها، والتغيّرات المناخية القصيرة المساندة مما أدى، ومازال يؤدي إلى حدوث العديد من المشكلات البيئية، والاقتصادية الملحة مثل: التصحُّر، وتدهور الإنتاج الزراعي. فمن خلال تحليل السلسلتين الزمنيتين لكميات الأمطار السنوية في محطتي شحات، ودرنة في الفترة من (1945_2010م)، اتضحت النتائج: تجانس السلسلتين الزمنيتين لكميات الأمطار في المحطتين، أنَّ إدخال بيانات الأمطار في مصفاة معامل باينوميال أظهر أن محطة شحات شهدت أربع دورات مطيرة تراوحت أطوالها ما بين (5_11 سنة)، تعاقبت مع أربع دورات جافة تراوحت أطوالها ما بين (4_14 سنة)، في حين شهدت محطة درنة فترتين مطيرتين بلغ طول الأولى (10 سنوات)، والثانية (13 سنة)، وثلاث فترات جافة تراوحت أطوالها ما بين (5_22 سنة). أنَّ قياس العلاقة الارتباطية بين كميات الأمطار، أظهر ارتباطاً بين المتغيرين قدره (0.3)، مما يشير إلى وجود اتجاهاً موجباً بسيطاً في كميات الأمطار بمحطة شحات في الفترة من (1948_1969م)، وفي محطة درنة كان مقدار الارتباط (0.2)، مما يدل على وجود اتجاهاً سالباً بسيطاً خلال الفترة من (1963_1984م).

الكلمات المفتاحية: التغيّرات المناخية القصيرة، والجفاف، والتصحُّر، والتخطيط البيئي، والإدارة البيئية الراشدة.

PAPER TITLE

Abstract:

The semi-arid, sub-humid ecosystem responds quickly to negative environmental impacts and requires effective environmental planning and management. The Aljabal Elkader area falls under the Mediterranean climate region, and the combination of human activities and climate changes has led to economic and environmental deterioration, including desertification and reduced agricultural production. Analyzing rainfall data from Shhat St. and Derna St. (1945-2010), the following results were observed: The rainfall data showed homogeneity when analyzed using the sequentially runs test. The rainfall patterns exhibited four wet and four dry cycles (5-11 years and 4-14 years, respectively) in Shhat St., while Derna St. had two rainy periods (10-13 years) and three dry periods (5-22 years). The correlation analysis indicated a slight positive trend in rainfall for Shhat St. (1948-1969) and a slight negative trend for Derna St. (1984-1963), although these trends are not statistically reliable.

Keywords: Short of Climatic Changes, Drought, Desertification, Management and Environmental Planning.

The Author(s) 2023. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) , which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

تحليل التغيّرات المناخية القصيرة لاستخدامها في التخطيط والإدارة البيئية في إقليم الجبل الأخضر

تحليل التغيّرات المناخية القصيرة لاستخدامها في التخطيط والإدارة البيئية في إقليم الجبل الأخضر

المستخلص

تتسم الأنظمة البيئية الطبيعية في الأقاليم شبه الجافة، وشبه الرطبة بسرعة استجابتها للمؤثرات البيئية السلبية الطارئة مما يستدعي اتباع إجراءات التخطيط البيئي، والإدارة البيئية الراشدة عند استغلال مواردها الطبيعية. ففي إقليم الجبل الأخضر الذي يقع في تلك الأقاليم حسب معيار أمبيرجيه (Emberger,L) لتصنيف الأقاليم المناخية، والنباتية في حوض البحر المتوسط تتظافر الأنشطة البشرية غير المخطط لها، والتغيّرات المناخية القصيرة المساندة مما أدى، ومازال يؤدي إلى حدوث العديد من المشكلات البيئية، والاقتصادية الملحة مثل: التصحُّر، وتدهور الإنتاج الزراعي. فمن خلال تحليل السلسلتين الزمنيتين لكميات الأمطار السنوية في محطتي شحات، ودرنة في الفترة من (1945_2010م)، اتضحت النتائج الآتية:

1_ ظهر من اختبار تجانس السلسلتين الزمنيتين لكميات الأمطار في المحطتين باستخدام اختبار التلاحقات أن البيانات متجانسة؛ لذا تم قبول إدخالها في التحليل الإحصائي.

2_ أنَّ إدخال بيانات الأمطار في مصفاة معامل باينوميال أظهر أن محطة شحات شهدت أربع دورات مطيرة تراوحت أطوالها ما بين (5_11 سنة)، تعاقبت مع أربع دورات جافة تراوحت أطوالها ما بين (4_14 سنة)، في حين شهدت محطة درنة فترتين مطيرتين بلغ طول الأولى (10 سنوات)، والثانية (13 سنة)، وثلاث فترات جافة تراوحت أطوالها ما بين (5_22 سنة).

3_ أنَّ قياس العلاقة الارتباطية بين كميات الأمطار، والزمن باستعمال معامل ارتباط الرتب، واختبار دلالته الإحصائية أظهر ارتباطاً بين المتغيرين قدره (0.3)، مما يشير إلى وجود اتجاهاً موجباً بسيطاً في كميات الأمطار

بمحطة شحات في الفـترة من (1948_1969م)، وفي محطـة درنـة كـان مقـدار الارتبـاط (0.2)، ممـا يـدل على وجـود اتجاهـاً سـالباً بسـيطاً خلال الفــترة من (1963_1984م)، إلا أن الاتجــاهين في المحطــتين لا يعــول عليهما من الناحية الإحصائية.

مصـطلحات دالــه: التغيّـرات المناخيــة القصــيرة، والجفــاف، والتصحُّر، والتخطيط البيئي، والإدارة البيئية الراشدة.

Abstract

Natural ecosystem of the semi-arid, sub-humid responded are rapidly responded to the emergences negative environmental impacts, and environmental planning & management, with its recourses exploitations. According to the (Emberger, L) climate, vegetation region classifications, The ALjabal Elkader area, is belong to the Mediterranean climate region. So the combination of human unplanned activities with impact of short climate changes, which it leads to many economic and environmental deteriorations; such as desertification's and decrease of agricultural productions. while according to analyzing the tow period series of annual rainfall data of the Shhat St., and Derna St., during the period of (1945-2010), and it has appeared the following result as;

1- It has tested the homogenous rainfall data of the tow sequences periods, while an applied the sequentially runs test, therefore the homogeneity data is accepted in a statically analysis

2- An applied of rainfall data into Binomial coefficient, therefore it has showed four rainfall wet cycle in Shhat St., which it ranged about 5-11 years. As well as, followed by four dry cycles which it ranged by 4-14 years. While the Derna St., it recorded tow rainy periods with 10 -13 years, and it has followed by three dray periods, with ranged around5-22 years.

3- An applied the correlation relationship and tested by correlated order coefficient between rainfall rate and time, where it revealed that the correlation between these two variables are about (0.3), which indicates a slight positive trend in the rainfall of Shhat St., during (1948-1969). While the correlation of Derna St., is recorded (0.2), which indicated a slight negative trend during the period (1984-1963), however, the tow direction trend are not statistically reliability.

Key words: Short of Climatic Changes, Drought, Desertification, Management and Environmental Planning.

المقدمة

يُقصد بالتغيّرات المناخية القصيرة (Short Climatic Changes) الدورات، والاتجاهات العشوائية التي تحدث في كميات الأمطار السنوية حول معدلها العام، وتتم خلال فترة زمنيـة قصـيرة، يتغيّـر خلالهـا المنـاخ من حالـة إلى أخرى، ويكون التغيّر في شكل فترات زمنية تتراوح أطوالها ما بين (5_22 سنة) تتجه فيها الأمطار نحو الزيادة حيناً، وتعرف في هذه الحالة بالدورات المطيرة، وإلى التناقص حيناً آخر، وتعرف تلك بدورات الجفاف.

تتعرض كميات الأمطار السنوية في إقليم الجبل الأخضر على المقاييس الزمنية القصيرة لتغيّرات كبيرة بالزيادة، والنقصان تتسبب في ظهور آثـار سلبية على الأنظمة البيئيـة الطبيعيـة، والبشـرية المرتبطـة بهـا. ففي هـذا الإقليم الـذي يقـع ضـمن المناخـات شـبه الجافـة، وشـبه الرطبـة يشـكل الجفاف جزءاً من طبيعة المناخ، ويُعد من أعظم المخاطر البيئية استدامة، فقد يدوم سنوات متواصلة، مما يؤدي بالتظافر مع الأنشطة البشـرية غـير المخطط لها إلى حـدوث خسـائر اقتصـادية، وبيئيـة بالغـة، فبالإضـافة إلى تدمير المحاصيل، وبـوار الأراضـي الزراعيـة، هنـاك تـدهور الغطـاء النبـاتي الطبيعي، واشتعال حرائق الغطاء النباتي، وتدهور الأحياء البريّة، ثم اختلال التـوازُن المـائي، وجفـاف التربـة، وتفككهـا، وجعلهـا مهيـأة للانجـراف المتسارع، وهبوب العواصف الترابية، وأخيراً تكوّن الكثبان الرملية، وزحفها على الأراضي الزراعية والرعوية، وإشـاعة التصـحُّر. وبالدرجـة نفسـها من الضـرر فـإن الأمطـار الإعصـارية الفجائيـة العنيفـة المنهمـرة في بعض السـنوات الـتي تشـهد هطـول كميـات كبـيرة من الأمطـار، خاصـةً عقب السنوات الجافة تـؤدي إلى تعريـة التربـة وانجرافهـا بكميـات كبـيرة، وفي مساحات واسعة؛ بفعل السيول الجارفة بما يساعد على زيادة حدة عمليـة التصـحُّر، بالإضـافة إلى انهيـار السـدود، والجسـور، وتـدمير الطـرق، ممـا يستوجب اتبـاع التخطيـط السـليم، والإدارة البيئيـة الراشـدة مثـل: خطـط التنميـة البيئيـة المسـتديمة، وإدارة المـراعي الطبيعيـة، وخطـط مكافحـة التصـحُّر الـتي تتطلّب دراسـة، ومعرفـة مسـبقة لطبيعـة تلـك التغيّـرات المناخية من حيث تكرار حدوثها، وأطوالها، وشـدتها؛ لتفـادي الآثـار البيئيـة السـلبية الناجمـة عنهـا من خلال اتخـاذ القـرارات العلميـة الصـحيحة، والإجراءات الوقائية المناسبة في متسع من الوقت قبل حدوث الكارثة.

التساؤلات:

تحاول هذه الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

أ_ هل هناك تغيّرات مناخية قصيرة في إقليم الجبل الأخضـر نحـو الجفـاف الذي يسهم في حدوث آثار سلبية على الأنظمة البيئية وانتشار التصحُّر، أم أن المناخ مستقر على حالـه منـذ زمن طويـل، وأن التصـحُّر الحاصـل في الإقليم يرجع إلى عوامل بشرية؟

ب_ مـا هي الأسـاليب الوقائيـة، والعلاجيـة المقترحـة لمواجهة التغيّـرات المناخية القصيرة؟

الأهداف:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيّرات المناخيـة القصـيرة؛ للتعـرف على أحجامهـا، ومن ثم توفـير قاعـدة معلومـات بيئيـة (EIS) تُسـتخدم في التخطيـط، والإدارة البيئيـة للمـوارد الطبيعيـة في الإقليم، ممـا يسـهم في تفادي الآثار البيئية السلبية الناتجة عن تلك التغيّرات آنياً، ومستقبلاً.

الأهمية:

تتمثل أهمية هذه الدراسة ومبرراتها فيما يأتي:

أ_ يُعد إقليم الجبل الأخضر من أكثر مناطق ليبيا تنوعاً من الناحية الحيوية، ومن ثم تبـدو أهميتـه كبـيرة في النـواحي البيئيـة، والاقتصـادية (الزراعيـة، والرعوية)، والسياحية، والعلمية.

ب_ أَنَّ تحليل التغيّرات المناخية القصيرة يُعد من الأمور الجديرة بالاهتمام التي يجب على صناع القرار، والمخططين البيئيين، والهيأت المختصة في الدولة أن توليها أهمية بالغة. فالتغيّرات المناخية نحو الجفاف قد تؤدي إلى حدوث العديد من المشكلات البيئية، والاقتصادية مثل: التصحُّر، وتدهور الإنتاج الزراعي، ومن ثم فإن مراقبة الأحوال المناخية، وتحليل بياناتها، وفهم طبيعتها يساعد على التخطيط السليم، والإدارة البيئية الراشدة للموارد الطبيعية.

منهجية الدراسة:

يمكن تلخيص منهجية هذه الدراسة في الخطوات الآتية:

1_ المصادر والمراجع:

تتمثل في الكتب، والبحوث العلمية، والتقارير، والإحصائيات ذات العلاقة بموضوع الدراسة مثل: الإحصائيات المناخية الصادرة عن المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية بطرابلس.

2_ تحليل البيانات المناخية:

تعتمد هذه الدراسة على تحليل بيانات كميات الأمطار السنوية في محطتين مناخيتين تقعان في نطاق مناخ البحر المتوسط، وتمثلان التباين المكاني، والبيئي لمنطقة الدراسة هما: شحات، ودرنة، جدول (1)، فالأولى تُمثل القسم الهضبي الداخلي (المناطق المرتفعة) من إقليم الجبل الأخضر، والثانية تُمثل القسم الساحلي، ويرجع السبب في اختيار المحطتين لإجراء الدراسة إلى إشراف متخصصين في مجال الأرصاد الجوية على عملية الرصد مما ينعكس على دقة البيانات المناخية، وتتوفر فيهما سلسلة طويلة للأمطار في فترة زمنية واحدة بالمحطتين تبدأ من (1945_2010م)، بلغ عدد سنواتها (66 سنة)، وهي تمثل دورتين مناخيتين حسب الدورة المناخية التي اقترحها بروكنر (Bruckner) عام 1890م الذي رأى أن الظاهرات المناخية يتكرر ترددها في منطقة ما مرة كل (35 سنة)، وهذه الدورة تُدخل في الاعتبار التغيّر في توغل المؤثرات البحرية نحو داخلية القارات. كما يعتقد البعض أن هناك دورة للبقع الشمسية تحدث كل إحدى عشرة سنة يكون لها أثرها في الأحوال المناخية على سطح الأرض، ومن ثم يرى المختصون بالدراسات المناخية أن الحد الأدنى للفترة الزمنية التي يمكن منها استخلاص أحسن النتائج عن حالة المناخ في إقليم ما هي (35 سنة)، تتمثل فيها جميع الحالات العادية، والمتطرفة التي يمر بها (موسى، 1986م، ص 59)، و(البنا، 1970م، ص ص 20، 21)، ويرى بعض المختصين أن دراسة الأحوال المناخية في مكان ما لا تقل مدتها عن (33 سنة) (مقيلي، 2003م، ص 9)، بحيث تشمل ثلاث دورات للبقع الشمسية. بالإضافة إلى ذلك فإن بعض الأساليب الإحصائية المستخدمة في هذه الدراسة يتطلّب تطبيقها سلسلة طويلة من البيانات، وقد تم تحليل البيانات باستخدام عدة أساليب إحصائية، تشمل ما يأتي:

جدول (1) محطات الرصد الجوي في منطقة الدراسة

المحطة	الموقع الفلكي		الرقم الدولي	البعد عن البحر	الارتفاع عن سطح البحر	الفترة الزمنية للرصد	عدد سنوات الرصد	نوع المحطة (*)
	خط طول	دائرة عرض						

	شرقاً	شمالاً			(بالمتر		د	
شحات	21ْ5´1	32ْ49´	62056	10.8كم	621	1945_2010م	66	مناخية
درنة	22ْ35´	32ْ47´	62059	250متر	26	1945_2010م	66	مناخية

المصدر: أعد الجدول بناءً على المصادر الآتية:
1_ بيانات المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، إدارة المناخ، والتغيَّرات المناخية، طرابلس، 2017 م.
2_ حُسب بُعد المحطات عن البحر من صورة فضائية تم الحصول عليها من برنامج (Google Earth)، 2018م.
(*) المحطة المناخية: هي المحطة التي تحتوي على سجلات لرصد جميع العناصر المناخية مثل: الإشعاع الشمسي، وعدد ساعات سطوع الشمس، ودرجة الحرارة، والضغط الجوي، وسرعة الرياح واتجاهها، وكمية الأمطار، والرطوبة النسبية، والتبخر، وكمية السحب ... الخ.

أ_ القيمة الفعلية للتساقط (معامل الجفاف): تُعد المعادلة التي توصل إليها العالم البيئي الفرنسي لويس أمبيرجيه (Emberger,L سنة 1955م)؛ لحساب القيمة الفعلية للتساقط من أكثر المقاييس دقة، وملائمة لإقليم البحر المتوسط من الناحيتين المناخية، والنباتية؛ ولمعرفة العلاقة بين نوع المناخ والحياة النباتية، والآثار البيئية السلبية لتغيّرات المناخية القصيرة في الجبل الأخضر، تم تطبيق تلك المعادلة على محطتي شحات، ودرنة حسب الصيغة التالية:

$$ك_2 = \frac{2000 \times م}{ح^2 - \bar{ح}^2}$$

حيث إنَّ:
(ك ^{2}) = القيمة الفعلية للتساقط.
و (م) = المتوسط السنوي العام لكميات الأمطار.
و (ح^2) = متوسط درجة الحرارة العظمى لأحر شهر في السنة.
و (ح^2) = متوسط درجة الحرارة الصغرى لأبرد شهر في السنة. –
والرقم (2000) استخدم للتصحيح. هذا وقد تم إضافة (273.2 درجة مطلقة) لدرجتي الحرارة العظمى، والصغرى عند تطبيق المعادلة تحاشياً للأرقام السالبة (موسى، 1989م، ص 64).

ب_ اختبار التجانس في سلاسل البيانات (Test Homogeneity Of Data Series):

إنَّ نقل محطة الرصد الجوي من مكانها الأصلي إلى آخر، وتعرّض البيئة المحيطة بها لتغيّرات؛ نتيجة نمو الأشجار، أو بناء المنشآت العمرانية التي تؤثر على سرعة الرياح واتجاهها، وكذلك عدم الدقة في التسجيل؛ نتيجة الإهمال، وانقطاع السلسلة الزمنية للبيانات الشهرية، والسنوية الذي يحدث؛ بفعل تغيّر نوع الأجهزة المستخدمة في الرصد، أو تعطلها، أو تغيّر موقع المحطة، أو إغلاقها فترة من الزمن، أو ضياع سجلات البيانات يؤدي إلى حدوث تغيّرات في البيانات المناخية، خاصةً كميات الأمطار، مما

يجعـل البـاحث غـير المـترويّ أن يحكم على تلـك التغيّـرات في كميـات الأمطار بأن سببها يرجع إلى تغيّرات في المناخ؛ لـذا يجب اختبـار سلسـلة البيانات الطويلة عند استخدامها، بهدف معرفة هل تغيّرات البيانـات ناتجـة عن عوامل طبيعية، أو بسبب تدخل الإنسـان، فنتـائج الدراسـات المناخيـة تعتمـد على دقـة البيانـات، بـالرغم من أن الدقـة التامـة ليسـت مضـمونة (غانم، 2010م، ص41)، ولتحقيق هذا الهدف يُستخدم اختبار التلاحقـات (Runs Test)؛ لمعرفة هل بيانات السلسـلة الزمنيـة للأمطـار متجانسـة، أو غير متجانسة (W.M.O, Technical Note No.81, 1966, pp. 4_7)، وهو من الطرق غـير البارامتريـة (Nonparametric) الـتي يمكن تطبيقهـا على مـدى واسـع من التوزيعـات التكراريـة للبيانـات دون أن تفـترض توزيعـاً محـدداً، ويتصف بأنه قـوي، وشـديد الحساسـية لأي تغيّـرات تحـدث في السلسـلة الزمنية للبيانات (أبو يوسف، 1989م، ص 529)، و(Siegel, 1956, pp. 31 F)، وتتمثل خطوات تطبيق هذا الاختبار في النقاط الآتية:

1_ حساب الوسيط (Median): يُقصد بالوسـيط القيمـة الـتي تتوسـط سلسلة من البيانات، وتقسمها إلى مجموعـتين متسـاويتين في العـدد عن يمينها، وعن يسارها، بعد ترتيبها تصاعدياً، أو تنازلياً، ثم يؤخـذ العـدد الـذي في الوسط إذا كان عدد البيانات فردياً، أو متوسط العددين الأوسـطين إذا كان العدد زوجياً، ولا يتأثر الوسيط بالقيم المتطرفـة (فيـاض،1983م، ص 265)، و(أبو يوسف، 1989م، ص 536)، وقد تم حساب الوسيط لكميات الأمطار السنوية في محطتي شحات، ودرنة باسـتخراج متوسـط العـددين الأوسطين؛ لأن عدد البيانات زوجياً.

2_ تقدير التلاحقات في البيانات: يتم تقدير التلاحقات بمقارنة القيم الأصلية المتمثلة في كميات الأمطار بقيمة الوسيط، بحيث تقسم البيانـات إلى صنفين حسب وقوعها فوق الوسيط، أو تحت الوسيط، فيوضع حـرف (أ)، أو علامة (+)، أو حرف (A) اختصاراً لكلمة (Above)، لكل قيمـة تزيـد عن الوسيط، وحرف (ب)، أو علامـة (-)، أو حـرف (B) اختصـاراً لكلمـة (Below)، لكل قيمة تقل عن الوسيط مع الاحتفاظ بترتيب هـذه القيم. وإذا وجدت قيم تساوي الوسيط فإنها تهمل وكأنها لم تكن، وتُفصل الأحرف (أ) عن (ب)، أو (A) عن (B)، أو مجموعاتهـا بالإشـارة (/)، وتفيـد طريقـة حساب التلاحقات أعلى وأسفل من الوسيط في حالتين رئيسـيتين: الأولى اختبـار الاتجاهـات، والثانيـة اختبـار الأنمـاط الدوريـة. فـإذا بـدأت متتابعـة التلاحقات بحروف أغلبها (أ)، ثم بحروف أغلبها (ب) فإن هناك اتجاهـاً إلى أسفل، وإذا بدأت بحروف أغلبها (ب)، ثم بحروف أغلبها (أ) فإن هناك ميلاً إلى أعلى. أمّا إذا كـان الحرفـان (أ)، و (ب) يتبـادلان بشـكل منتظم فهـذا يشـير إلى نمـط دوري (أبـو يوسـف، 1989م، ص ص 535ـ 536)، و(W.M.O, Technical Note No.81, 1966, p. 5). ويتضح من الملحقين (1، 2) أن فترات التعاقب في سلسلة أمطار محطتي شحات، ودرنة هي كمـا يأتي:

أ_ شـــحات://BB/AAAA/B/A/B/A/BB/A/B/A/B/AA/BB/AAAAA/BB/A/
BBB/AAAA/B/A/B/A/BBB/AAA/B/A/BB/A/BB/AA/BB/A/B/A/B/A/
./BBB/A/B

ب_ درنـــــــــــة://BBB/AA/BBB/AA/B/AA/B/A/B/AA/B/A/BBB/AA/
BBBBBB/A/B/A/BBBB/AAAA/B/AAAAA/B/AAAAA/BB/A/BBBB/
./AAA/BB

3_ حســاب المتوســط الحســابي: يحســب المتوســط الحســابي للتلاحقات بالمعادلة الآتية:

$$\overline{Xr}=\frac{2(M)(N)}{(M+N)}+1$$

حيث إنَّ:
(M) = عدد القيم الأكبر من الوسيط، أي عدد الأحرف (A).
و(N) = عدد القيم الأصغر من الوسيط، أي عدد الأحرف (B).

4_ حساب الانحراف المعياري: يحسب الانحراف المعياري للتلاحقات باستخدام المعادلة الآتية:

$$Sr=\sqrt{\frac{2(M)(N)[2(M)(N)-M-N]}{(M+N)2(M+N-1)}}$$

حيث إنَّ:
(M) = عدد القيم الأكبر من الوسيط، أي عدد الأحرف (A).
و(N) = عدد القيم الأصغر من الوسيط، أي عدد الأحرف (B).

5_ تقدير قيمة الاختبار: يتطلّب تقدير قيمة اختبار تجانس السلسلة الزمنية للأمطار من عدمه إجراء الخطوات الآتية:

أ_ يجب التحقق من صحة فرضية العدم (HO) التي تقول بعدم وجود اختلاف ذي دلالة إحصائية مهمة بين قيمة الاختبار والصفر، أي أن التغيّر في السلسلة الزمنية لكميات الأمطار يساوي صفر، والفرضية البديلة (HA) التي تقول بأن هناك اختلافاً جذرياً بين قيمة الاختبار والصفر، مما يعني أن سلسلة الأمطار غير متجانسة؛ نتيجة تدخل الإنسان، وتصاغ الفرضيتان كالآتي:

$$HO: Z=0$$
$$HA: Z\neq 0$$

ب_ يحسب قانون الاختبار بالمعادلة الآتية:

$$Z=\frac{(r-\overline{xr})}{Sr}$$

حيث إنَّ:
(Z) = اختبار التلاحقات.
و(r) = عدد التلاحقات.
و($\overline{x}r$) = المتوسط الحسابي للتلاحقات.
و(Sr) = الانحراف المعياري للتلاحقات (Khazanie, R 1979, pp. 432_436).

ج_ تُقارن قيمة الاختبار المحسوبة بالقيمة المقدرة من الجداول الإحصائية لاختبار الطرفين عند نسبة ثقة (95%) التي تساوي في هذه الحالة (± 1.96)، فإذا كانت قيمة الاختبار واقعة ضمن حدود الثقة أي بين (_1.96 و 1.96)، تُقبل فرضية العدم (HO) التي تنص على تجانس السلسلة الزمنية للأمطار، وتُرفض الفرضية البديلة (HA).

ج_ طريقة مصفاة معامل باينوميال (Filter Method Binomial Coefficient):

تتعرض كميات الأمطار السنوية إلى تذبذبات عشوائية (Random Oscillation) ذات ترددات عالية (قصيرة) تشوش على الدورات الكبيرة، والاتجاهات المهمة في سلسلة بيانات الأمطار، مما يجعل عملية اكتشافها أمراً صعباً؛ لذا ينصح دائماً بتصفيتها عن طريق إدخالها في مصفاة معامل باينوميال، الذي يضمن إلغاء الذبذبات الأقصر من خمس سنوات، ويُبقي على الدورات، والاتجاهات الطويلة في صورة واضحة يمكن التعرف عليها، وقياسها بدقة، وللحصول على أفضل النتائج لا بد أن تكون سلسلة البيانات طويلة قدر الإمكان حتى تتحمل الفاقد في المعلومات؛ لأن استعمال معامل باينوميال يقلص من مدة السلسلة الزمنية للبيانات ثماني سنوات، أربع سنوات في بدايتها، وأربع في نهايتها؛ لذلك فهو لا يصلح مع السلاسل الزمنية القصيرة، ويشترط توفر سلاسل زمنية طويلة، ومتجانسة (مقيلي، 2003م، 51)، ويحسب معامل باينوميال بالمعادلة الآتية:

$$B = 0.02Xi_{-4} +0.05Xi_{-3} +0.12Xi_{-2} +0.20Xi_{-1} +0.22Xi +0.20Xi_{+1} +0.12Xi_{+2} +0.05Xi_{+3} +0.02Xi_{+4}$$

حيث إنَّ:

(B) = معامل باينوميال (كمية الأمطار الموزونة).

و(Xi) = كمية الأمطار السنوية.

أمّا الأرقام الواردة في المعادلة فهي معاملات تُضرب فيها كميات الأمطار السنوية للحصول على كميات الأمطار الموزونة لكل تسع سنوات، أربع سنوات قبل سنة الأساس، وأربع بعدها(W.M.O, Technical Note No.79, 1966, pp.49 F) . فعلى سبيل المثال تم حساب معامل باينوميال في محطتي شحات، ودرنة بدايةً من سنة (1949م)، وهي سنة الأساس الأولى التي يمكن أن يحسب لها المعامل؛ نظراً لتوفر بيانات لأربع سنوات قبلها، كما يشترط النموذج، وهكذا.

يمكن تلخيص خطوات تطبيق معامل باينوميال على سلسلة بيانات كميات الأمطار السنوية في محطتي شحات، ودرنة في النقاط الآتية:

1_ تمت تصفية سلسلة بيانات كميات الأمطار من الذبذبات القصيرة باستخدام المعادلة المبينة أعلاه، ثم أُعد جدول يتكون من ثلاثة أعمدة، الأول للسنوات، والثاني لكميات الأمطار السنوية، والثالث حُسب فيه معامل باينوميال (كميات الأمطار الموزونة).

2_ تتمثل الخطوة الثانية في تكوين جدول؛ لمقارنة قيم معامل باينوميال بالمتوسط الحسابي لكميات الأمطار المحسوب للفترة الزمنية بالكامل في المحطتين، وهو (560 ملم) في شحات، و(266.5 ملم) في درنة، وأعطيت إشارة موجب (+) إذا كانت قيمة معامل باينوميال أكبر من المتوسط، وإشارة سالب (_) إذا كانت أصغر منهُ.

3_ تم تمثل البيانات المتحصل عليها بيانياً، بتوقيع السنوات على المحور السيني (الأفقي)، وكميات الأمطار الموزونة على المحور الصادي (الرأسي)، ومن تخطيط الانتشار للبيانات حُددت الفترات المطيرة، وهي السنوات الواقعة فوق المتوسط الحسابي، أمّا الفترات الجافة فهي

الواقعة تحت المتوسط، ومن ثم اتضحت الدورات المطيرة، والجافة بدون التشويش الذي كانت تسببه الذبذبات القصيرة في البيانات، ثم أُعد جدولاً حُددت فيه الدورات المطيرة، والجافة.

د_ اختبـــار ســـبيرمان لارتبـــاط الـــرتب (Test Spearman Rank Correlation):

يُستخدم اختبار سبيرمان للرتب؛ لمعرفة وجـود الاتجاهـات في سلاسـل الأمطار من عدمها، وتحديد نوع الاتجاه الذي تشـهده كميـات الأمطـار هـل هـو مـوجب، أو سـالب، ودلالتـه الإحصـائية، ويُعـد هـذا الاختبـار قـوي، ولا يشترط التوزيع الاعتـدالي في البيانـات، كمـا أنـهُ لا يشـترط وجـود علاقـة خطية بين المتغيرين(W.M.O, Technical Note No.79, 1966, p.65.) ، و(أبو يوسف، 1989م، ص 433)، ويشمل تطبيق هذا الاختبـار إتبـاع الخطـوات الآتية:

1_ يحسب معامل ارتباط سبيرمان بالمعادلة الآتية:

$$rs=1-\frac{6\sum di2}{n(n2-1)}$$

حيث إنَّ:

(rs) = معامل ارتباط الرتب.

و(di) = الفرق بين الرتبتين المتنـاظرتين للمتغـيرين (رتبـة الـزمن، ورتبـة الأمطار).

و(n) = عدد أزواج الرتب (W.M.O, Technical Note No.79, 1966, p.65.).

2_ يُستخدم اختبار (T)؛ لاختبار الدلالة الإحصـائية لقيمـة معامـل الارتبـاط، والفرضيتان المقدمتان للقبول، أو الرفض هما: فرضية العـدم (HO) الـتي تقول بعدم وجود أي ارتباط بين سلسلة الأمطار، والسلسـلة الزمنيـة ممـا يعني عدم وجود اتجاهاً مهماً نحو الزيـادة، أو النقص في كميـات الأمطـار، في حين أن الفرضية البديلة (HA) تقول بوجود علاقـة ارتباطيـه قويـة، أي أن هناك اتجاهاً مهماً، وتصاغ الفرضيتان كالآتي:

$$HO: r=0$$
$$HA: r\neq 0$$

وتحسب قيمة الاختبار بالقانون الآتي:

$$T=rs\sqrt{\frac{(n-2)}{(1-rs2)}}$$

حيث إنَّ:

(T) = اختبار (ت).

و(rs) = قيمة معامل ارتباط الرتب.

و(n) = عدد أزواج الرتب(W.M.O, Technical Note No.79, 1966, p.66.) .

3_ تُقارن قيمة الاختبار المحسوبة بالقيمة المقدرة من الجداول الإحصائية لاختبار الطرفين عند نسـبة ثقـة (95%)، وبـدرجات حريـة تسـاوي (n-2)، فإذا كانت قيمة الاختبار تقع خارج حدود الثقة تُرفض فرضية العدم، وتُقبـل الفرضية البديلـة الـتي تنص على وجـود ارتبـاطٍ مهمٍ بين كميـات الأمطـار والزمن، أمّا إذا كانت قيمة الاختبار واقعة ضمن حدودِ الثقـة تُقبـل فرضـية العدم، مما يدل على عدم وجود اتجاه ذي دلالة إحصائية مهمة بين كميـات الأمطار والزمن.

3_ الدراسة الميدانية: تشـمل الملاحظـات الميدانيـة، والتقـاط الصـور التوضيحية.

منطقة الدراسة:

يقع إقليم الجبل الأخضر في شمال شـرق ليبيـا، بين خطي طـول (30_ 20ْ و00_23ْ) شـرقاً، ودائـرتي عـرض (00_32ْ و56_32ْ) شـمالاً. يمتـد جغرافياً من ساحل البحـر المتوسـط شـمالاً إلى جنـوب بلـدات: الخروبـة، والمخيلي، والعزيات جنوباً عند نهاية السفح الجنوبي للجبـل الأخضـر، وبين مدينة الأبيار غرباً، وخليج البمبه شرقاً، شكل (1).

يتأثر مناخ الجبل الأخضر بمجموعة من العوامل بعضها عوامـل متحركـة ترتبـط بالـدورة الهوائيـة العامـة، وبعضـها الآخـر عوامـل جغرافيـة ترتبـط بالمكان، وتشمل ما يأتي:

1_ـ أنَّ موقع الإقليم بين درجتي عرض (00_32ْ و56_32ْ)ـ شـمالاً، جعـل أشعة الشمس الساقطة على سطح الأرض في فصل الصيف تكـون شـبه عمودية، في حين تصل أشعة الشمس مائلة في فصل الشتاء، أمّا الربيـع، والخريف فهما فصلان انتقاليان.

2_ـ ينحصر الجبل الأخضر بين البحر المتوسط شـمالاً، والصـحراء الكـبرى جنوباً، ومن ثم فإن مناخ الإقليم يتأثر بثلاثة أنواع من الضغوط الجوية هي: الضغط المنخفض النسبي، والضغط المرتفع الأزوري، والضـغط المنخفض الاستوائي (شرف، 1996م، ص 105).

3_ـ تتنوع تضاريس الإقليم بين الهضاب، والسهول، والمنحدرات، مما يؤثر على عناصر المناخ خاصةً درجات الحرارة، وكميات الأمطـار، فالمنحـدرات الشمالية أغزر مطراً من المنحدرات الجنوبية، وبشكل عـام تقـل الأمطـار تدريجياً بالبعد عن التضاريس الأكثر ارتفاعاً.

4_ـ يُغطي سطح المنحدرات الشمالية للجبل الأخضر نباتات طبيعية كثيفة دائمة الخضرة من أنواع نباتات البحر المتوسط تعرف بالمـاكي (Maquis)، في حين يُغطي سطح المنحدرات الجنوبية نباتـات الاسـتبس شـبه الجـاف الـتي تتسـم بـالتوزيع المكـاني المبعـثر، ممـا يـؤثر محليـاً على الموازنـة الإشعاعية، ودرجات الحرارة، والرطوبة الجوية، وسرعة الرياح، والأمطـار، والتبخر.

5_ـ تؤثر في مناخ المنطقة عدة أنواع من الكتل الهوائيـة غـير المتجانسـة القادمة من الشمال، والجنوب تتمثل في الكتلة الهوائية البحرية الارتيكية (mA)، والكتلة الهوائيـة المداريـة البحريـة (mT)، والكتلـة الهوائيـة البحريـة القطبية (mP)، والكتلة الهوائيـة المداريـة القاريـة (cT) (النطـاح، 1990م، ص 266 وما بعدها).

6_ـ يتعرض الإقليم للمنخفضات الجوية التي تغزو البحر المتوسط من جهة الغرب في فصلي الشـتاء والربيـع، والمنخفضـات الـتي تنشـأ على شـمال الصـحراء الكـبرى في فصـل الربيـع، وفي فصـل الخريـف يبـدأ تكـوّن المنخفضات المتوسطية مرة أخرى (شرف، 1996م، ص 106).

7_ـ تتأثر منطقة الدراسة بالتيار النفاث شبه المـداري (STJ) الواقـع فـوق جنـوب البحـر المتوسـط، وشـمال أفريقيـا بين درجـتي عـرض (25ْ_35ْ) شـمالاً، الـذي ينـدفع في اتجـاه عـام من الغـرب إلى الشـرق، ويـؤثر على

التوزيع الجغرافي للأمطار من خلال تأثيره على نشأة المنخفضات الجويـة، ومساراتها (شحَادة، 1986م، ص 24).

يتضح من تطبيق معيار أمبيرجيه لتصنيف الأقاليم المناخية، والنباتيـة في حوض البحر المتوسط على محطتي شحات ودرنـة، الجـدولين (1،ـ 2) أن إقليم الجبل الأخضر يقع ضمن مناخ الأقـاليم شـبه الجافـة، وشـبه الرطبـة التي تتصف أنظمتها البيئية الطبيعية بارتفاع مستوى حساسـيتها للمـؤثرات البيئيـة السـلبية الطارئـة مثـل: التغيّـرات المناخيـة القصـيرة الـتي تسـاند الاسـتغلال البشـري الجـائر في أحـداث اختلال التـوازن البيـئي الطـبيعي، وانتشار المشكلات البيئية مثل: التصحُّر.

جدول (1) تصنيف أمبيرجيه لمناخ حوض البحر المتوسط

معامل أمبيرجيه ($ك_2$) (القيمة الفعلية للتساقط)	نوع المناخ السائد	نوع الحياة النباتية
أقل من 20	جاف جداً	الصحاري
20 – 30	جاف	الهضاب والسهول
30 – 50	شبه جاف	مناطق الزراعة البعلية والمراعي
50 – 90	شبه رطب	مناطق البساتين
أكثر من 90	رطب	مناطق الغابات

المصدر: محمد سعيد كتانه، حفظ المياه والتربة بدول شمال أفريقيا، (تونس: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، مشروع الحزام الأخضر لدول شمال أفريقيا، 1985م)، ص 44.

جدول (2) القيمة الفعلية للتساقط، والأقاليم المناخية والنباتية في محطتي شحات ودرنة، وفقاً لمؤشر جفاف أمبيرجيه

المحطة	المتوسط السنوي للأمطار (بالملم)	متوسط درجة الحرارة العظمى لأكثر الشهور حرارة (مْ)	متوسط درجة الحرارة الصغرى لأكثر الشهور برودة (مْ)	القيمة الفعلية للتساقط طبقاً لمعادلة أمبيرجيه ($ك_2$)	نوع المناخ السائد	نوع الحياة النباتية
شحات	560	28.1	6.3	88.4	شبه رطب	مناطق البساتين
درنة	266.5	29.1	11.1	50	شبه جاف	مناطق الزراعة البعلية والمراعي

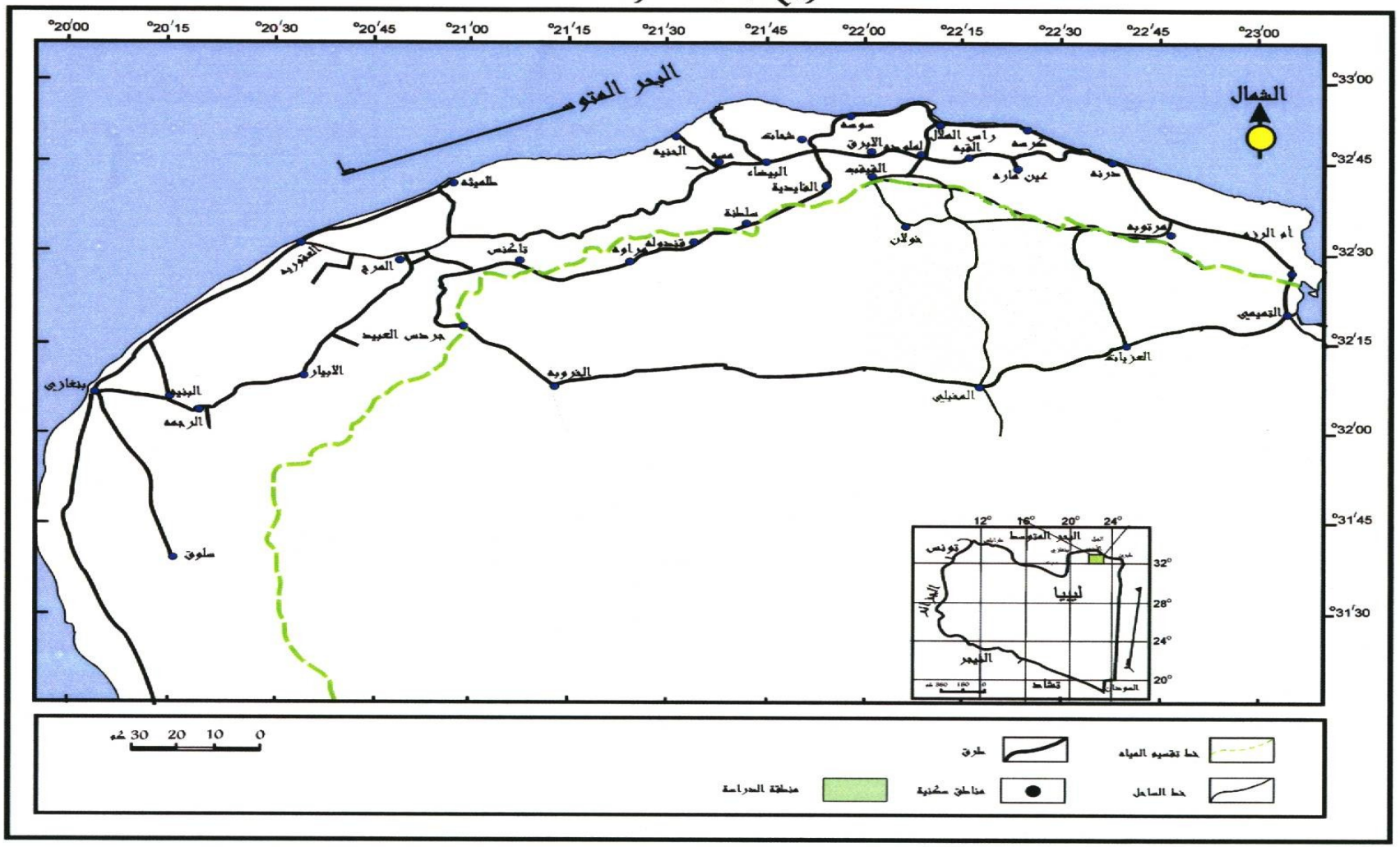
المصدر: أُعد الجدول بناءً على المصادر الآتية:

1_ بيانات المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، المصدر السابق.

2_ حساب القيمة الفعلية للتساقط بتطبيق معادلة أمبيرجيه، وتصنيفه لمناخ البحر المتوسط على المحطتين.

شكل (1)

موقع منطقة الدراسة



مناقشة النتائج:

تُعـد التغيّـرات القصـيرة من أهم خصـائص الأمطـار في إقليم الجبـل الأخضـر الـتي يجب أن تؤخـذ في الحسـبان عنـد وضـع الخطـط البيئيـة، والإدارة البيئية للموارد الطبيعية. فمن خلال الملاحق (1، 2، 3، 4، 5، 6)، والأشكال (2، 3) يمكن استخلاص النتائج الآتية:

1ـ أنَّ إدخال البيانات المناخية غير المتجانسة في التحليل الإحصائي يؤدي إلى الوصـول إلى نتـائج خاطئـة، ومن ثم كـان لا بـد من اختبـار تجانسـها باسـتخدام اختبـار التلاحقـات الـذي أظهـر تجـانس السلسـلتين الزمنيـتين لبيانات كميات الأمطـار السـنوية في محطـتي شـحات، ودرنـة. فمن خلال بيانات الجدول (4) يتضح أن قيمة اختبار التلاحقات المحسـوبة في محطـة شحات تساوي (1.24)، وفي محطة درنة تساوي (_1.24)، وهما واقعتان ضمن حدود الثقة في كلتا المحطـتين أي بين (_1.96 و1.96)، ممـا يعـني قبــول فرضــية العــدم (HO) الــتي تنص على تجــانس بيانــات كــل من المحطتين، ورفض الفرضية البديلة **(**HA**)**؛ لذا تم قبول إدخال السلسـلتين الزمنيتين في التحليلات الإحصائية.

جدول (4) اختبار تجانس بيانات كميات الأمطار السنوية في محطتي شحات ودرنة خلال الفترة من (1945_2010م)

المحطة	قيمة الوسيط	عدد القيم التي فوق الوسيط	عدد القيم التي تحت الوسيط	عدد التلاحقات	المتوسط الحسابي للتلاحقات	الانحراف المعياري للتلاحقات	قيمة الاختبار المحسوبة	قيمة الاختبار الجدولية	نسبة الثقة
شحات	541.9	33	33	39	34	4.030	1.24	±1.96	95 %
درنة	257.4	32	34	29	34	4.026	_1.24	±1.96	95 %

المصدر: أعد الجدول بناءً على بيانات الملحقين (1، 2).

2_ تعرضت كميات الأمطـار السـنوية في إقليم الجبـل الأخضـر، ومـازالت تتعرض إلى تغيّرات كبيرة بالزيادة، والنقصان على المدى الزمـني القصـير تكون في شـكل دورات غـير منتظمـة تتعـاقب خلالهـا الفـترات المطـيرة، والجافـة. فمن خلال الجـدول (5) يتضـح أن محطـة شـحات شـهدت أربـع دورات مطيرة تراوحت أطوالها ما بين (5_11 سنة)، وكـانت الفـترة الـتي امتدت من (1960_1970م) أعلى فـترة مطـيرة حـدثت في المنطقـة، إذ وصـلت فيهـا كميـات الأمطـار الموزونـة إلى (651.4 ملم)، تعـاقبت تلـك الفـترات مـع أربـع فـترات جافـة تـراوحت أطوالهـا مـا بين (4_14 سـنة)، وكـانت الفـترة الممتـدة من (1971_1975م) أشـدها جفافـاً، حيث تـدنت فيهـا كميـات الأمطـار الموزونـة إلى (496.4 ملم)، ويمكن اعتبـار الفـترة الــتي امتــدت أربــع ســنوات من (1956_1959م) خروجــاً عن القاعــدة. ومـرت درنـة بفـترتين مطـيرتين دامت الأولى (10 سـنوات)، واسـتمرت الثانية (13 سنة)، وهي أعلى فترة مطيرة شـهدتها درنـة، إذ ارتفعت فيهـا كميـات الأمطـار الموزونـة إلى (323.4 ملم)، تفصـلها ثلاث فـترات جافـة تراوحت أطوالها ما بين (5_22 سـنة)، وكـانت الفـترة الـتي امتـدت من (

1964_1985م) أطولها وأكثرها جفافاً، ففي هذه الفترة التي وصل طولها إلى (22 سنة) تناقصت كميات الأمطار الموزونة إلى (219.7 ملم). إنَّ هذا التباين في أطوال الفترات المطيرة، والجافة يدل على عشوائيتها، مما يُقلل من أهميتها في إجراء تنبؤات مستقبلية على مدى زمني طويل؛ نظراً لصعوبة تحديد موعد انتهاء كل فترة، ومعرفة نوع الفترة التي تليها وبدايتها، غير أن القاعدة العامة تقول إنَّ ما حدث في الماضي يمكن أن يحدث في المستقبل، فالتحليل يُظهر أن الأمطار متغيرة على مقاييس زمنية مختلفة الطول، مما يؤدي إلى تكرار كوارث الجفاف والسيول المدمرة، وعليه يجب توقع حدوثها في أي وقت، واعتبارها ظاهرة عادية لا حالة شاذة، وأخذ الاحتياطات اللازمة، والاستعداد لها في متسع من الوقت من أجل الحفاظ على مقدرات البيئة من التدهور، والتصحُّر.

جدول (5) الدورات المناخية المطيرة والجافة في محطتي شحات ودرنة وفقاً لمعامل باينوميال خلال الفترة من (1945_2010م)

المحطة	أطوال الفترات المطيرة	عدد سنوات الفترات	أكبر كميات للأمطار الموزونة (بالملم)	أطوال الفترات الجافة	عدد سنوات الفترات	أصغر كميات للأمطار الموزونة (بالملم)
شحات	1949_1955م	7	616.1	1956_1959م	4	511.2
	1960_1970م	11	651.4	1971_1975م	5	496.4
	1976_1980م	5	591.1	1981_1987م	7	503.9
	1988_1992م	5	583.2	1993_2006م	14	508.1
درنة	1954_1963م	10	320.5	1949_1953م	5	230.1
	1986_1998م	13	323.4	1964_1985م	22	219.7
	–	–	–	1999_2006م	8	224.0

المصدر: أعد الجدول بناءً على بيانات الملحقين (3، 4).

3_ـ تشهد السلاسل الزمنية لكميات الأمطار السنوية تبدلاً على المدى الطويل يكون في شكل اتجاهات عامة نحو الزيادة حيناً، وإلى التناقص المؤدّي إلى الجفاف حيناً آخر. فقد اتضح من تطبيق اختبار سبيرمان للرتب على بيانات كميات الأمطار في محطتي شحات، ودرنة، كما هو مبين في الجدول (6) أن قيمة معامل الارتباط بين الأمطار والزمن في شحات مقدارها (0.3)، مما يشير إلى وجود اتجاهاً بسيطاً نحو الزيادة في المعدل العام للأمطار خلال الفترة من (1948_1969م) التي تبدو فيها كميات الأمطار صاعدة فوق المعدل العام في أغلب السنوات، ألا أنهُ من

الناحية الإحصائية ليس ذي أهمية يعول عليها، فالقيمة المحسـوبة للاختبـار تسـاوي (1.40)، وهي واقعـة ضـمن حـدود الثقـة أي بين (±2.08)، ممـا يعني قبول فرضية العدم، ورفض الفرضية البديلة، واستنتاج أنهُ ليس هناك ما يدل على وجود اتجاه ذي دلالة إحصـائية مهمـة. وفي درنـة بلغت قيمـة معامل الارتباط بين المتغيرين (0.2)، ممـا يـدل على وجـود اتجـاهٍ سـالبٍ بسيطٍ في المعدل العام للأمطار خلال الفـترة من (1963_1984م) الـتي تظهر فيها كميات الأمطار أقل من المتوسط العام في (18 سنة)، غـير أن هذا الاتجـاه ليس ذي دلالـة إحصـائية مهمـة، فالقيمـة الاختباريـة تسـاوي (0.91)، وهي واقعة ضمن حدود الثقة أي بين (±2.08)، مما يعني القبـول بفرضية العدم، ورفض الفرضية البديلة.

جدول (6) اختبار معامل ارتباط الرتب لتحديد نوع اتجاهات التغيّر في كميات الأمطار السنوية في محطتي شحات ودرنة، ودلالته الإحصائية

المحطة	فترة الاتجاه	عدد سنوات الاتجاه	نوع الاتجاه	قيمة معامل الارتباط	قيمة الاختبار المحسوبة	درجات الحرية	قيمة الاختبار الجدولية	نسبة الثقة
شحات	1948_1969م	22	موجب	0.3	1.40	20	±2.08	95%
درنة	1963_1984م	22	سالب	0.2	0.91	20	±2.08	95%

المصدر: أعد الجدول بناءً على بيانات الملحقين (5، 6).

4_ أنَّ السبب المباشر في معظم التغيّرات المناخية القصـيرة يكمن في الدورة العامة للريـاح حـول الكـرة الأرضـية، حيث يمكن ملاحظـة تغيّـرات مهمة في اتجاهها، وسرعتها من وقت إلى آخـر. فـالتغيّر في نظـام هبـوب الرياح من وضع عرضي (Zonal) متوافـق مـع درجـات العـرض من الغـرب إلى الشرق، إلى وضع طولي (Meridonal) متوافق مع خطوط الطـول من الشمال إلى الجنوب، يتسبب في تطرف أحوال المناخ، خاصةً فيمـا يتعلـق بالحرارة والتساقط؛ ونتيجة لـذلك فـإن بعض الأقـاليم تشـهد انخفاضـاً في درجة الحرارة، وتناقصاً في كميات التساقط. فحالات الجفاف التي تتعرض لها أقـاليم العـروض الوسـطى بين الفينـة والأخـرى، تكـون دائمـاً مرتبطـة بأنظمـة ضـغط جويـة ضـد إعصـارية شـديدة الاسـتقرار، حيث تُـرغم تلـك الأنظمة المنخفضـات الجويـة المطـيرة على تغيـير اتجاهاتهـا نحـو منـاطق أخرى. كما لوحظ أن الدورة الهوائيـة العامـة تنشـط خلال فـترات الـدفء المناخي، وأن مسـارات المنخفضـات الجويـة الإعصـارية بشـمال المحيـط الأطلسي تـتزحزح باتجـاه عـروض أعلى، ممـا يـؤدي إلى حرمـان منـاطق البحر المتوسـط من مؤثراتهـا فتقـع عُرضـة للجفـاف، وفي الـوقت نفسـه تنشـط الريـاح الموسـمية وتسـقط أمطارهـا الغزيـرة على أقـاليم جنـوب وجنوب شرق آسيا، والساحل الصحراوي بأفريقيا. أمّا خلال فترات البرودة المناخية فإن نطاق الرياح العكسية يتزحزح جنوباً، ويصبح البحر المتوسـط أكثر عُرضة لمؤثرات تلـك الريـاح ومنخفضـاتها الجويـة المطـيرة، في حين يحــدث العكس في منــاطق المطــر الموســمي، حيث تضــعف الريــاح

الموسـمية، وتتنـاقص كميـات أمطارهـا؛ بسـبب سـيطرة مـؤثرات أنظمـة الضغط ضد الإعصارية على طقس تلك الأقــاليم (مقيلي، 2003م، ص ص 28،29).

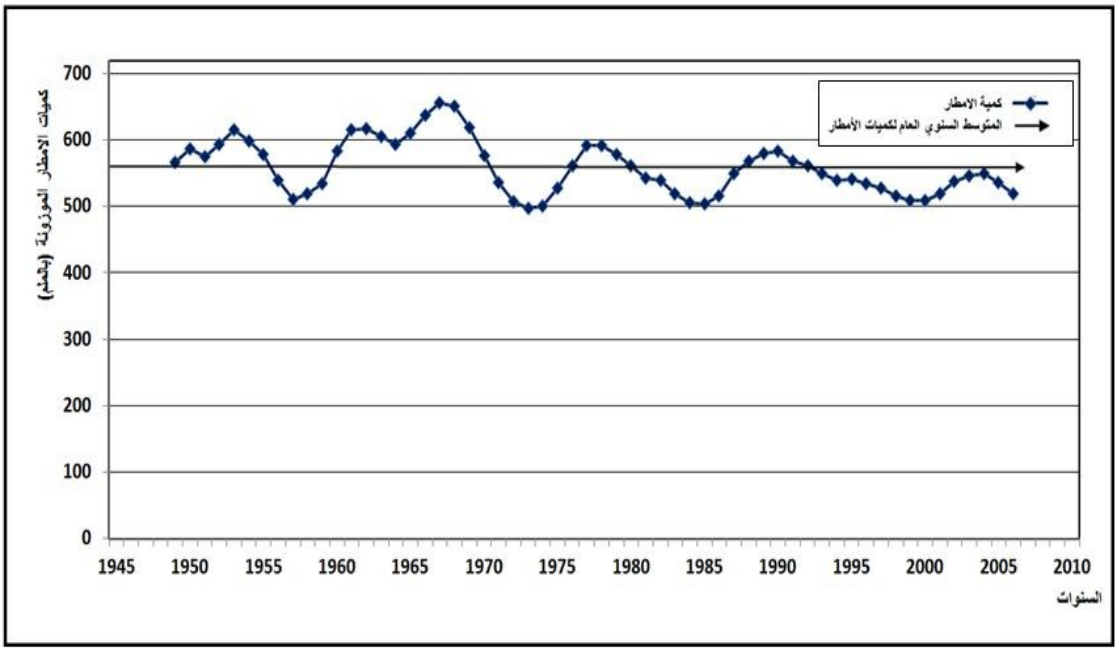
5_ أَنَّ التغيّرات المناخية القصـيرة أسـهمت، ومـازالت تسـهم في حـدوث العديـد من الآثـار البيئيـة السـلبية في الإقليم يمكن تلخيصـها في النقـاط الآتية:

أ_ تُشكل دورات الجفاف المتكررة ضغطاً مناخيـاً على النباتـات الطبيعيـة، والزراعية، والحيوانات البريّة يجعلها تمـر بحالـة من الإجهـاد الشـديد، ومن ثم التدهور، خاصةً عندما تتزامن مع موجات الحـرارة المرتفعة، والأنشـطة البشرية غير المخطط لها. ففي جنـوب إقليم الجبـل الأخضـر لوحـظ خلال الدراسة الميدانية وجود مسـاحات كبـيرة من الغطـاء النبـاتي تُقـدر بـآلاف الهكتـارات تـدهورت حالتهـا؛ نتيجـة ترافـق الجفـاف مـع الـرعي الجـائر، وتحولت منـاطق انتشـارها إلى أرض شـبيهة بالصـحراء يُسـتدل عليهـا من بقايا جذورها ووجود بعض النباتـات المتبقيـة، الصـورتين (1،ـ 2). وبطبيعـة الحال فإن تدهور الغطاء النباتي الطبيعي الذي يُعد مصدراً أساسـياً للغـذاء والمأوي المناسبين للأحياء البريّة، وتكرار الجفاف، ونقص الموارد المائيــة، يؤدي إلى تدهور حالة تلك الأحياء، وموتها جوعـاً وعطشـاً، أو إجبارهـا على الهجرة وترك بيئتها الطبيعية. كمـا أن دورات الجفـاف تتسـبب في تذبـذب إنتاج المحاصيل الزراعية، وفشل المشـاريع التنمويـة. فعلى سـبيل المثـال يمكن اعتبار أنَّ أحد أسـباب فشـل مشـاريع التنميـة الزراعيـة، والرعويـة، والمشـاريع المائيــة، وبــرامج التشـجير، ومكافحــة التصـحُّر في كثـير من المناطق مثل: جنوب الجبل الأخضر؛ يرجـع إلى أنهـا لم تُبـنى على أسـاس حقيقة تكرار الجفاف.

ب_ يؤدي التوافق بين دورات الجفاف، والاستغلال الجـائر للميـاه الجوفيـة إلى اختلال التوازُن المـائي الطـبيعي، وهبـوط مناسـيبها وارتفـاع معـدلات ملوحتها؛ بسبب أن معدلات ضخ المياه ليست متمشيّة مع معدلات التغذيـة المفترضة. بالإضافة إلى ذلك يسـهم الجفـاف في إشـعال حرائـق الغطـاء النبـاتي، ويتسـبب في جفـاف التربـة وتفككهـا، وجعلهـا مهيـأة للانجـراف الريحي المتسارع.

ج_ تتســبب الأمطــار الإعصــارية الفجائيــة العنيفــة المنهمــرة خلال وقت قصيرة في حدوث سيول مدمرة تؤدي إلى فقد كميـات كبـيرة من التربـة، وفي مساحات واسعة، وتعرية جذور النباتـات، الصـورتين (3،ـ 4)، وتـدمير الطرق، والجسور، وحدوث بعض الخسائر البشرية، كمـا حـدث في سـيول وادي الرملـة، عـام (2019م)، وجـرف العديـد من الأحيـاء البريّـة، خاصـةً الزواحف وغرقها، وموتها، أو غمر المناطق التي تعيش فيها بالميـاه، الأمـر الـذي يمنعهـا من الراحـة، وإيجـاد الغـذاء، ومـوت الصـغار، وتـدمير ملاجئ الأنواع التي تعيش تحت الأرض.

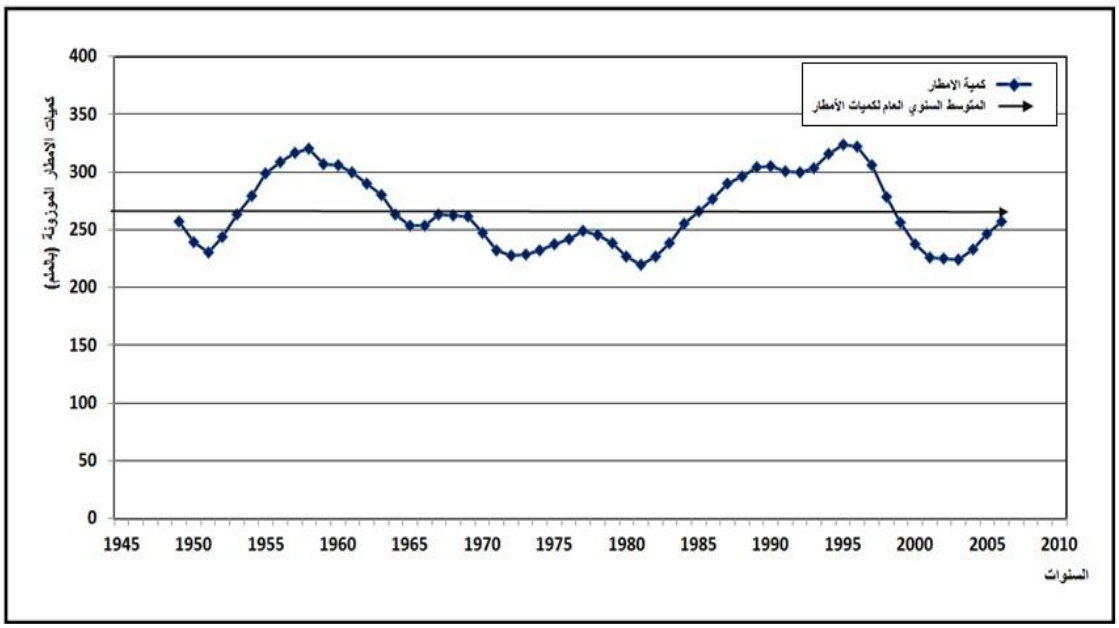
شكل (2) الدورات المناخية المطيرة والجافة في محطة شحات، وفقاً لمعامل باينوميال خلال الفترة من (1945_ 2010م)



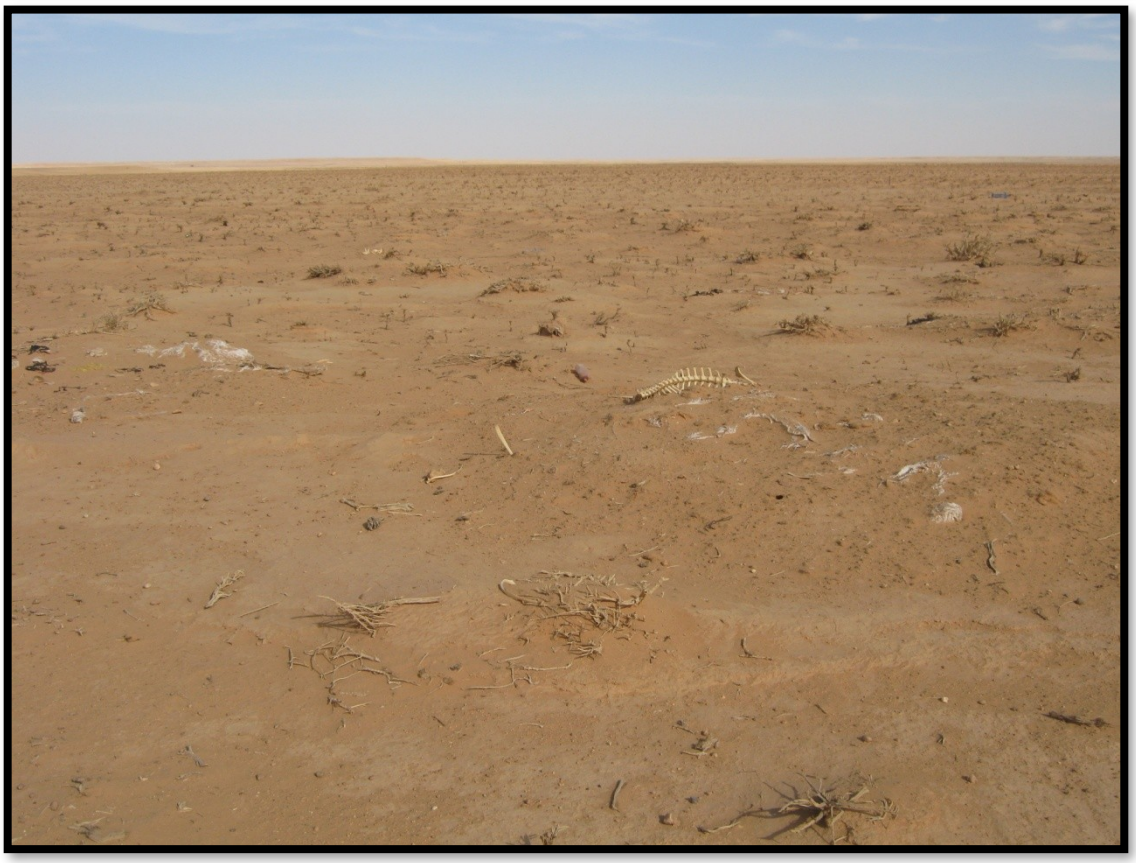
المصدر: بيانات الملحق (3).

شكل (3) الدورات المناخية المطيرة والجافة في محطة درنة، وفقاً لمعامل باينوميال خلال الفترة من (1945_2010م)

المصدر: بيانات الملحق (4).



الصورتان (1،ـ 2) تدهور حالة الغطاء النباتي الطـبيعي في جنوب إقليم الجبل الأخضر



المصدر: الدراسة الميدانية، خريف، 2018م.

الصورتان (3، 4) مظاهر انجراف التربة المتسارع في جنوب الجبل الأخضر

المصدر: المصدر نفسه.

ملحق (1) حساب التلاحقات لاختبار تجانس بيانات كميات الأمطار السنوية في محطة شحات خلال الفترة من (1945 – 2010 م)

السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	التربيب	التلاحقات	السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	التربيب	التلاحقات	السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	التربيب	التلاحقات
1945	361	283.7	B	71	496.6	491.8	B	97	576.3	660.2	A
46	528.9	347.1	B	72	556	496.6	A	98	580.5	665	A
47	622.3	361	A	73	441.4	514.3	B	99	396.6	686.2	B
48	629.6	391.8	A	74	479	527.6	B	2000	472.4	697.2	B
49	564.1	396.6	A	75	425.6	528.9	B	2001	616.8	699.1	A
50	547.3	400.1	A	76	607.1	535.1	A	2002	419.3	699.8	B
51	459.4	410	B	77	660.2	541.6	A	2003	644.1	706.1	A
52	665	410.3	A	78	706.6	542.1	A	2004	541.6	706.6	B
53	535.1	413.3	B	79	542.1	547.3	A	2005	622.3	717.5	A
54	963.4	416.6	A	80	391.8	551.4	B	2006	416.6	725.3	B
55	347.1	419.3	B	81	725.3	551.9	A	2007	527.6	766.2	B
56	466.6	425.6	B	82	410	556	B	2008	466.3	801.6	B
57	699.1	441.4	A	83	652.5	559.2	A	2009	551.4	834.8	A
58	283.7	442.9	B	84	463.2	564.1	B	2010	413.3	963.4	B
59	551.9	455.3	A	85	400.1	568.8	B				
60	491.8	459.4	B	86	481.2	576.3	B				
61	801.6	463.2	A	87	559.2	580.5	A				
62	766.2	466.3	A	88	706.1	585.4	A				
63	467.9	466.6	B	89	568.8	607.1	A				
64	491.2	467.9	B	90	410.3	616.8	B				
65	585.4	472.4	A	91	834.8	622.3	A				
66	699.8	479	A	92	455.3	622.3	B				
67	686.2	481.2	A	93	442.9	629.6	B				
68	717.5	482.2	A	94	658.6	644.1	A				
69	697.2	485.7	A	95	514.3	652.5	B				
70	482.2	491.2	B	96	485.7	658.6	B				

المصدر: أُعد الجدول بناءً على بيانات المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، المصدر السابق.

ملحق (2) حساب التلاحقات لاختبار تجانس بيانات كميات الأمطار السنوية في محطة درنة خلال الفترة من (1945 – 2010م)

السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	التلاحقات	السنوات	الترتيب	التلاحقات	السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	الترتيب	التلاحقات	السنوات	الترتيب	التلاحقات
1945	187.7	B	68	365.4	A	94	343	318.5	A	68	282	A
46	216.8	B	67	238.2	B	93	212.9	315.6	B	67	282	A
47	182.3	B	66	179.8	B	92	264.5	315.2	A	66	283.3	A
48	459.1	A	65	257.2	B	91	379.7	283.9	A	65	283.9	A
49	262.4	A	64	264.8	A	90	283.9	283.3	A	64	283.3	A
50	188.1	B	63	256.9	B	89	267.3	282	A	63	276.8	A
51	124.4	B	62	331.6	A	88	201.8	276.8	A	62	274.2	B
52	239.8	B	61	353.3	A	87	197.4	231.4	B	61	267.3	A
53	318.5	A	60	179.3	B	86	194	266.7	A	60	266.7	A
54	356.5	A	59	435.9	A	85	188.1	283.3	A	59	262	B
55	153.1	B	58	167	B	84	187.7	258.8	A	58	201 0	178.8	479.4	B
56	334	A	57	479.4	A	83	182.3	274.2	A	57	200 9	201.8	459.1	B
58	167	B	56	334	A	82	182.1	171.4	B	56	200 8	326.7	435.9	A
59	435.9	A	55	153.1	B	81	181.5	218	B	55	200 7	262	405.2	A
60	179.3	B	54	356.5	A	80	179.8	178.1	A	54	200 6	276.8	395.3	A
61	353.3	A	53	318.5	A	79	179.3	244	A	53	200 5	248.9	394.4	B
62	331.6	A	52	239.8	B	78	178.8	347.5	B	52	200 4	228.2	379.7	B
63	256.9	B	51	124.4	B	77	178.4	182.1	B	51	200 3	194	365.4	B
64	264.8	A	50	188.1	B	76	171.4	260.8	B	50	200 2	181.5	356.5	B
65	257.2	B	49	262.4	A	75	167	236.9	A	49	200 1	315.6	353.3	A
66	179.8	B	48	459.1	A	74	153.1	232.2	A	48	200 0	197.4	347.5	B
67	238.2	B	47	182.3	B	73	139.2	220.2	B	47	99	134.7	343	B
68	365.4	A	46	216.8	B	72	134.7	238.5	B	46	98	394.4	339.7	A
1945	187.7	B	1945	124.4	B	71	225.9	236.9	B	97	282	334	A

69	339.7	231.4	A	95	405.2	326.7	A				
70	139.2	232.2	B	96	315.2	331.6	A				

المصدر: المصدر نفسه.

ملحق (3) تطبيق معامل باينوميال على بيانات كميات الأمطار السنوية في محطة شحات خلال الفترة من (1945 – 2010م)

السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	معامل باينوميال (B)	الإشارة (*)	السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	معامل باينوميال (B)	الإشارة	السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	معامل باينوميال (B)	الإشارة
1945	361			71	496.6	535.6	–	97	576.3	527.1	–
46	528.9			72	556	507.9	–	98	580.5	515.4	–
47	622.3			73	441.4	496.4	–	99	396.6	509.4	–
48	629.6			74	479	499.9	–	2000	472.4	508.1	–
49	564.1	566.9	+	75	425.6	526.9	–	2001	616.8	518.9	–
50	547.3	586.2	+	76	607.1	561.1	+	2002	419.3	536.9	–
51	459.4	574.5	+	77	660.2	590.9	+	2003	644.1	545.5	–
52	665	593.9	+	78	706.6	591.1	+	2004	541.6	548.7	–
53	535.1	616.1	+	79	542.1	577.6	+	2005	622.3	536.7	–
54	963.4	598.7	+	80	391.8	560.7	+	2006	416.6	518.9	–
55	347.1	578.1	+	81	725.3	542.9	–	2007	527.6		
56	466.6	538.8	–	82	410	539.2	–	2008	466.3		
57	699.1	511.2	–	83	652.5	518.9	–	2009	551.4		
58	283.7	519.6	–	84	463.2	505.5	–	2010	413.3		
59	551.9	534.5	–	85	400.1	503.9	–				
60	491.8	582.4	+	86	481.2	515.5	–				
61	801.6	614.8	+	87	559.2	550.2	–				
62	766.2	616.9	+	88	706.1	568.0	+				
63	467.9	605.2	+	89	568.8	579.4	+				
64	491.2	593.2	+	90	410.3	583.2	+				
65	585.	609.	+	91	834.	567.	+				

					9	8			6	4	
				+	561.9	455.3	92	+	636.5	699.8	66
				_	549.8	442.9	93	+	656.3	686.2	67
				_	539.6	658.6	94	+	651.4	717.5	68
				_	540.7	514.3	95	+	618.6	697.2	69
				_	534.2	485.7	96	+	576.3	482.2	70

المصدر: المصدر نفسه.
(*) الإشارة الموجبة (+) تعني زيادة فوق المتوسط الحسابي العام لكميات الأمطار، وهو (560 ملم)، والإشارة السالبة (_) تعني تناقص.

ملحق (4) تطبيق معامل باينوميال على بيانات كميات الأمطار السنوية في محطة درنة خلال الفترة من (1945 – 2010م)

الإشارة	معامل باينوميال (B)	كميات الأمطار (بالملم)	السنوات	الإشارة	معامل باينوميال (B)	كميات الأمطار (بالملم)	السنوات	الإشارة (*)	معامل باينوميال (B)	كميات الأمطار (بالملم)	السنوات
+	306.3	282	97	_	231.8	225.9	71			187.7	1945
+	278.2	394.4	98	_	227.6	238.5	72			216.8	46
_	256.5	134.7	99	_	228.5	220.2	73			182.3	47
_	237.3	197.4	2000	_	232.5	232.2	74			459.1	48
_	226.4	315.6	2001	_	237.7	236.9	75	_	256.9	262.4	49
_	225.5	181.5	2002	_	242.3	260.8	76	_	239.1	188.1	50
_	224.0	194	2003	_	248.7	182.1	77	_	230.1	124.4	51
_	233.1	228.2	2004	_	245.1	347.5	78	_	243.3	239.8	52
_	246.2	248.9	2005	_	238.6	244	79	_	263.6	318.5	53
_	256.7	276.8	2006	_	227.1	178.1	80	+	278.9	356.5	54
		262	2007	_	219.7	218	81	+	299.1	153.1	55
		326.7	2008	_	227.2	171.4	82	+	308.9	334	56
		201.8	2009	_	238.3	274.2	83	+	316.6	479.4	57
		178.8	2010	_	254.9	258.8	84	+	320.5	167	58

				_	266.1	283.3	85	+	306.5	435.9	59
				+	276.3	266.7	86	+	305.9	179.3	60
				+	289.6	231.4	87	+	299.4	353.3	61
				+	296.4	395.3	88	+	289.9	331.6	62
				+	304.5	267.3	89	+	280.5	256.9	63
				+	305.4	283.9	90	_	262.9	264.8	64
				+	300.5	379.7	91	_	253.6	257.2	65
				+	299.8	264.5	92	_	253.5	179.8	66
				+	303.5	212.9	93	_	262.9	238.2	67
				+	315.3	343	94	_	262.5	365.4	68
				+	323.4	405.2	95	_	261.8	339.7	69
				+	321.9	315.2	96	_	247.4	139.2	70

المصدر: المصدر نفسه.
(*) الإشارة الموجبة (+) تعني زيادة فوق المتوسط الحسابي العام لكميات الأمطار، وهو (266.5 ملم)، والإشارة السالبة (_) تعني تناقص.

ملحق (5) حساب معامل ارتباط الرتب لبيانات كميات الأمطار السنوية في محطة شحات خلال الفترة من (1948_1969م)

السنوات	كميات الأمطار (بالملم)	رتب الزمن	رتب المطر	d_2
1948	629.6	1	10	81
49	564.1	2	12	100
50	547.3	3	14	121
51	459.4	4	20	256
52	665	5	9	16
53	535.1	6	15	81
54	963.4	7	1	36
55	347.1	8	21	169
56	466.6	9	19	100
57	699.1	10	6	16
58	283.7	11	22	121

1	13	12	551.9	59
9	16	13	491.8	60
144	2	14	801.6	61
144	3	15	766.2	62
4	18	16	467.9	63
0	17	17	491.2	64
49	11	18	585.4	65
196	5	19	699.8	66
144	8	20	686.2	67
289	4	21	717.5	68
225	7	22	697.2	69
2302				المجموع

المصدر: المصدر نفسه.

ملحق (6) حساب معامل ارتباط الرتب لبيانات كميات الأمطار السنوية في محطة درنة خلال الفترة من (1963_1984م)

d^2	رتب المطر	رتب الزمن	كميات الأمطار (بالملم)	السنوات
64	9	1	256.9	1963
9	5	2	264.8	64
25	8	3	257.2	65
225	19	4	179.8	66
49	12	5	238.2	67
25	1	6	365.4	68
16	3	7	339.7	69
196	22	8	139.2	70
36	15	9	225.9	71
1	11	10	238.5	72
25	16	11	220.2	73
4	14	12	232.2	74
0	13	13	236.9	75
64	6	14	260.8	76
9	18	15	182.1	77

196	2	16	347.5	78
49	10	17	244	79
4	20	18	178.1	80
4	17	19	218	81
1	21	20	171.4	82
289	4	21	274.2	83
225	7	22	258.8	84
1516				المجموع

المصدر: المصدر نفسه.

الخاتمة

إنّ التغيّرات المناخية القصيرة التي تسهم في حدوث العديد من الآثار البيئية السلبية لا يمكن السيطرة عليها، وضبطها مباشرة، غير أن هناك العديد من الإجراءات والآليات الوقائية، والعلاجية التي يمكن اتباعها؛ للتخفيف من شدة تأثيرها على البيئة، والحد من التدهور البيئي، ومكافحة التصحُّر تشمل الأساليب الآتية:

1_ توفير قاعدة معلومات بيئية تساعد صناع القرار، والمخططين البيئيين، والباحثين في مجال المشكلات البيئية على وضع خطط لمكافحة الجفاف، والتصحُّر، تشمل التنسيق المعلوماتي، أو التنفيذي بين دوائر الدولة المختلفة، والتنسيق مع المنظمات الدولية، وتوفير الدعم المادي، والخبرات العلمية اللازمة؛ لمواجهة الأخطار الناتجة عن الجفاف، والتصحُّر.

2_ تحسين الغطاء النباتي الحالي عن طريق إدخال أنواع من النباتات ذات القيمة الاقتصادية والبيئية من بيئات مكافئة لبيئة المنطقة، والتوسع في زراعة السلالات النباتية قليلة النتح، والمقاومة للجفاف، والمثبتة للرمال، مما يقلل من حدة الجفاف، وانتشار التصحُّر، واستصلاح الأراضي المتدهور، ومحاولة الحد من عوامل التدهور مثل: الرعي الجائر، والتوسع الزراعي والعمراني على حساب الغطاء النباتي الطبيعي، والاحتطاب، والحرائق، وتدني مستوى الوعي البيئي، وتطبيق التشريعات البيئية ضد الجهات المخالفة.

3_ يجب إدارة أراضي المراعي الطبيعية من خلال تطبيق نظام الحمى الدوري، بحيث تقسم أرض المرعى إلى عدة أجزاء يتم تناوب الرعي فيها سنوياً بشكل دوري، وكذلك تنظيم أوقات الرعي تفادياً لأضرار الرعي المبكر، ووقف الرعي خلال سنوات الجفاف، والاعتماد في تغذية الحيوانات في تلك الفترات على الأعلاف الجافة، والمركزة، والمخزنة مسبقاً لهذا الغرض، والانتقال بقطعان الحيوانات إلى أماكن أخرى أقل تضرراً بالجفاف؛ وذلك تجنباً للرعي الجائر.

4_ تخطيط استغلال الموارد المائية السطحية، والجوفية وإدارتها من خلال عدة إجراءات تشمل:
الاستفادة قدر الإمكان من مياه الأمطار بإنشاء المزيد من الصهاريج، وإقامة السدود المائية على الأودية، وصيانة المقامة منها، وعمل حفر ترابية؛ لجمع مياه الأمطار يتم تسوية سطحها وكبس تربته لتصبح غير منفذة للماء، وتحويل مجاري بعض الأودية جزئياً، أو كلياً بقنوات؛ لتخزينها في خزانات معدة لتجميع المياه، وضخ المياه التي تتجمع في الأودية في فصل الشتاء وتخزينها في الصهاريج، وكذلك ترشيد استهلاك المياه الجوفية، ومراقبة التغيّرات السلبية التي تطرأ على مناسيبها ونوعيتها، وحقن المياه الباطنية التي تعرضت مناسيبها للهبوط بحفر آبار ارتوازية تتم تغذيتها من مياه السدود، وتحلية مياه البحر، واستخدامها للاستهلاك المنزلي والشرب؛ لتكون حلاً لنقص المياه في أوقات الجفاف، وتوعية السكان بمشكلة نقص المياه، فهذه الأساليب قد تسهم في تغذية المياه الجوفية، وتخفف الضغط عليها، وتؤمن مياه الشرب لسكان والحيوانات، وتقلل من انجراف التربة المتسارع.
5_ يجب التوسع في إنشاء محطات الرصد الجوي المناخية، والشاملة، واستخدام تقنية الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية؛ للحصول على التوقعات المناخية، والتنبؤات المتعلقة بالأمطار، والاستفادة من الدراسات المناخية المتوفرة عن المنطقة في مجال الأمطار، مما يساعد على مراقبة احتمال حدوث الجفاف من خلال مراقبة كميات الأمطار باستمرار، ومقارنتها بمستوى الاستهلاك المائي. فالمراقبة السليمة، والدائمة تساعد في إدارة المياه بشكل ملائم مما يخفف من أضرار الجفاف.

1_ المصادر والمراجع العربية:

أ_ المصادر والتقارير الرسمية:

1_ ليبيا، المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، إدارة المناخ والتغيًرات المناخية، "البيانات المناخية لمحطتي شحات ودرنة"، بيانات غير منشورة، طرابلس: 2017م.
2_ الدراسة الميدانية، خريف، 2018م، وشتاء، 2019م.

ب_ الكتب:

1_ أبو يوسف، محمد، الإحصاء في البحوث العلمية، (القاهرة: المكتبة الأكاديمية، الطبعة الأولى، 1989م).
2_ البنا، علي، أسس الجغرافيا المناخية والنباتية، (بيروت: دار النهضة العربية للطبعة والنشر، الطبعة الأولى، 1970م).
3_ شرف، عبد العزيز طريح، جغرافية ليبيا، (الإسكندرية: مركز الإسكندرية للكتاب، الطبعة الثالثة، 1996م).
4_ العزابي، أبو القاسم، وفوزي الأسدي، وبشير أبو قيلة، دليل الباحث، (طرابلس: المنشأة العامة للنشر، والتوزيع، والإعلان، الطبعة الثانية، 1982م).
5_ غانم، علي أحمد، المناخ التطبيقي، (عمان: دار المسيرة للنشر، والتوزيع، والطباعة، الطبعة الأولى، 2010م).

6_ فياض، فتحي عبد الله، مبادئ الإحصاء الجغرافي، (طرابلس: المنشأة العامة للنشر، والتوزيع، والإعلان، الطبعة الأولى، 1983م).
7_ كتانه، محمد سعيد، حفظ المياه والتربة بدول شمال أفريقيا، (تونس: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، مشروع الحزام الأخضر لدول شمال أفريقيا، 1985م).
8_ موسى، علي حسن، مناخات العالم، (دمشق: دار الفكر للطباعة، والتوزيع، والنشر، الطبعة الثانية، 1989م).
9_ موسى، علي حسن، المعجم الجغرافي المناخي، (دمشق: دار الفكر للطباعة، والتوزيع والنشر، الطبعة الأولى، 1986م).
10_ مقيلي، إمحمد عيّاد، مخاطر الجفاف والتصحُّر والظواهر المصاحبة لهما، (الزاوية: دار شموع الثقافة للطباعة، والنشر، والتوزيع، الطبعة الأولى، 2003م).
11_ مقيلي، إمحمد عيّاد، تطرفات الطقس والمناخ، (الزاوية: دار شموع الثقافة للطباعة، والنشر، والتوزيع، الطبعة الأولى، 2003م).
12_ النطاح، محمد أحمد، الأرصاد الجوية: الجزء الأول، (مصراته: الدار الجماهيرية للنشر، والتوزيع، والإعلان، الطبعة الأولى، 1990م).

ج_ الرسائل العلمية:

1_ إبراهيم، محمود سعد، "التصحُّر في جنوب الجبل الأخضر: دراسة جغرافية في المظاهر والأسباب"، (رسالة ماجستير- غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، (بنغازي)، 2006م.

د_ الدوريات:

1_ شحَادة، نعمان، "فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية"، محلة الجمعية الجغرافية الكويتية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت، والجمعية الجغرافية الكويتية، (الكويت)، العدد 89، (مايو، 1986م).
2_ـ إبراهيم، محمود سعد، "تدهور الأحياء البرّية في إقليم الجبل الأخضر وإمكانية تنميتها"، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار (البيضاء)، العدد الثامن، (2010م).

2_ المصادر والمراجع الأجنبية:

1_Emberger, L, Une Classification Biogeographiqu Climates Recueil des Travaux des Labratoires de Bot, et Geol, et–Zool, univ, Montpellier, 1955.
2_World Meteorological Organization (W.M.O), Climatic Change, Technical Note No. 79, (Geneva: 1966).
3_World Meteorological Organization (W.M.O), Some Methods of Climatological Analysis, Technical Note No. 81, (Geneva: 1966).
4_Siegel, S, Nonparametric Statistics for Behavioral Science, (Pennsylvania State: McGraw-Hill Kogakusha, 1956).
5_Ogallo, L, "Rainfall Variability in Africa", Article in Monthly Weather Review, Volume (107), Department of Meteorology, University of Nairobi, Kenya, (September, 1979), pp. 1133_1139.

6_Khazanie, R, Elementary Statistics, Good year publishing Comp, Inc., Santa Monica, Cal 1979.
7_ Mogull, Robert, G. " The One _ Sample Runs Test: A Category OF Exception",(California State University, Sacramento,2016), pp 296_303.