https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

تحليل التباين في اتجاهات كميات الأمطار بمنطقة طرابلس
للمدة 1990 – 2023م

د. خالد أحمد بشير قناو
أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا/كلية التربية
جامعة المرقب – ليبيا.
khalid2014.m.a.a.t@gmail.com

أ. جلال أحمد عبد الله
محاضر مساعد بقسم الجغرافيا/كلية الآداب
جامعة الجفرة – ليبيا.
Wla937927@gmail.com

الملخص:
يهدف البحث إلى تحليل اتجاه كميات الأمطار في منطقة طرابلس لمدة 33 سنة (1990-2023) اعتمادًا على البيانات الشهرية والسنوية لكميات الأمطار، وذلك من تطبيق المعاملات الإحصائية المتمثّلة بأنموذج باينوميال (Binomial cofficirnt) واختبار (2-Sample T) لاختبار الفروض الإحصائية، وتوصّلت الدراسة إلى العديد من النتائج كان أهمها وجود عدة دورات مطرية الجافة والرطبة متفاوتة الكمية والطول عن المعدل العام بلغت خمس دورات مطرية حسب أنموذج باينوميال منها ثلاث دورات رطبة ودورتان جافتان، حيث جاءت أكثر السنوات أمطارًا في متوسطه السنوي سنة 2023 (655.23ملم)، في حين جاءت أقل السنوات أمطارًا في متوسطه السنوي سنة 2010 (165.00ملم)، وبذلك يكون الفرق بينهما (490ملم)، كما توصّلت الدراسة إلى أنّ اتجاه الأمطار في منطقة طرابلس يسير باتجاه واحد والفرق بين المتوسطين ليس كبير باختبار (2-Sample T)، وذلك من قيمة (P. value) والتي تساوي (0.790) وهي أكبر من مستوى المعنوية (a) 5%، كما توصّلت إلى قبول الفرضية الصفرية التي مفادها أنّ متوسط أمطار الفترة الأولى وأمطار الفترة الثانية لمنطقة طرابلس تساوي صفر، وهي القيمة التي تقع داخل نطاق فترة الثقة (0.27-) وذلك بدرجة ثقة 95%.

الكلمات المفتاحية: الأمطار، الاتجاه المناخي، الأنموذج المناخي، منطقة طرابلس.

-الجزء الأول من بحوث المؤتمر الجغرافي الثامن عشر والذي عقد بجامعة الجفرة بتاريخ 17-18- ديسمبر 2025 ، بعنوان (**البيئات الجغرافية الليبية الجافة وشبه الجافة: الواقع – الآفاق – التحديات** ، (**2026.08.15** م) **https://jlgs.ly/ojs**.

Analysis of variation in trends in rainfall amounts in the Tripoli region for the period 1990-2023.

Khalid Ahmed Bashir Gnaw.
Department of Geography, Faculty of Education
Al-Marqab University- Libya.
khalid2014.m.a.a.t@gmail.com

Jalal Ahmed Abdullah.
Department of Geography, Faculty of Arts
Al-Jufra University- Libya.
Wla937927@gmail.com

Abstract

The research aims to analyze the trend of rainfall in the Tripoli region for a period of 33 years (1990-2023) based on monthly and annual data of rainfall amounts through the application of statistical coefficients represented by the binomial coefficient model and the (2-Sample T) test to test statistical hypotheses. The study reached many results, the most important of which was the presence of several dry and wet rain cycles of varying quantity and length from the general average, amounting to five rain cycles according to the binomial model, including three wet cycles and two dry cycles. The year with the most rain in its annual average was 2023 (655.23 mm), while the year with the least rain in its annual average was 2010 (165.00 mm), so the difference between them is (490 mm). The study also concluded that the trend of rainfall in the Tripoli region is going in one direction and the difference between the two averages is not large through the 2-Sample T test through the value (P. value), which is equal to (0.790) is greater than the significance level (a) 5%. I also accepted the null hypothesis, which is that the average rainfall of the first period and the rainfall of the second period for the Tripoli region is equal to zero, which is the value that falls within the confidence interval (-0.27) with a confidence level of 95%.

***Keywords*:** Rainfall, Climate Trend, Climate Model, Tripoli region.

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

مقدمة (Introduction):

معرفة مدى انتظام سقوط الأمطار أو تباينها من سنة إلى أخرى تُعدّ من الموضوعات التي تلقى اهتمامًا بالغًا لدى المهتمين بالمناخ، حيث تُعدّ الأمطار من أكثر العناصر المهمة في المنظومة المناخية، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة؛ وذلك لأهميتها لحياة الإنسان ونشاطاته اليومية في جميع المجالات، ولذا نالت الدراسات المناخية للأمطار جانبًا كبيرًا من البحوث العلمية واتجهت معظمها إلى تحليل خصائص نظام تساقط الأمطار في الزمان والمكان، وتحليل كمياتها، واتجاهها العام، وطول المدة الزمنية، والتوزيع الجغرافي لها سواء على المدى القصير أو الطويل وإيجاد العلاقات الإحصائية.

وتُعدّ دراسة التحليل الزماني لكميات الأمطار واتجاهاتها في غاية الأهمية لجميع مجالات التخطيط السليم؛ وذلك لاستعمالها في التنبؤ المستقبلي لجميع المجالات البيئية خاصة في برامج التنمية المختلفة؛ لأنّ هذه المجالات تحتاج إلى معرفة المعلومات والبيانات المناخية التفصيلية.

وتأخذ منطقة الدراسة نمطين من التغير في كميات الأمطار هما الزيادة والنقصان، وهذه خاصية من خصائص الأمطار على المناطق الساحلية في ليبيا والتي ترتبط بحالات عدم الاستقرار المصاحبة للمنخفضات الجوية الشتوية التي تتأثر بمجموعة من العوامل التي تؤدي بشكل أو بآخر في تباين وتفاوت وشذوذ وتذبذب وتطرف كميات الأمطار ومواعيد سقوطها مكانيًا وزمانيًا، ومن بينها الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة، والتضاريس، والخصائص المناخية الأخرى لاسيما درجات الحرارة والرطوبة والرياح، وبالتالي تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التباين في اتجاهات كميات الأمطار السنوية لمنطقة طرابلس لمدة ثلاثة وثلاثين سنة متواصلة تمتد من يناير 1990 إلى ديسمبر 2023، وسيتم استخدام أساليب تحليلية وإحصائية لفحص البيانات المطرية ومعرفة الفروقات في كميات الأمطار، وبيان اتجاهها، وتحديد الفترة الزمنية التي تبدأ وتنتهي خلالها الدورة المطرية، ونوعية خصائصها ومتغيراتها الجافة والرطبة إضافة إلى تكوين قاعدة بيانات رقمية مناخية تبيّن طبيعة الدورات المطرية والجافة في منطقة الدراسة.

مشكلة الدراسة (The problem of study):

تكمن مشكلة الدراسة في الكشف عن تحليل التباين في اتجاهات كميات الأمطار في منطقة طرابلس حيث تشهد المنطقة تباينًا مكانيًا وزمانيًا سواء كان ذلك على المستوى الشهري، أو

الفصلي، أو السنوي نتيجة لتباين تكرار وحجم وامتداد عدد من العوامل الطبيعية التي تتحكم فيها، الأمر الذي يستدعي الوقوف عنده بشكل معمق دراسة وبحثًا، حيث تحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

1. ما هي طبيعة خصائص الأمطار الشهرية والسنوية في منطقة الدراسة ؟
2. هل يوجد تباين مكاني ذو دلالة إحصائية في كميات الأمطار لمنطقة الدراسة على المدى الشهري والسنوي ؟
3. هل نتائج التحليل الإحصائي يساهم في معرفة المناخ المحلي واتجاهاته لمنطقة الدراسة ؟

فرضياتها (Hypothesis):

1. هناك علاقة بين التغيرات المناخية الشهرية والسنوية لكميات الأمطار وبين تأثير وتفاعل العوامل الجغرافية المختلفة.
2. يوجد تباين ذو دلالة إحصائية في كميات الأمطار على المدى السنوي بين متوسط الفترة الأولى ومتوسط الفترة الثانية بمنطقة الدراسة.

أهداف الدراسة (Objectives of the study):

1. التعرّف على التغيرات الشهرية والسنوية لكميات الأمطار عبر فترات زمنية طويلة؛ وذلك لتحديد الاتجاه العام لكميات الأمطار.
2. الكشف عن طبيعة الاتجاه المناخي لكميات الأمطار في الفترة المدروسة، وتحديد المدة الزمنية، ونوعية الاتجاه وانحرافه عن الاتجاه العام.
3. تكوين قاعدة بيانات رقمية مناخية لمنطقة الدراسة للاستفادة منها على الصعيد المحلي والدولي.

أهمية الدراسة (Importance):

1. تحديد الاتجاه المناخي لكميات الأمطار وتحليل بيانته وذلك باستخدام الأساليب الإحصائية متمثلًا باستخدام أنموذج باينوميال واختبار(2-Sample T).
2. سعي الدراسة لوضع قاعدة بيانات مناخية للمنطقة تبيّن المدى الزمني للدورات المطرية الجافة والرطبة تستند إليها دراسات أخرى متعلقة بالمشاريع الاقتصادية كالنشاط الزراعي وغيره.

منهجية الدراسة (Approach of study):

هناك العديد من المناهج التي تُستخدم في مجال الجغرافيا، وتمّ استخدام المنهج الكميُّ التحليليُّ وهو عبارة عن أسلوب علمي تحليلي يرتكز على معلومات دقيقة لظاهرة أو موضوع في

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

فترة زمنية محددة، حيث تلجأ الدراسة في هذا المنهج إلى دراسة الخصائص المناخية لكميات الأمطار، واستخلاص النتائج من النماذج الرياضية؛ وذلك من أجل تحديد المدى الزمني للاتجاه المناخي وتقديم صورة واضحة عن طبيعة الأمطار وخصائصها، ومن الأساليب الإحصائية التي تمّ استخدامها في تحليل ومعالجة كميات الأمطار واستخراج الاتجاه العام يكمن في الآتي:

أ. **أنموذج باينوميال** (**Binomial cofficirnt**): ورد في البحث المنشور لمنظّمة الأرصاد العالمية (WMO) الذي يقوم على إلغاء الذبذبات الأقصر من خمس سنوات، ويبقي على الاتجاهات الطويلة في صورة واضحة يمكن تحديدها وقياسها بدقة، مع مراعاة أنْ تكون سلسلة البيانات المناخية طويلة ومتجانسة قدر الإمكان؛ لأنّه يقلص مدة ثمانية سنوات من السلسلة المناخية مقسّمة على أربع سنوات في البداية وأربع سنوات من النهاية، وبعد تصفية البيانات من الذبذبات القصيرة يتم تمثيلها بيانيًا بتوقيع السنوات على المحور الأفقي، وكميات الأمطار على المحور الرأسي، ومن تخطيط الانتشار للبيانات يمكن تحديد الفترات أو الدورات المطيرة وهي السنوات الواقعة فوق المتوسط الحسابي المستخرج من كميات الأمطار أثناء تصفيتها في النموذج، أمّا الفترات أو الدورات الجافة فهي الواقعة تحت المتوسط الحسابي، ويحسب عن طريق المعادلة الآتية: (امقيلي، 2025، ص168).

$$B=0.02xi.4+0.05xi.3+0.12xi.2+0.20xi.1+0.22xi+0.20xi.1+0.12xi.2+0.05xi.3+\ 0.02xi.4$$

ب. **اختبار** (**2-Sample T**): يمكن التعرّف على اتجاه كميات الأمطار باختبار الدلالة الإحصائية عن طريق هذا الاختبار، وهو نوع من أنواع الاختبارات المعلمية (Parametric Tests) الذي يُستخدم في حالة التحقق من صحة فروض معينة حول الفرق بين متوسطي مجتمعين وذلك في حالة العينات المستقلة، حيث تقسم السلسلة الزمنية إلى فترتين متساويتين ويحسب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل فترة على حدة (سليمان، 2017، ص185).

الدراسات السابقة (**Previous studies**):

هناك العديد من الدراسات المناخية المتعلقة بالأمطار منها الدراسات المحلية ومنها الدراسات الدولية، فكان معظمها يرتكز على الجانب الوصفي والكمي للأمطار، ومنها ما هو متعلق بالتوزيع الجغرافي، ومنها ما هو متعلق بالجانب البشري والتوزيعات السكانية وعلاقتها بسقوط الأمطار، وجاءت هذه الدراسة مختلفة عن غيرها من الدراسات السابقة فهي تدرس النماذج الرياضية التي

تقوم بتحليل الدورات المناخية بالوصف والتحليل والتفسير من حيث المدى الزمني والكمي لتلك المتغيرات، وبيان الاتجاه المناخي لكميات الأمطار، والفترات الرطبة والجافة بمنطقة طرابلس، وسيتم بيان أبرز الدراسات التي تتعلق بكميات الأمطار وتوزيعاتها الجغرافية كما يأتي:

- **دراسة (محمد)** بعنوان طبيعة التغير في كميات الأمطار بمنطقة سهل الجفارة للفترة (1970-2005) وأثره في حدوث ظاهرة التصحر، توصّلت إلى العديد من النتائج كان أهمها أنّ التغير في كميات الأمطار لأغلب محطات أرصاد المنطقة يتجه نحو النقصان ولكن بدرجات متفاوتة والذي انعكس سلبًا على نوعية وكثافة الغطاء النباتي وأدى إلى حدوث فترات جفاف متعاقبة، ومن ثَمّ ظهور حالات التصحر بالمنطقة.

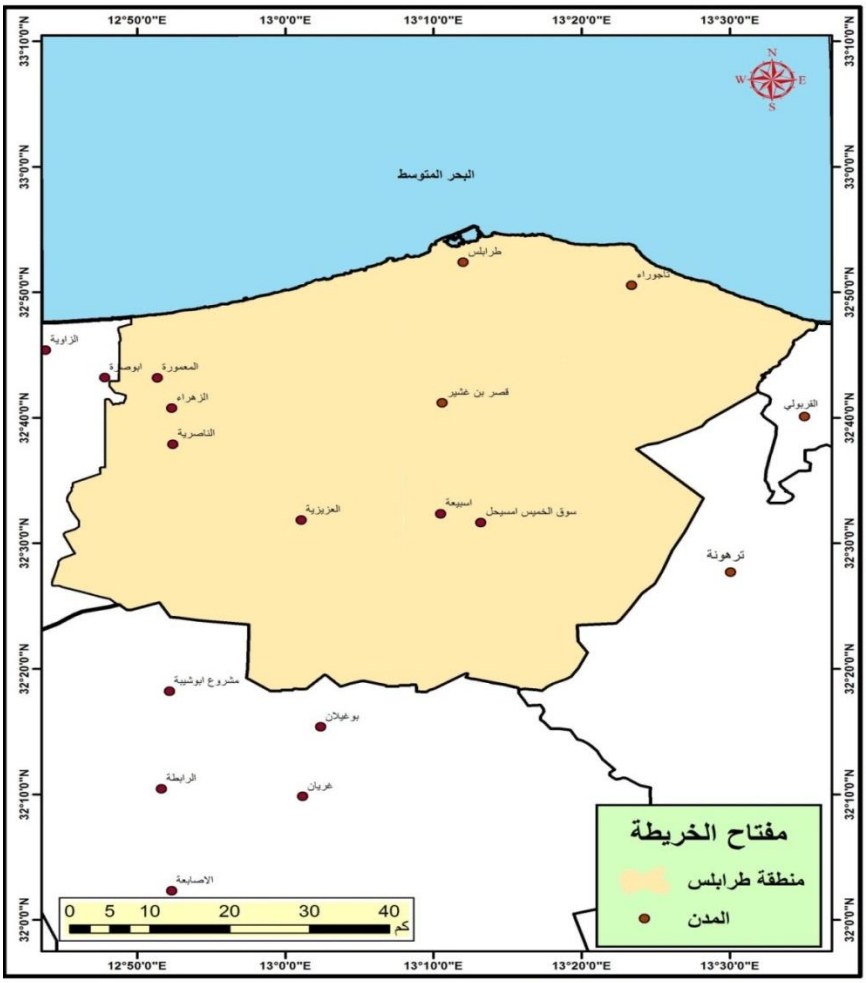
- **دراسة (سالم)** بعنوان اتجاهات الأمطار في النطاق الشمالي من ليبيا للفترة (1971-2002) حيث توصّلت إلى أنّ هناك تذبذب في اتجاه الأمطار نحو الزيادة والنقصان، وأنّ كل الاتجاهات المطرية لا تتمتع بأي أهمية إحصائية، كما توصّلت إلى أنّ هشاشة البيئة الطبيعية هي السبب الرئيس في تذبذب كميات الأمطار.

- **دراسة (الجالي)** بعنوان اتجاهات التغير في كميات الأمطار بشمال شرقي ليبيا للفترة (1961-2010) والتي درست فترات الجفاف والرطوبة بالاعتماد على طريقة المتوسط النصفي وخط الاتجاه العام وطريقة المتوسطات المتحركة، وتوصّلت الدراسة إلى أنّ اتجاهات التغير في معدلات الأمطار السنوية اتجهت نحو النفصان في مناطق طبرق وشحات وبنينا، في حين اتجهت نحو الزيادة في مناطق درنة وإجدابيا، مما نتج عن هذه التغيرات إلى حدوث فترات رطبة وأخرى جافة متفاوتة الكمية والطول.

- **المجالات الطبيعية لمنطقة الدراسة:** ترتكز معظم الدراسات المناخية في تحديد نطاق دراستها بناء على الحدود الطبيعية أو الإدارية والتي تجعل منطقة الدراسة واقعة في الشمال الغربي لليبيا بين البحر المتوسط شمالًا وبلدية العزيزية جنوبًا، وبين بلدية القربولي من ناحية الشرق وبلدية الزاوية من ناحية الغرب بإجمالي مساحة بلغت (3643.5كم^2)، أمّا فلكيًا فتقع بين خطي طول (18' 44" 12°) و (52' 35" 13°) شرقًا، وبين دائرتي عرض (18' 15" 32°) و(17' 55" 32°) شمالًا كما هو مبين في الخريطة (1)، وستقوم الدراسة بالتعرّف على تحليل التباين في اتجاهات كميات الأمطار لمنطقة طرابلس في الفترة الزمنية 1990- 2023.

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

خريطة (1) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثان استنادا إلى التقسيم الإداري للبلديات، باستخدام برنامج (Arc map 10.8).

خصائص السطح ومظاهره:

تتميز منطقه طرابلس بخصائص سطحية متنوعة تعكس الموقع الجغرافي والجيولوجي ضمن إقليم شمال غرب ليبيا، ومن أبرز مظاهر السطح في المنطقة السهل الساحلي الذي يمتد على طول البحر ويتراوح عرضه بين 15 إلى 50 كيلو مترًا، وهو سهل منبسط إلى قليل التموج يحتوي على تربة خصبة نسبيًا صالحًا للزراعة، بالإضافة إلى عدد من الأودية الجافة موسمية الجريان وبعض

الهضاب الموجودة جنوب السهل التي ترتفع تدريجيًا باتجاه الجنوب ويبلغ ارتفاعها ما بين 200 إلى 400 متر فوق مستوى سطح البحر، وتتكوّن من صخور جيرية ورسوبية، كما توجد بالمنطقة بعض المرتفعات الجبلية ذات ارتفاع محدود في بعض الأجزاء الجنوبية الغربية، وأيضًا توجد بعض المناطق ذات الطبيعة الرملية جنوب طرابلس خاصة عند بداية الانتقال نحو الصحراء. أمّا عن التربة في منطقه طرابلس فهي تتنوع بين التربة الرملية في المناطق الساحلية والتربة الطينية في المناطق الداخلية إضافة إلى بعض الأراضي المالحة القريبة من السبخات، أمّا الغطاء النباتي الطبيعي فهو محدود نتيجة النشاط البشري لكنه يشمل أنواعًا من الأشجار المتوسطية مثل الزيتون والصنوبر بالإضافة إلى الحشائش والأعشاب البرية، وأثّرت الزراعة والرعي الجائر والزحف العمراني على التنوع النباتي في المنطقة (بن محمود، 1993، ص81). أمّا عن الموارد المائية فهي ذات مصادر مائية متعددة طبيعية وصناعية تعتمد عليها في تلبية احتياجات السكان والزراعة منها المياه الجوفية وهي من أهم المصادر المائية الموجودة في المنطقة، وهي توجد في خزانات جوفية على أعماق متفاوتة تُستخدم بواسطة آبار ارتوازية خصوصًا في المناطق الزراعية، بالإضافة إلى مياه الأمطار التي تهطل في فصل الشتاء بكميات محدودة أقل من 400 ملم سنويًا، وهناك مصدر آخر وهو مياه النهر الصناعي التي تُنقل بواسطة أنابيب المياه تمتد لمئات الكيلومترات لأغراض الشرب والزراعة، وهناك بعض محطات إزالة عسر الماء والتي تُعرف محليًا بمحطات التحلية ممتدة على نطاق محدود في طرابلس وضواحيها.

الظروف المناخية لمنطقة الدراسة:

تُعدّ الأمطار من العناصر المهمة في المنظومة المناخية، ودراستها تحتاج إلى جمع الكثير من القيم والبيانات والمعلومات حتى يتم دراستها بشكل متكامل تظهر طبيعة الاتجاهات المطرية في أي منطقة من العالم نتيجة التباين الطبيعي من سنة لأخرى، ويتضح أنّ الموقع الجغرافي لليبيا بين البحر المتوسط في الشمال والصحراء الكبرى في الجنوب يلعب دورًا رئيسيًا في تحديد توزيع كميات الأمطار بين المناطق الليبية وخاصة في المناطق التي تقع ما بين صراع الكتلة الرطبة والكتلة الجافة، كما أنّ عامل الارتفاع يلعب دورًا بارزًا في توزيع كميات الأمطار وخاصة في المناطق المواجهة لاتجاه الرياح الممطرة (المهدوي، 1998، ص71). كما أنّ معظم الأمطار المتساقطة على سواحل ليبيا والمناطق الواقعة في ظهيرها من أصل إعصاري وهي تأتي مع المنخفضات الجوية التي تتكوّن على حوض البحر المتوسط أو تغزوه من ناحية الغرب وتكون أقوى في غرب البلاد عن شرقها؛ وذلك بسبب فقد الأعاصير التي تمر على تلك الجهات لكثير من رطوبتها، وتنشأ هذه المنخفضات عادة نتيجة لالتقاء نوعين مختلفين من الهواء أحدهما مداري قاري مصدره الصحراء الكبرى، والثاني قطبي

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

بحري أو قاري يأتي من ناحية الشمال، ويسقط هذا النوع من الأمطار غالبًا على شكل رخّات مطرية كثيفة تأتي على فترات متقطعة ومتباينة من سنة إلى أخرى سواء في كميتها أو توزيعها. (شرف، 1958، ص300). وتتمتع منطقة الدراسة بمناخ متوسطي معتدل يتميز بصيف حار وجاف وشتاء معتدل ممطر متوسط درجات الحرارة في الصيف يتراوح بين 30– 35 درجة مئوية بينما تنخفض في الشتاء إلى ما بين 10–18 درجة مئوية وتسجل هطول مطري سنوي يتراوح ما بين 300 إلى 400 ملليمتر، وتتركز الأمطار بين نوفمبر ومارس، أمّا الرياح السائدة فهي رياح شمالية غربية معتدلة، وتتعرض أحيانًا لرياح القبلي الجافة والحارة القادمة من الجنوب. ومن ذلك نجد أنّ كميات الأمطار السنوية في منطقة الدراسة متذبذبة السقوط بين الارتفاع والانخفاض حيث نجد ارتفاعها في بعض السنوات كسنة 2023 التي وصل مجموعها (655.23 ملم) وانخفاضها في سنوات أخرى كسنة 2021 بمجموع سنوي (99.57ملم)؛ والسبب يرجع إلى تغير ميكانزمات التغذية الإرجاعية في الفترة المدروسة، كما أنّ التذبذب حاصل في الشهر الواحد من سنة إلى أخرى، فإذا نظرنا مثلًا إلى شهر ديسمبر يُلاحظ التذبذب الكبير الحاصل في هذا الشهر واختلافه من سنة لأخرى فنجد كمية سقوط الأمطار سنة 2023 بنحو (251 ملم) بينما نجده في سنة 2022 لا تتجاوز (5.92ملم)، كما أنّ الاختلاف حاصل بين المدن الواقعة ضمن المنطقة الساحلية نفسها حيث بلغ معدل الأمطار العام على منطقة الدراسة في الفترة المدروسة نحو (291.1 ملم) مقارنة مع أمطار مدينة الخمس بمعدل سنوي يصل إلى (282.2 ملم)؛ ويرجع ذلك إلى استنزاف حمولة الهواء المتجهة من الغرب إلى الشرق من الرطوبة دون تعويضها، كما أنّ وقوع ساحلها عند أقصى الحدود الجنوبية لنطاق أعاصير المنطقة المعتدلة بحيث تتصارع كتل الهواء الجافة (مدارية قارية مصدرها الصحراء) مع كتل الهواء الرطبة (بحرية أو قارية تأتي من الشمال) حيث تكون الغلبة في بعض الأحيان للكتل الرطبة فيسقط المطر، وفي أحيان أخرى تكون الغلبة للهواء المداري القاري فينجم الجفاف، بالإضافة إلى ذلك وجود العلاقة العكسية بين عاملي التساقط والحرارة وعلى أساسهما يتم تحديد الفترات الرطبة والفترات الجافة على مدار السنة حيث يبرز التناسب العكسي بين العاملين (امقيلي، 1995، ص177).

الجدول (1) كميات الأمطار الشهرية لمنطقة طرابلس (1990–2023).

الشهور / السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1990	142.0	2.00	7.00	24.00	15.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	89.00	37.00
1991	46.00	30.00	27.00	15.00	5.00	3.00	0.00	0.00	15.00	6.00	38.00	83.00
1992	58.00	31.00	26.00	5.00	11.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	18.00	38.00
1993	34.00	60.00	10.00	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.00	9.00	48.00	64.00
1994	77.00	12.00	9.00	62.00	6.00	0.00	0.00	0.00	2.00	41.00	24.00	50.00
1995	170.0	23.00	19.00	32.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.00	98.00	33.00	69.00
1996	30.00	106.0	50.00	5.00	1.00	2.00	0.00	0.00	12.00	8.00	29.00	27.00
1997	55.00	16.00	24.00	8.00	1.00	2.00	0.00	0.00	58.00	45.00	13.00	98.00
1998	52.00	37.00	43.00	4.00	12.00	2.00	0.00	0.00	3.00	20.00	38.00	61.00
1999	48.00	62.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	13.00	41.00	101.0
2000	58.00	91.00	3.00	7.00	4.00	0.00	0.00	0.00	1.00	34.00	1.00	15.00
2001	25.00	41.00	8.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.00	81.00	69.00
2002	17.00	38.00	7.00	16.00	2.00	0.00	0.00	0.00	17.00	23.00	118.0	34.00
2003	84.00	40.00	24.00	20.00	1.00	0.00	0.00	0.00	20.00	2.00	46.00	126.0
2004	63.00	6.00	54.00	16.00	1.00	0.00	0.00	0.00	8.00	1.00	33.00	51.00
2005	69.00	15.00	12.00	4.00	0.00	3.00	0.00	0.00	7.00	6.00	15.00	142.0
2006	154.0	52.00	6.00	9.00	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	30.00	26.00	42.00
2007	16.00	60.00	46.00	15.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	48.00	22.00	110.0
2008	123.0	48.00	4.00	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	15.00	6.00	28.00	95.00
2009	35.00	22.00	7.00	9.00	13.00	0.00	0.00	0.00	20.00	57.00	4.00	8.00
2010	42.00	2.00	13.00	17.00	4.00	1.00	0.00	0.00	15.00	19.00	17.00	35.00
2011	45.00	57.00	23.00	15.00	3.00	5.00	0.00	0.00	2.00	13.00	54.00	61.00
2012	50.00	61.00	51.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	6.00	8.00	18.00
2013	50.00	25.00	13.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	7.00	9.00	69.00	113.0
2014	23.00	17.00	43.00	3.00	3.00	1.00	0.00	0.00	4.00	40.00	46.00	70.00
2015	38.00	72.00	40.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	49.00	41.00	74.00	43.00
2016	39.00	9.00	4.00	1.00	6.00	2.00	0.00	0.00	15.00	9.00	13.00	91.00
2017	31.00	4.00	44.00	36.00	1.00	0.00	0.00	0.00	30.00	92.00	41.00	159.0
2018	46.00	55.00	12.00	0.00	3.00	2.00	0.00	0.00	19.00	49.00	45.00	29.00
2019	88.00	99.00	18.00	11.00	2.00	1.00	0.00	0.00	5.00	43.00	14.00	90.00
2020	35.00	9.00	31.00	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	42.00	14.00	68.00	44.00
2021	9.29	15.11	5.67	0.72	00.0	0.09	0.00	0.02	5.1	20.04	15.11	28.42
2022	137.0	35.28	22.4	2.53	19.6	00.0	0.00	0.82	6.36	76.75	84.65	5.92
2023	51.24	36.47	7.95	21.3	109.8	45.36	0.00	43.6	78.67	6.24	3.55	251.0

www.power.larc.nasa.gov/data-access-viewer

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

التحليل الإحصائي لاتجاه كميات الأمطار:

يعُرّف الاتجاه العام بأنّه التغير في المتوسط العام لفترات متلاحقة إمّا بالزيادة أو التناقص التدريجي نحو وضع جديد يختلف عن سابقه. (امقيلي، 2025، ص158).

وتُعدّ دراسة الاتجاه المناخي لكميات الأمطار وتحليلها في غاية الأهمية؛ وذلك لاستعمالها في التنبؤ المستقبلي لجميع برامج التخطيط والتنمية، فالتغير غير المنتظم في كميات الأمطار واتجاهاتها نقصا أو ازديادًا يكون أكثر تذبذبًا وأشد حدوثًا مما يحصل في التغير لدرجات الحرارة التي ترتفع فيها المعدلات بشكل محدود جدًا عن المعدل العام؛ نظرًا لِمَا يتميز به الغلاف الجوي من طبيعة شديدة التغير. فالاتجاهات المطرية توجد متخفية في الذبذبات الشهرية والسنوية مما يجعل من الصعب اكتشافها لمجرد رسم تخطيط الانتشار للمشاهدات المناخية، فهي أرقام مضللة وعادة ما تتضخم نتيجة وجود بعض المشاهدات الشاذة بحيث تقود إلى الإبخاس أو المبالغة في تقدير كميات الأمطار؛ لذلك يلجأ إلى تحليل السجلات المطرية بواسطة النماذج الديناميكية التي بإمكانها إزالة التشويش السنوي الناتج عن الذبذبات والتقلبات المناخية، وكذلك التعرّف ما إذا كان التغير في كميات الأمطار وانحرافها عن خط الاتجاه العام للمُناخ (Climate trend) عشوائيًا أم يسير بطريقة منتظمة، حيث يعطي الاتجاه العام للأمطار انطباعًا عن الصورة الكلية لطبيعة الأمطار وتحديد ما يمكن أنْ يكون عليه وضع الأمطار في السنوات القادمة وخاصة التوقعات على المدى القريب التي تتصف أمطارها بالطابع العشوائي، وكثرة تغير كمياتها من سنة لأخرى، وتكمن النماذج الرياضية في الآتي:

أولًا: اختبار (T Sample-2):

يمكن التعرّف على اتجاه كميات الأمطار باختبار الدلالة الإحصائية عن طريقه وهو نوع من أنواع الاختبارات المعلمية Parametric Tests الذي يستخدم في حالة التحقق من صحة فروض معينة حول الفرق بين متوسطي مجتمعين وذلك في حالة العينات المستقلة، حيث تقسم السلسلة الزمنية إلى فترتين متساويتين ويحسب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل فترة على حدة. (سليمان، 2017، ص185).

الجدول (2) المتوسطات الإحصائية لكميات الأمطار بمنطقة طرابلس.

الفترة الأولى	الفترة الثانية
M=17	N=17
X1=286.4	X2=295.8
X1=4868	X2=5028.2
S1=65.4	S2=129.0
الانحراف المعياري العام	**100.8**

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على نتائج التحليل الإحصائي لبرنامج Minitab.

الجدول (3) متوسط الفترتين في كميات الأمطار لمنطقة طرابلس.

ر	الفترة الأولى		الفترة الثانية	
	السنة	كمية المطر/ ملم	السنة	كمية المطر/ ملم
1	1990	317.00	2007	320.00
2	1991	268.00	2008	329.00
3	1992	190.00	2009	175.00
4	1993	233.00	2010	165.00
5	1994	283.00	2011	278.00
6	1995	467.00	2012	201.00
7	1996	270.00	2013	294.00
8	1997	320.00	2014	250.00
9	1998	272.00	2015	360.00
10	1999	313.0	2016	189.00
11	2000	214.00	2017	438.00
12	2001	237.00	2018	260.00
13	2002	272.00	2019	371.00
14	2003	363.00	2020	252.00
15	2004	233.00	2021	99.57
16	2005	273.00	2022	391.42
17	2006	343.00	2023	655.23
--	**المجموع**	**4868**	**المجموع**	**5028.22**
--	**المتوسط**	**286.4**	**المتوسط**	**295.8**
	المتوسط العام		**291.1**	

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على نتائج التحليل الإحصائي.

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

ومن ذلك تمّ إدخال البيانات إلى برنامج Minitab، ومن التحليلات الإحصائية تمّ اختيار اختبار (Two-Sample T) للعينات المستقلة عند درجة الحرية 32 ودرجة الثقة 95% المطلوب عندها اختبار الفروض وتصاغ رياضيًا بالشكل الآتي:

Ho: X1= X2=0

HA: X1# X2=0

فالفرضية العدمية تنصّ على أنّه ليس هناك فرق بين المتوسطين مما يعني عدم وجود تغير في كميات الأمطار، أمّا الفرضية البديلة فهي تنصّ على وجود تغير جذري في كميات الأمطار دال إحصائيًا بدليل أنّ المتوسطين غير متساويين، ومن نافذة المخرجات Session داخل بيئة برنامج Minitab تحصلنا على النتائج الآتية:

الجدول (4) نتائج اختبار 2–Sample T.

قيمة (t) المحسوبة	درجات الحرية (DF)	الاحتمال (P.value)	ومستوى المعنوية (a)	درجات الثقة
-0.27	32	0.790	%5	%95

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على نتائج التحليل الإحصائي لبرنامج Minitab.

اتخاذ القرار:

1– من العلاقة بين (P. value) ومستوى المعنوية (a): يتضح من الجدول السابق أنّ قيمة (P. value) تساوي (0.790) وهي أكبر من مستوى المعنوية (a) 5%، بالتالي فإنّنا نرفض الفرض البديل ونقبل الفرض العدمي القائل إنّ الفرق بين متوسط مناخ الفترة الأولى والفترة الثانية ليس كبير ونجزم أنّ اتجاه الأمطار بين الفترتين يسير على اتجاه واحد.

2– من فترة الثقة (confidence Interval): الاختبار من طرفين حيث إنّ الفرض البديل على شكل لا يساوي (#) والقيمة المراد اختبارها للفرق بين متوسط أمطار الفترة الأولى وأمطار الفترة الثانية لمنطقة طرابلس تساوي صفر، فإنّنا نجدها تقع داخل نطاق فترة الثقة (: 80.856- 62.016) وهي القيمة (0.27-) وبالتالي نقبل الفرض العدمي ونرفض الفرض البديل وذلك بدرجة ثقة 95%.

ثانيًا: أنموذج باينوميال لكميات الأمطار (Binomial cofficirnt):

أنموذج رياضي وارد في البحث المنشور لمنظّمة الأرصاد العالمية (WMO) الذي يقوم على إلغاء الذبذبات الأقصر من خمس سنوات ويبقي على الاتجاهات الطويلة في صورة واضحة يمكن تحديدها وقياسها بدقة، مع مراعاة أنّ تكون سلسلة البيانات المناخية طويلة ومتجانسة قدر الإمكان؛ لأنّه يقلص مدة ثمانية سنوات من السلسلة المناخية مقسمة على أربع سنوات في البداية وأربع سنوات من النهاية (امقيلي، 2025، ص168)، حيث تبدأ الدورة بقيمة متدنية تتصاعد مع الزمن حتى تصل الدورة لذروتها، ثم تبدأ بعد ذلك في الهبوط المتدرج وغالبًا لا تأخذ تلك المنحنيات شكل موجات مثالية الشكل بل يشوبها بعض التعديل، ولا يؤخذ بحقيقة الدورة إلّا إذا كان طولها يتراوح بين (10/1-7/1) من طول السجل المناخي، ولأنّ الفترة المدروسة بلغت ثلاثة وثلاثين سنة فإنّ طول الدورات التي يعتد بها يصبح ما بين (4.7-3.3 سنة) (يوسف، 1982، ص8).

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

الجدول (5) نتائج أنموذج باينوميال لكميات الأمطار لمنطقة طرابلس (1990–2023).

السنة	كمية الأمطار السنوية / ملم	معامل باينوميال									الناتج	أكبر أو أصغر من المتوسط (*)
		0.02	0.05	0.12	0.2	0.22	0.2	0.12	0.05	0.02		
1990	317.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1991	268.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1992	190.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1993	233.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1994	283.00	272.00	320.00	270.00	467.00	**283.00**	233.00	190.00	268.00	317.00	298.6	A
1995	467.00	313.0	272.00	320.00	270.00	**467.00**	283.00	233.00	190.00	268.00	314.4	A
1996	270.00	214.00	313.0	272.00	320.00	**270.00**	467.00	283.00	233.00	190.00	318.7	A
1997	320.00	237.00	214.00	313.0	272.00	**320.00**	270.00	467.00	283.00	233.00	306.6	A
1998	272.00	272.00	237.00	214.00	313.0	**272.00**	320.00	270.00	467.00	283.00	209.8	B
1999	313.0	363.00	272.00	237.00	214.00	**313.0**	272.00	320.00	270.00	467.00	276.63	B
2000	214.00	233.00	363.00	272.00	237.00	**214.00**	313.0	272.00	320.00	270.00	266.57	B
2001	237.00	273.00	233.00	363.00	272.00	**237.00**	214.00	313.0	272.00	320.00	267.57	B
2002	272.00	343.00	273.00	233.00	363.00	**272.00**	237.00	214.00	313.0	272.00	275.08	B
2003	363.00	320.00	343.00	273.00	233.00	**363.00**	272.00	237.00	214.00	313.0	282.57	B
2004	233.00	329.00	320.00	343.00	273.00	**233.00**	363.00	272.00	237.00	214.00	290.97	B
2005	273.00	175.00	329.00	320.00	343.00	**273.00**	233.00	363.00	272.00	237.00	295.51	A
2006	343.00	165.00	175.00	329.00	320.00	**343.00**	273.00	233.00	363.00	272.00	297.14	A
2007	320.00	278.00	165.00	175.00	329.00	**320.00**	343.00	273.00	233.00	363.00	291.28	A
2008	329.00	201.00	278.00	165.00	175.00	**329.00**	320.00	343.00	273.00	233.00	268.57	B
2009	175.00	294.00	201.00	278.00	165.00	**175.00**	329.00	320.00	343.00	273.00	247.6	B
2010	165.00	250.00	294.00	201.00	278.00	**165.00**	175.00	329.00	320.00	343.00	233.06	B
2011	278.00	360.00	250.00	294.00	201.00	**278.00**	165.00	175.00	329.00	320.00	233.19	B
2012	201.00	189.00	360.00	250.00	294.00	**201.00**	278.00	165.00	175.00	329.00	245.53	B
2013	294.00	438.00	189.00	360.00	250.00	**294.00**	201.00	278.00	165.00	175.00	261.4	B
2014	250.00	260.00	438.00	189.00	360.00	**250.00**	294.00	201.00	278.00	165.00	276.90	B
2015	360.00	371.00	260.00	438.00	189.00	**360.00**	250.00	294.00	201.00	278.00	290.87	B
2016	189.00	252.00	371.00	260.00	438.00	**189.00**	360.00	250.00	294.00	201.00	304.69	A
2017	438.00	99.57	252.00	371.00	260.00	**438.00**	189.00	360.00	250.00	294.00	306.85	A
2018	260.00	391.42	99.57	252.00	371.00	**260.00**	438.00	189.00	360.00	250.00	307.72	A
2019	371.00	655.23	391.42	99.57	252.00	**371.00**	260.00	438.00	189.00	360.00	297.85	A
2020	252.00											
2021	99.57											
2022	391.42											
2023	655.23											
المتوسط العام	291.1 ملم											

(*) **A**(**Above**) القيم التي أكبر من المتوسط العام 291.1ملم ؛ **B** (**Below**) القيم التي أصغر من المتوسط العام 291.1ملم.

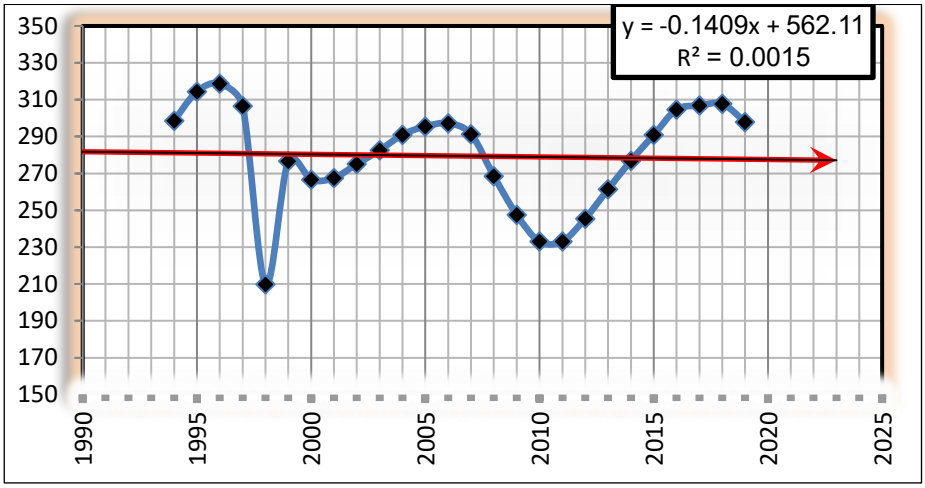
المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الجدول (1).

الجدول (6) الفترات الجافة والمطيرة لكميات الأمطار حسب أنموذج باينوميال (1990–2023).

الفترة المطيرة	طول الفترة المطيرة بالسنوات	الفترة الجافة	طول الفترة الجافة بالسنوات
1997-1994	4	2004-1998	7
2007-2005	3	2015-2008	8
2019-2016	4	////	////

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول (5).

الشكل (1) الدورات الرطبة والجافة لكميات الأمطار حسب أنموذج باينوميال (1990–2023).



المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على بيانات الجدول رقم (6).

من البيانات الموجودة في الجدولين (5–6) والشكل المرفق لهما (1) يتضح أنّ هناك تذبذب في كميات الأمطار واتجاهاتها مما أدى إلى تباين واضح في أطوال الدورات المطرية والفترة الزمنية التي انحصرت فيها، حيث وصل عدد الدورات المطرية والجافة إلى خمس دورات مقياسًا للمتوسط العام لكميات الأمطار حيث بدأت السلسلة المطرية في منطقة طرابلس بفترة مطيرة استمرت لمدة أربعة سنوات من سنة 1994– 1997 حيث سجلت سنة 1996 أكثر كميات للأمطار في هذه الدورة المطيرة والتي وصلت بنحو (318.7 ملم)، ثم أخذت الأمطار في الازدياد في نهاية هذه الدورة وهذا ما يبينه خط الاتجاه العام الذي يوضح اتجاه الأمطار نحو الزيادة بواقع (18ملم) مكونًا أول دورة مناخية مطيرة، ثم ما لبث إلى أنّ الأمطار بدأت في الانخفاض عن المعدل العام مكوّنة فترة جافة واتجاه مطري منخفض والتي استمرت إلى سبع سنوات من سنة 1998–2004 حيث سجلت سنة 1998 أقل كمية مطرية في هذه الفترة والتي بلغت (209.08 ملم) وهذا ما يوضحه خط الاتجاه العام في هذه الدورة الذي يتجه نحو الانخفاض بواقع (90ملم)، ثم بدأت الأمطار في الاتجاه نحو الزيادة مكوّنة دورة مطرية رطبة والتي استمرت لثلاث سنوات (2005– 2007) مكوّنة دورة مطرية ثانية وصلت سنة 2006 بنحو (297.14 ملم)، ثم بدأت الدورة الجافة الثانية والتي تُعدّ من أطول الدورات المناخية الجافة في السلسلة المناخية الحالية والتي استمرت قرابة ثمانية سنوات حيث بدأت منذ 2008 إلى سنة 2015 حيث سجلت سنة 2010 أقل سنة مطرية في تلك الفترة والتي بلغت نحو (233.06

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983760

ملم) وهو ما يُعرف بالجفاف المناخي (climatic drought) كما أنّ خط الاتجاه العام في هذه الدورة متجه نحو الانخفاض، ثم أخذت الأمطار في الزيادة مكوّنة دورة مطرية ثالثة استمرت لأربع سنوات من سنة (2016-2019) والتي بلغت فيها سنة 2018 أعلى كمية مطر (307.72 ملم). وهذا التباين الموجود في أطوال الدورات وعدم انتظامها وعشوائيتها وتبدلاتها نحو الزيادة حينًا والتناقص حينًا آخر حول المعدل العام يقلل من أهميتها كوسيلة لإجراء تنبؤات مستقبلية طويلة الأمد فلا يستطيع تحديد بداية أو نهاية الدورة، وبالنظر إلى خط الاتجاه العام يُلاحظ أنّ الأمطار في منطقة الدراسة متجهة نحو الهبوط حسب أنموذج باينوميال في الفترة الزمنية المدروسة، كما لا ننسى دور درجات الحرارة وعلاقتها بكميات الأمطار، حيث يُلاحظ ارتفاعها في السنوات الأخيرة من العقد الثاني للقرن الواحد والعشرين وخاصة في فصل الصيف والاعتدالين الربيعي والخريفي حيث تتقلص فرصة سقوط الأمطار في منطقة الدراسة.

النتائج:

1. تباين المتوسطات السنوية بالزيادة والنقصان عن المعدل السنوي العام، وهي خاصية توافقت مع المتوسطات الشهرية حسب البيانات المعدة في النماذج الإحصائية.
2. انتظام التناقص والزيادة في معدلات سقوط الأمطار الشهرية في السنوات المدروسة والذي يبيّن مدى تكرار نسق سقوط الأمطار في نفس الشهور خلال التوزيع السنوي.
3. جاءت قيم التغير لكل الشهور من عام إلى آخر، فمنها الموجب ومنها السالب وجاء التغير ملحوظًا في قيمه مما يدل على التغير الواضح في كميات الأمطار الشهرية للسنوات المدروسة.
4. وجود دورات مناخية واضحة المعالم في منطقة الدراسة بواقع ثلاث فترات رطبة وفترتين جافة.
5. القبول بالفرضية الصفرية وذلك بدرجة ثقة 95% من اختبار 2-Sample T والتي تبيّن القيمة المراد اختبارها للفرق بين متوسط أمطار الفترة الأولى وأمطار الفترة الثانية لمنطقة طرابلس تساوي صفر، فإنّنا نجدها تقع داخل نطاق فترة الثقة (62.016 : 80.856-) وهي القيمة (0.27-).
6. قبول أنّ اتجاه الأمطار في منطقة طرابلس يسير باتجاه واحد والفرق بين المتوسطين ليس كبير وذلك من قيمة (P. value) والتي تساوي (0.790) وهي أكبر من مستوى المعنوية (a) 5%.
7. جاءت أكثر السنوات مطرًا في متوسطها السنوي سنة 2023 (655.23 ملم) في حين جاء أقل السنوات مطرًا في متوسطها السنوي سنة 2010 (165.00ملم) وبذلك يكون الفرق بينهما

(490 ملم) وهي كمية كبيرة تدل على عدم انتظام كمية الأمطار السنوية؛ وهذا بسبب العوامل الطبيعية والجوية المؤثرة على سقوط الأمطار.

التوصيات:

1. تحسين أداء محطات الرصد المناخي من حيث الرصد والتسجيل تكنولوجيًا وبشريًا وربطها بالمحطات الإقليمية والعالمية.
2. ضرورة توفير كافة البيانات المناخية حتى يتسنى للباحثين القيام بدراسات أكثر دقة وفائدة للمجتمع.
3. إدخال التغيرات المناخية إحدى القضايا الاستراتيجية في التخطيط المستقبلي وتحليلها لتقييم مدى خطورتها وخاصة المتعلقة بكميات الأمطار للاستفادة منها وخاصة في المناطق الجافة، والاستفادة من تجارب وخبرات الدول المتقدمة التي اهتمت بمعالجة مثل هذه المشاكل.

قائمة المراجع:

- امقيلي، أ.ع. (1995). المناخ في كتاب الجماهيرية دراسة في الجغرافيا. (تحرير: أبو لقمة، أ، القزيري، س.) الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، سرت.
- امقيلي، أ. ع. (2025). نماذج مختارة في الإحصاء الجغرافي. منشورات مركز البحوث والاستشارات: جامعة سرت.
- بن محمود، خ. ر. (1993). الترب الليبية. الهيئة القومية للبحث العلمي: طرابلس.
- سليمان، أ. ر. (2017). التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج Minitab. مصر: القاهرة.
- شرف، ع. ط. (1958). مشكلة الأمطار في ليبيا. مجلة كلية الآداب والتربية، (م1)، الجامعة الليبية: بنغازي.
- المهدوي، م. أ (1998). جغرافية ليبيا البشرية. بنغازي: جامعة قاريونس.
- يوسف، ع. ز. (1982). الخصائص المناخية لعنصر الحرارة في مصر، دراسة في الجغرافيا المناخية، أطروحة دكتوراة (غير منشورة)، جامعة القاهرة: كلية الآداب.