Dirasat, Human and Social Sciences, Volume 49, No. 6, 2022

Deanship of Scientific Research

Rainfall Trends in the Southwestern Region of Syria Using Spatial and Statistical Analysis Methods

Sattam AL Shogoor[1]*, Rahaf AL Rawas[2]

[1] Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Mutah University, Jordan.

[2] Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Damascus University, Syria.

Received: 7/4/2021
Revised: 28/7/2020
Accepted: 19/9/2021
Published: 30/11/2022

* *Corresponding author:*
sattam_1975@mutah.edu.jo

Citation: AL Shogoor, S., & AL Rawas, R. (2022). Rainfall Trends in the Southwestern Region of Syria Using Spatial and Statistical Analysis Methods. *Dirasat: Human and Social Sciences*, *49*(6), 484–495. https://doi.org/10.35516/hum.v49i6.3786

© 2022 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

This study aims to analyze the rainfall trends and the spatial-temporal variations in five stations during the period (1960-2019) in the southwestern region of Syria using MK & GIS. And to Predict rainfall amounts using IDW. The results showed decreasing trends in the monthly, seasonal and annual rainfall. The annual average showed a great variation with a standard deviation ranging between 51.1 – 131.7 mm from the average annual at the Damascus International Airport station, and 232.6 – 697.7 mm from the average annual (697.7 mm) in the Quneitra station. Quneitra showed a significant negative trend during the study period at a 5% significance level in the annual rainfall series. The upper limit for the significant changes on the monthly level was in the stations (Daraa, Quneitra, and Mezzeh), the stations (Daraa and Quneitra) showed the maximum decline in the general direction; This indicates a sharp change in the amount of monthly rainfall during the study period, which amounted to (8.03 mm in Daraa, and reached (18.7 mm/month) at the significance of 5% in the series of rainfall during March. The trends of rainfall changed from winter to spring and then autumn, and the results of the MK analysis showed the presence of low negative trends in the winter season, and high negative trends in the fall and spring seasons. The Quneitra station was the most changing compared to the stations and recorded the maximum negative decrease in the amount of rainfall, which amounted to 3.9 mm in May.

Keywords: Rainfall; spatial analysis; MK.

اتجاهات هطول الأمطار في الإقليم الجنوبي الغربي من سورية باستخدام أساليب التحليل المكاني والإحصائي

سطام سالم الشقور[1]*، رهف "محمد زين" الرواس[2]

[1] قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة مؤته، الأردن.

[2] قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة دمشق، سورية.

ملخّص

هدفت الدراسة إلى تحديد الاتجاهات العامة للهطول المطري، وتبايناتها الزمنية والمكانية في خمس محطات تمثل الإقليم الجنوبي الغربي من سورية خلال الفترة (1960-2019)م، وقد جرى استخدام الاختبار الإحصائي (Mann Kendall MK) للكشف عن الاتجاهات في هطول الأمطار الشهرية والفصلية والسنوية، وتم التنبؤ بكميات الأمطار باستخدام طريقة (IDW) وقد بيّنت النتائج وجود اتجاهات سلبية متناقصة في كميات الهطول الشهري والفصلي والسنوي. وتبين وجود تباين كبير في المتوسط السنوي للهطول المطري في محطات الدراسة؛ حيث تراوح الانحراف المعياري بين 131.7 - 51.1ملم في محطة مطار دمشق الدولي، وبين 697.7 - 232.6في محطة القنيطرة، وأظهرت القنيطرة اتجاهًا سلبيًا معنويًا خلال فترة الدراسة عند مستوى معنوية 5٪ في سلسلة هطول الأمطار السنوية. وتبيّن أنّ الحد الأعلى للتغييرات المهمة على المستوى الشهري كان في محطات (درعا والقنيطرة ومطار المزة) وأظهرت محطتي (درعا والقنيطرة) أقصى انخفاض في الاتجاه العام؛ مما يشير إلى تغيير حاد في كمية الهطول الشهري. خلال فترة الدراسة بلغ 8.03ملم /شهر في درعا، وبلغ 18.7ملم/شهر عند مستوى أهمية 5٪ في سلسلة هطل الأمطار خلال شهر آذار. أمّا على النطاق الزماني الفصلي فقد تغيرت اتجاهات هطول الأمطار من الشتاء إلى الربيع ومن ثَم الخريف، وبينت نتائج تحليل MKفي جميع محطات الدراسة وجود اتجاهات سلبية منخفضة في فصل الشتاء، واتجاهات سلبية مرتفعة في فصلي الخريف والربيع، وكانت محطة القنيطرة كانت الأكثر تغيرًا مقارنة بالمحطات الأخرى؛ حيث سجلت المحطة أقصى انخفاض سلبي في كمية الهطول بلغت 3.9ملم /شهر في شهر أيار.

الكلمات الدالة: هطول الأمطار، مان كندال، التحليل المكاني.

1. المقدمة

أصبحت الموارد المائية مصدر قلق رئيسي لأي تطوير أو تخطيط يتعلق بالزراعة، أو الإدارة الفعالة لموارد المياه؛ بسبب تأثير تغير المناخ، وتبعًا لذلك أشارت تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) إلى انخفاض في توفر المياه العذبة، وسيصل الانخفاض في متوسط الجريان السطحي السنوي وتوفر المياه إلى 10-30٪ في منتصف القرن الحادي والعشرين (IPCC, 2007). لذا فقد أولى الباحثين اهتمامًا كبيرًا لتحليل اتجاهات السلاسل الزمنية لهطول الأمطار، وأثبتت الدراسات التي تناولت بيانات السلاسل الزمنية للأمطار، أن الاتجاه العام إما أن يتناقص أو يتزايد، بالإضافة الى أنّ التدخل البشري يسهم في التغير المناخي بسبب تغير استخدامات الأراضي، والنشاطات البشرية المختلفة(Kalnay and Cai, 2003).

لقد تغيرت اتجاهات هطول الأمطار في منطقة شرق البحر المتوسط؛ حيث شهدت تباطؤا طفيفا في فصل الشتاء وانخفاضًا ملحوظًا في تساقطات منطقة الدراسة منذ بداية النصف الثاني من القرن الماضي (Luis, M. de, et al, 2009)، وقد أكد على ذلك حسابات نموذجية بينت أن معدلات هطول الأمطار في مناطق شرقي البحر المتوسط سوف تنخفض على نحو ملحوظ بحلول العقد الثالث من القرن الواحد والعشرين، وقد تتراوح نسبة الانخفاض بين 15- 25 % بسبب التغير المناخي (Pederson, 2008). ومن المتوقع أن يطال التغير المناخي خلال القرن الحالي معظم عناصر المناخ مما ينعكس على زيادة شدة الجفاف ونقص الموارد المائية(Krichak et. al, 2002)).

إنّ معدلات الأمطار من أهم العوامل المؤثرة على المحاصيل الزراعية البعلية، وعلى التغيرات البيئية في الجزء الجنوبي الغربي من سورية الذي يعد جزءًا من مناطق شرق البحر المتوسط؛ حيث بينت الدراسات وجود اتجاهات متناقصة في معدل هطل الأمطار السنوي في هذه المناطق. ومن هنا جاء هذا البحث لتحليل التغيرات التي طرأت على الاتجاهات العامة لكميات الامطار في الاقليم الجنوبي الغربي من سورية، وتحليل تقلبات الهطول الأمطار، لتأثيرها المباشر على الموارد المائية والزراعة البعلية.

2. مشكلة الدراسة:

تعد كميات الأمطار في اقليم جنوب غرب سورية من العوامل المهمة التي تؤثر في مختلف جوانب الحياة وخاصة الزراعية منها؛ وذلك لأن القطاع الزراعي يعتمد اعتمادًا كبيرًا على مياه الأمطار، وتلعب دورًا هامًا في التنمية الاقتصادية للبلد في المستقبل. وقد لوحظ خلال العقود الثلاثة الأخيرة انخفاض في كميات الأمطار السنوية، وتأخر في الموسم المطري، مما كان له أكبر الأثر في تعاقب حالات الجفاف، كما أدى إلى تراجع كثافة الغطاء النباتي الطبيعي، وتناقص رقعة الزراعة البعلية، إضافة إلى زيادة استخدام المياه ذات المصادر المحدودة لأغراض الري.

3. أهداف الدراسة:

1- تعرُّف التغير في كميات الأمطار السنوية والفصلية والشهرية في الإقليم الجنوبي الغربي من سورية خلال الفترة (1960-2019).

2- الكشف عن الاتجاهات العامة في كميات هطول الأمطار السنوية والفصلية والشهرية في الإقليم الجنوبي الغربي من سورية خلال الفترة (1960-2019).

5. أهمية الدراسة:

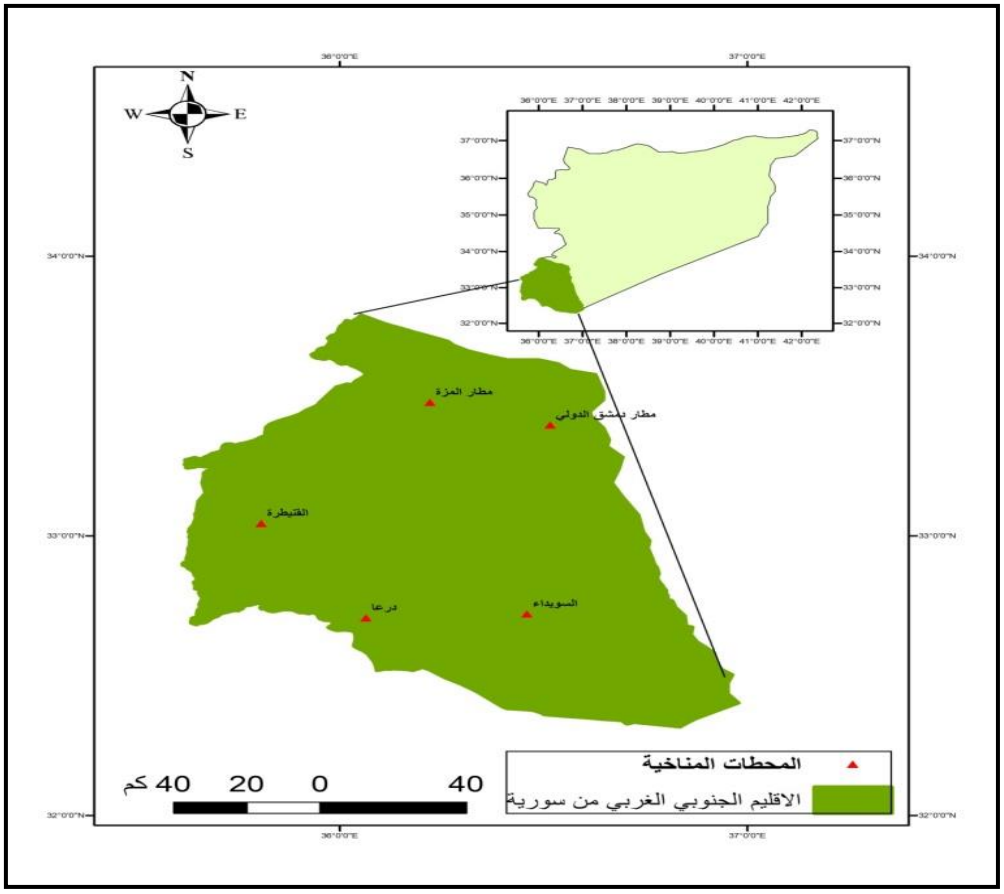
تقدّم هذه الدراسة لمحة عامة عن الخصائص الإحصائية لهطول الأمطار في جنوب غرب سورية، بما في ذلك التقلبات السنوية والفصلية والشهرية، التي قد تساعد المسؤولين والمخططين على مواجهة أي نقص محتمل بكميات الامطار، والتقليل من أثر ذلك على النشاطات الزراعية في منطقة الدراسة.

6. موقع ومناخ منطقة الدراسة:

تشكل منطقة الدراسة الجزء الجنوبي الغربي من سورية، وتمتد على مساحة تبلغ نحو (17445) كم²، أمّا فلكيًا فتقع بين خطي الطول (′6 ° 35 و44 ° 35) شرقًا، ودائرتي عرض (′31 °32 و′8 ° 33) شمالًا، وهي تشمل محافظات دمشق وريفها والسويداء ودرعا والقنيطرة، الشكل (1). وإنّ أراضي إقليم الجنوب الغربي أراضي سهلية أو هضابيه متوسط ارتفاعها بحدود (700م)، وبالتالي يتميز الإقليم بانعدام الكتل الجبلية العالية عدا كتلة جبل العرب التي تقع في الجهة الجنوبية الشرقية للإقليم ويصل في أقصى ارتفاعاته إلى (1803 م)، وفي أقصى الجنوب الغربي في منطقة الحمة يكون دون مستوى سطح البحر (الرواس، 2012). أمّا مُناخيًا فإنّ منطقة الدراسة تقع ضمن مناخ حوض البحر المتوسط الحار الجاف صيفًا، والبارد الماطر شتاءً، إلى الجنوب من المسارات الرئيسية للمنخفضات الجوية القادمة من أوروبا التي تتجه نحو الشمال والشمال الشرقي، ويتأثر الإقليم بالكتل الهوائية الباردة القادمة من النطاقات الباردة في الشتاء، وقد انعكست هذه الظروف على خصائص الفصول؛ حيث يكون فصل الشتاء ماطرًا باردًا، والصيف جاف حار، مع فصلين انتقاليين قصيرين يتصفان بالاعتدال وعدم الاستقرار وهما الربيع والخريف (موسى، 1989).

وتتصف منطقة الدراسة بوجود تباين في معدلات الهطول المطري؛ حيث يقل هطول الأمطار بالاتجاه شرقًا؛ التي تُفسر بتباين الارتفاع عن سطح البحر، والموقع الفلكي، إضافة إلى تباين العوامل السينوبتيكية المرتبطة بالدورة العامة للغلاف الجوي فوق الحوض الشرقي للبحر المتوسط التي تؤثر في مناخ الاقليم. كما تُسهم فتحة الجولان (الفتحة الجنوبية) غرب الإقليم بتوغل المؤثرات البحرية الرطبة نحو الداخل وما يرافقها من حالة اضطراب جوي، تعمل

بالنهاية على غزارة أمطاره؛ حيث تسمح الرياح الغربية والجنوبية الغربية بتوغل الكتل الهوائية البحرية الرطبة وتتعامد الرّياح الغربية مع السفح الغربي لجبل العرب الذي يأخذ شكلًا طوليًا- وهذا ما جعل الفرق واضحًا بين متوسط أمطاره ومتوسط أمطار المناطق المجاورة له (عبدالسلام، 1990).



الشكل (1): مو اقع محطات الأرصاد الجوية في منطقة الدراسة

6. الدراسات السابقة:

تناول عدد كبير من الدراسات اتجاهات هطول الامطار، وتباين توزيعها المكاني والزماني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتقنيات الإحصائية (Thilagavathi et al., 2014)، فعلى المستوى العالمي، تناولت دراسة اجراها (Chandniha et al., 2016) استخدام اختبار MANN KENDALL، واساليب التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية مثل مضلع (Thiessen)، وطريقة الوزن العكسي للمسافة (IDW) لتقدير هطول الأمطار، وتحديد اتجاهات هطولها في الجزء الشرقي من كوتاك في الهند. كما حلل (Anandakumar et al., 2008) اتجاهات هطول الأمطار وتقلباتها خلال الفترة (1901 – 2002) بمنطقة حوض نهر كوفري في الهند باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، ومعامل MANN KENDALL.

أما على المستوى الاقليمي فقد استخدم (Erdoğan &Yavuz, 2012) تقنيات الإحصاء الجغرافي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية للتنبؤ المكاني بالاتجاهات الزمنية لسقوط الأمطار الشهرية والسنوية في تركيا، وقد استخدمت الدراسة قاعدة بيانات كثيفة ومتجانسة لهطول الأمطار الشهرية لـ120 محطة مطرية على مدى 32 عامًا خلال فترة اختبار 1975-2009. وفي دراسة اجريت على جنوب الاردن (سقالله والشقور، 2013)، تم تحليل البيانات المطرية لخمس محطات مناخية باستخدام المعاملات الاحصائية، وتبين وجود تراجع المتوسطات السنوية للأمطار، ووجود علاقة ارتباط عكسية بين الأمطار والزمن وهذه العلاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 0.05.

واشارت دراسة (شحادة، (2011) إلى أن منطقة حوض البحر المتوسط شهدت تناقصا ملحوظا في الأمطار وصل إلى 5 % من المعدل السنوي للأمطار، وذلك نتيجة التناقص المحتمل في عدد المنخفضات الجوية التي تتكون في الحوض الأوسط للبحر المتوسط، خاصة التي تسلك مسارا شرقيا. وفي التقرير الثاني لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC, 2009) تبين وجود انخفاضًا في المعدلات السنوية للأمطار بنسبة تراوحت بين 5-20 % لمعظم المحطات المناخية، مع ارتفاع طفيف لكميات التساقط بنسبة تراوحت بين 5-10 % في محطتي الرويشد ورأس منيف. وفي دراسة (الزغول، وآخرون، 2006) تم تحليل التغيرات التي طرأت على الاتجاه العام للأمطار في منطقة شرق البحر المتوسط، وتبين وجود تغير في متوسط هطول الأمطار

السنوية وعدد الأيام الماطرة، وانخفاض في مجموع الأمطار السنوية وعدد الأيام الماطرة خلال الفترة (1932-2003).

أما على المستوى المحلي فقد تناولت دراسة (الموسى، 2015) الخصائص المناخية والإحصائية لكميات الهطل السنوية في محطة دمشق (المزة) للفترة (1918/ 1919-2013/ 2014) وبينت الدراسة أن كميات الهطول السنوية تخضع لقانون التوزيع الطبيعيNormal Distribution ، وتبين أنه لا يوجد اتجاه عام مهم إحصائيًا لكميات الهطول السنوية على الرغم من المؤشر العام الهابط خلال الفترة المدروسة. ودراسة (الرواس، 2012) التي أظهرت وجود اختلاف في معدل كمية الأمطار السنوية من عام لآخر في سورية، وهذا يعود إلى اختلاف أعداد المنخفضات الجوية التي تؤثر في سورية وقوتها.

7. منهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على بيانات الأمطار في محطات منطقة الدراسة خلال الفترة (1960-2019)، التي تم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية السورية، بهدف تحليل خصائص التغيرات المناخية الزمانية والمكانية التي طرأت على معدلات الامطار الشهرية والفصلية والسنوية، وتعرُّف الاتجاهات في هطول الأمطار بمرور الزمن في محطات الدراسة.

1.7 الاختبار الإحصائي:

جرى استخدام اختبار مان كيندال، لأنه اختبار إحصائي غير معلمي لقياس مستوى الارتباط بين متغيرين إحصائيين اعتمادا على رتب القيم الملاحظة؛ لذلك القيم المتطرفة للبيانات لا تؤثر في النتائج، وقد تم تطبيق طريقة مان- كيندال القائمة على الرتبة على بيانات السلسلة الزمنية في هذه الدراسة للكشف عن الاتجاهات العامة للأمطار ذات الدلالة الإحصائية في محطات الدراسة. وفي هذا الاختبار، كانت الفرضية الصفرية (0) وهي عدم وجود اتجاه في هطول الأمطار خلال فترة الدراسة، وكانت الفرضية البديلة (H_1) هي وجود اتجاه (زيادة أو تناقص) في معدلات الامطار خلال فترة الدراسة. والمعادلات الرياضية المستخدمة لاحتساب إحصائيات مان كيندال هي كما يلي (Kendall, 1975):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sig}\left(X_j - X_i\right),$$

$$\operatorname{sgn}\left(X_j - X_i\right) = \begin{cases} +1 & \text{if } \left(X_j - X_i\right) > 0 \\ 0 & \text{if } \left(X_j - X_i\right) = 0 \\ -1 & \text{if } \left(X_j - X_i\right) < 0, \end{cases}$$

$$V(S) = \frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p\left(t_p - 1\right)\left(2t_p + 5\right)\right]$$

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{\operatorname{VAR}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\operatorname{VAR}(S)}} & \text{if } S < 0. \end{cases}$$

حيث، (Xi) هي ملاحظات السلاسل الزمنية بالترتيب الزمني، (n) هي طول السلسلة الزمنية t_p هو عدد الروابط للقيمة p^{th}، و qهو رقم القيم المرتبطة، وتشير القيم الموجبة Z إلى اتجاه تصاعدي في السلسلة الزمنية للأمطار، وتشير القيم السالبة Z إلى قيمة سالبة الاتجاه العام للأمطار. إذا كانت ($Z >$ $Z1-\alpha/2$) تكون الفرضية الصفرية (H0) مرفوضة إحصائيًا ويوجد اتجاه في السلسلة الزمنية للأمطار، القيمة الحرجة لـ ($Z1-\alpha/2$) قيمة 0.05 p من المعيار الجدول العادي هو 1.96(Kendall, 1975) .

2.7 مقدار الانحدار Sen's Slope

جرى استخدام طريقة Sen's Slope غير اللامعلمية لتقدير حجم الاتجاهات في بيانات السلاسل الزمنية، حسب المعادلة التالية (Kendall, 1975).

$$T_i = \frac{x_j - x_k}{j - k}.$$

في هذه المعادلة، xj وxk تمثل قيم البيانات في الزمن j وk على التوالي، وتُعَدّ:

$$Q_i = \begin{cases} T_{(N+1)/2} & N \text{ is odd} \\ \dfrac{1}{2}\left(T_{N/2} + T_{(N+2)/2}\right) & N \text{ is even.} \end{cases}$$

اذا كانت قيمة Qi موجبة فإنها تمثل اتجاهًا متزايدًا؛ واذا كانت قيمة Qi سالبة فإنها تمثل اتجاه متناقصًا خلال فترة الدراسة.

3.7 طريقة الاستيفاء المكاني

جرى استخدام طريقة IDW (Inverse Distance Weighing) الوزن العكسي للمسافة لاستيفاء البيانات المكانية، التي تستند إلى مفهوم ترجيح المسافة، وقد جرى استخدامها لتقدير بيانات هطول الأمطار المكانية للنقاط غير المعروفة من البيانات المعروفة في المواقع المجاورة (Li and Heap, 2008).وعلى الرغم من أنّ طريقة IDW هي طريقة استيفاء بسيطة ولكنها فعالة، وتستند إلى افتراض أن قيم المتغيرات في النقاط التي سيتم توقعها مماثلة لقيم نقاط المراقبة القريبة؛ حيث تشير IDW إلى أن لكل محطة تأثير محلي، يتناقص مع المسافة عن طريق استخدام معامل القدرة (Isaaks and Srivastava, 1989). يتم إعطاء صيغ IDW بالشكل 1 و2.

$$\hat{R}_p = \sum_{i=1}^{N} w_i R_i \qquad (1)$$

$$w_i = \frac{d_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^{N} d_i^{-\alpha}} \qquad (2)$$

حيث $\hat{R}_p$ تعني بيانات هطول الأمطار غير المعروفة (مم)؛ يعني Ri بيانات هطول الأمطار لمحطات هطول الأمطار المعروفة (مم)؛ N تعني كمية محطات هطول الأمطار؛ تعني كلمة w_i ترجيح كل محطة من محطات هطول الأمطار؛ تعني المسافة من كل محطة مطرية إلى الموقع غير المعروف؛ a تعني القوة (Lin and Yu, 2008).

8. التحليل والمناقشة:

تم في هذه الدراسة حساب المتوسط السنوي للأمطار، ومعامل الاختلاف خلال الفترة (1960 – 2019) لهطول الأمطار السنوية لكل محطة. كما في الجدول (2)، تبيّن من الجدول أن متوسط هطول الأمطار السنوي يتراوح بين (131.7 ملم) في الجزء الشمالي الشرقي من منطقة الدراسة في محطة مطار دمشق الدولي، إلى (697.7 ملم) في الجزء الجنوبي الغربي في محطة القنيطرة، ويشير الجدول (2) إلى أنّ الانحراف المعياري تراوح بين (51.1٪) في مطار دمشق الدولي و(232.6٪) القنيطرة.

الجدول (2): متوسط إحصائيات هطول الأمطار السنوية لمحطات الدراسة للفترة (1960- 2019م)

المحطة	اثل قيمة ملم	اعلى قيمة ملم	المعدل السنوي ملم	الانحراف المعياري
مطاردمشق الدولي	33.3	283.5	131.7	51.1
مطار المزة	69.1	465.5	256.0	93.8
القنيطرة	234.2	1152.2	697.7	232.6
السويداء	109.2	498	326.8	90.3
درعا	93.4	418.7	254.2	82.1

المصدر: دائرة الارصاد الجوية السورية، بتصرف الباحثين.

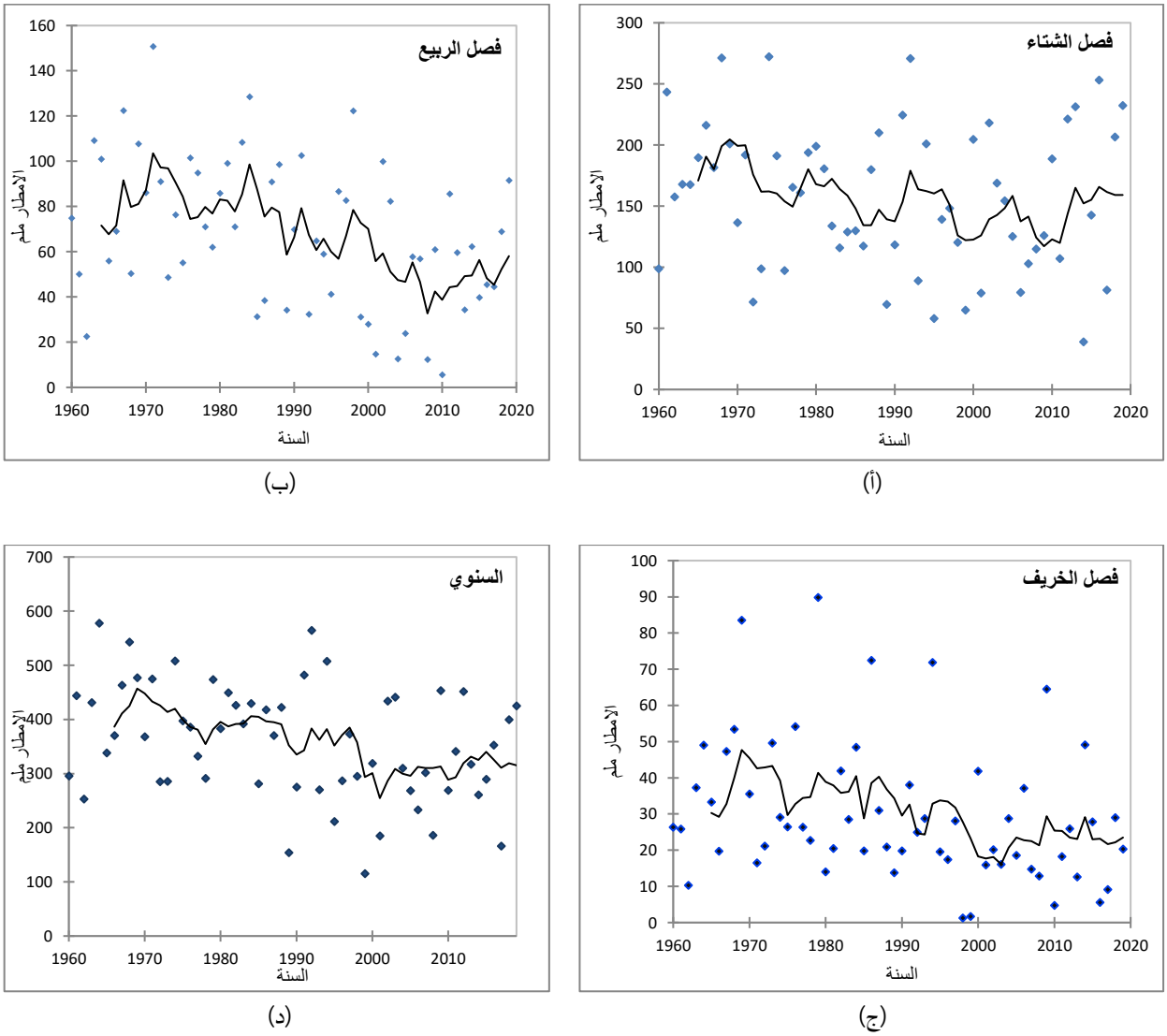
1.8 التحليل الفصلي والسنوي:

تم تقييم الأنماط المناخية طويلة الأجل للسلسلة الزمنية الفصلية والسنوية لهطل الأمطار في محطات الدراسة، وقد أظهر منحنى هطل الأمطار لفصل الشتاء خلال الفترة (1960-2019 م)، الشكل (2، أ)، وجود اتجاهًا عامًا متناقصًا طيلة فترة الدراسة، مع بعض التفاوت خلال العقود الزمنية، وأظهر اتجاهًا متزايدًا في العقد الأول من الدراسة خلال (1960-1970)، وفي العقدين الثاني والثالث من (1970-1990) أظهر وجود اتجاهًا متناقصًا، كما لوحظ انخفاض قيمة المنحنى في عام (2009م)؛ ثم بدأ يرتفع تدريجيًا بعد عام (2010). وعلى نحو عام، يشير منحنى بيانات فصل الشتاء إلى انخفاض في هطل الأمطار بعد عام (1968)، وكان هناك ارتفاع تدريجي بعد عام (2010)، على الرغم من وجود تقلبات سنوية.

على نحو عام، يشير منحنى هطل الأمطار لفصل الربيع الشكل (2، ب) إلى انخفاض في هطل الامطار طيلة فترة الدراسة مع وجود تقلبات سنوية، وقد أظهر زيادة تدريجية في العقد الأول (1960-1970)، بعد أن بلغ أعلى قيمة له في عام (1970)، انخفض على مدى العقدين التاليين من (1970- 1990)، ثم بدأ يرتفع تدريجيًا بعد عام (2010). كما أظهر منحنى هطل الأمطار لفصل الخريف الشكل (2، ج) تناقص الاتجاه خلال فترة الدراسة، مع اتجاه مشابه لفصلي الشتاء والربيع خلال عقود الدراسة. أمّا بالنسبة لمنحى الهطل السنوي تبيّن في المنحنى شكل (2، د)، وجود اتجاه عام متناقص طيلة فترة الدراسة، مع تقلبات سنوية وتغيرات في كل عقد.

وتم استخدام MANN KENDALL لتحديد الاتجاهات الفصلية والسنوية لهطول الأمطار بين عامي (1960- 2019)، ووضّح الجدول (3) النتائج، وعلى غرار التحليل الشهري، تبيّن أنّ جميع الاتجاهات كانت سلبية حسب تحليل MANN KENDALL في جميع محطات الدراسة (مطار

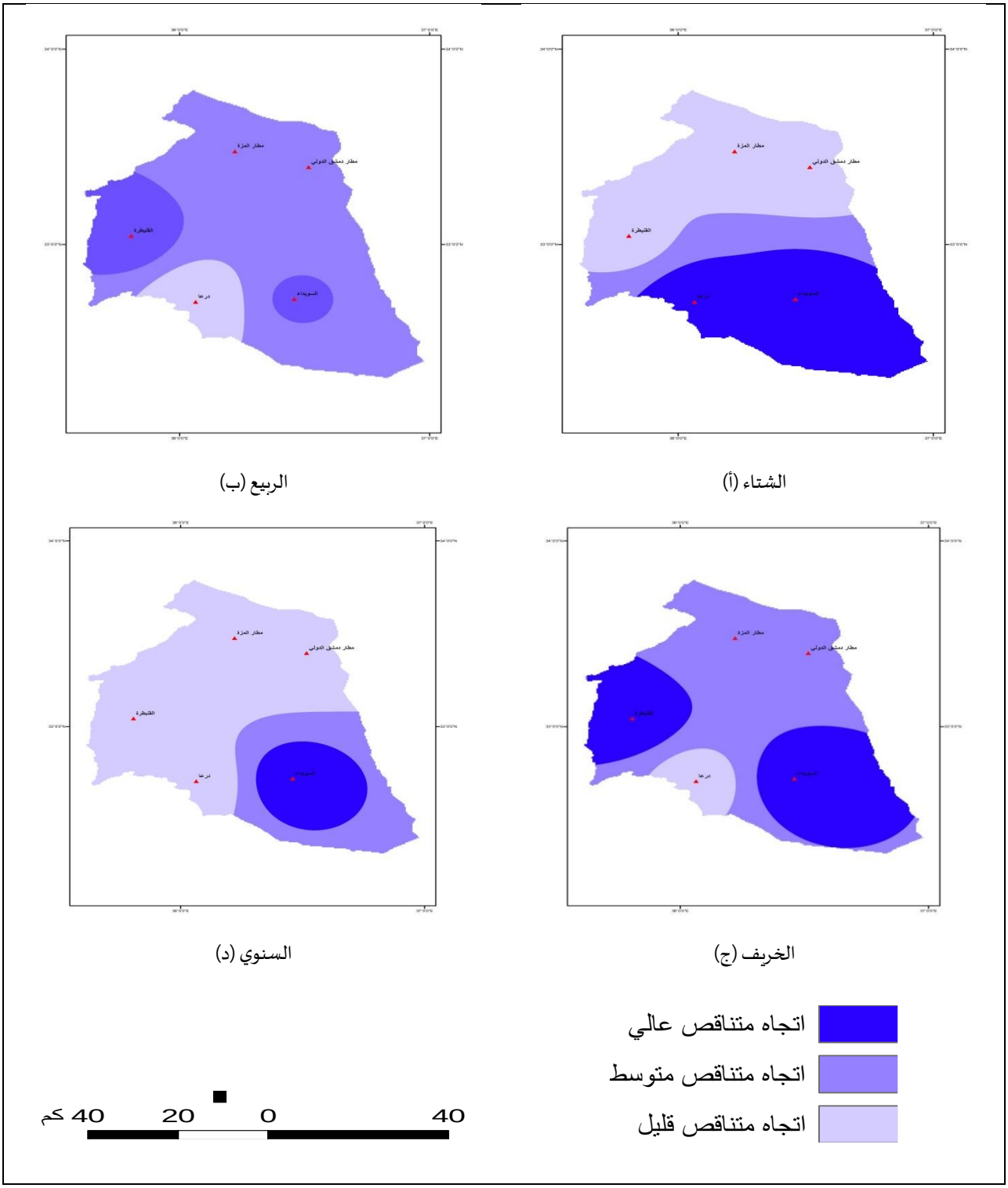
دمشق، مطار المزة، درعا، القنيطرة والسويداء) وقد أظهرت اتجاهات سلبية منخفضة في فصل الشتاء، واتجاهات سلبية مرتفعة في فصلي الخريف والربيع، وتم الكشف عن اتجاهات سلبية مرتفعة في اتجاهات المطر السنوي في جميع المحطات. والشكل (3) بيّن التوزيع المكاني لاتجاهات المطر الفصلي والسنوي، وقد أظهرت محطة القنيطرة أعلى اتجاه سلبي على المستوى السنوي، وأظهرت محطة درعا أدنى اتجاه سلبي سنوي.



الشكل (2)هطول الأمطارومنحنيات الاتجاه المتناقص في منطقة الدراسة (أ) فصل الشتاء، (ب) فصل الربيع، (ج) فصل الخريف، (د) السنوي.

الجدول (3): نتائج اختبار MANN KENDALL لهطول الأمطارفي السلاسل الزمنية الموسمية والسنوية

المحطة	الشتاء	الربيع	الخريف	السنوي
مطاردمشق الدولي	-0.018	-0.274	-0.26	-0.233
مطارالمزة	-0.017	-0.267	-0.217	-0.211
القنيطرة	-0.020	-0.333	-0.333	-0.3
درعا	-0.083	-0.167	-0.15	-0.2
السويداء	-0.083	-0.300	-0.317	



الشكل (3): خريطة الاتجاهات المتناقصة لسلسلة الهطول المطري الفصلي والسنوي في الاقليم الجنوبي الغربي من سورية

2.8 التحليل الشهري:

تم تطبيق اختبار Mann-Kendall على المستوى الشهري من أجل كشف الاتجاهات في سلسلة هطل الأمطار في محطات الدراسة خلال الفترة (1960– 2019م) ووضّح الجدول (4) نتائج اختبارات الاتجاهات الشهرية للأمطار، التي أظهرت أنّ جميعها كانت سلبية، وذات دلالة إحصائية عند درجة أهمية 5%.

الجدول (4): نتائج اختبار MANN KENDALL لسلسلة الهطل المطري الشهري

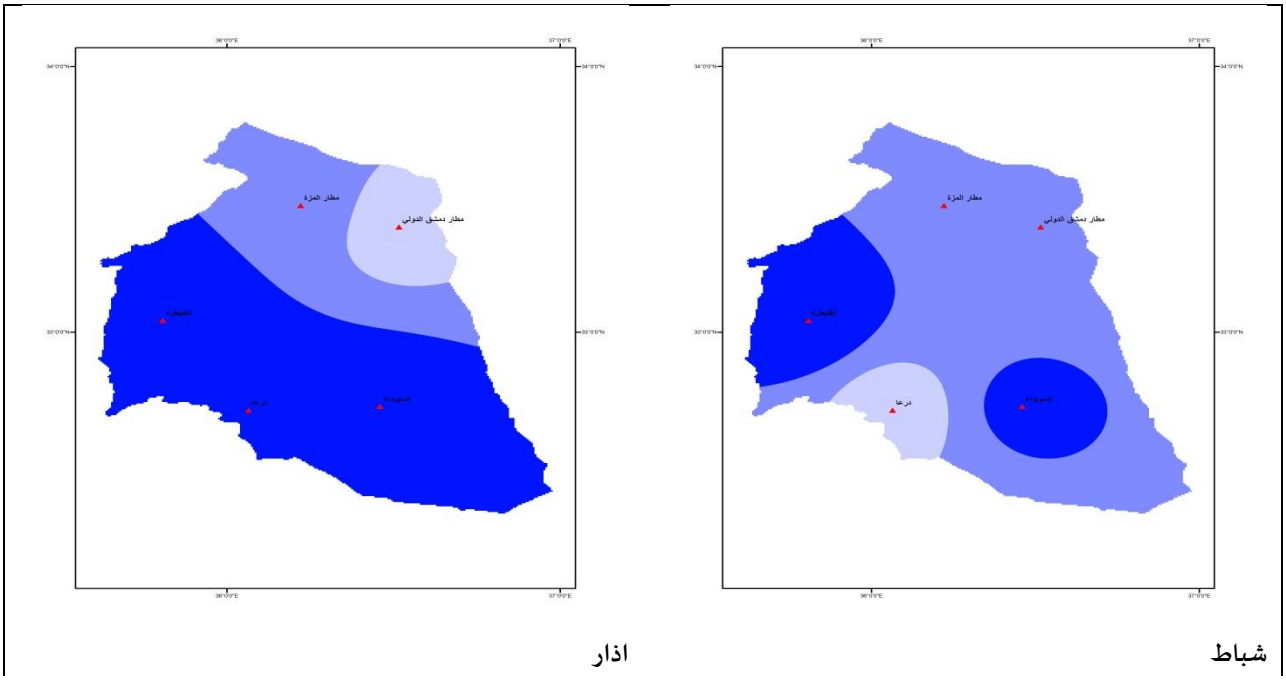
المحطة/الشهر	تشرين1	تشرين2	كانون1	كانون2	شباط	اذار	نيسان	ايار
مطاردمشق الدولي	-0.076	-0.062	-0.084	-0.024	-0.038	-0.54	-0.138	-0.035
مطارالمزة	-0.183	-0.024	-0.052	-0.001	-0.047	-0.148	-0.139	-0.044
القنيطرة	-0.183	-0.014	-0.153	-0.075	-0.067	-0.189	-0.110	-0.217
درعا	-0.010	-0.044	-0.017	-0.021	-0.013	-0.204	-0.100	-0.101
السويداء	-0.084	-0.056	-0.024	-0.038	-0.055	-0.190	-0.163	-0.043

اتجاه متناقص عند درجة أهمية 5٪

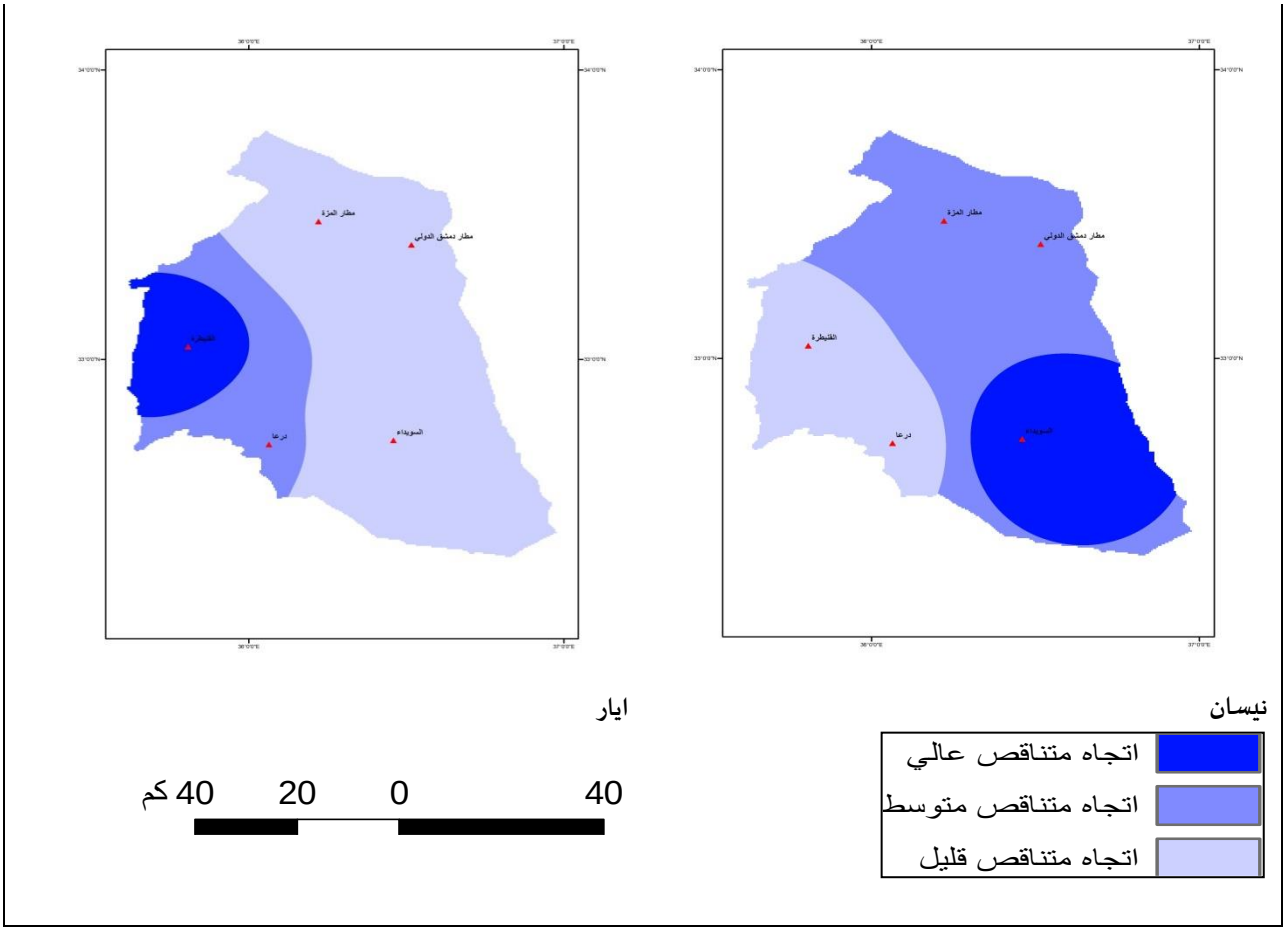
وضّح الشكلان (4-أ)، (4-ب) التباين المكاني في السلسلة الزمنية لهطول الأمطار لكل شهر في منطقة الدراسة خلال الفترة (1960- 2019م). ولُوحظ فيهما وجود اتجاهات متناقصة عالية لجميع الاشهر باستثناء شهر أيار في محطة القنيطرة، وقد يعزى وجود اتجاه متناقص قليل خلال شهر أيار الى انخفاض معدل المطر خلال هذا الشهر في محطة القنيطرة؛ حيث كان (11.7 ملم). ولم يتبين وجود اتجاهات تناقص عالية في محطة مطار دمشق الدولي، ومطار المزة، لكن تبيّن وجود اتجاه متناقص متوسط خلال الأشهر شباط، وآذار ونيسان، وتناقص قليل خلال الأشهر تشرين الأول وتشرين الثاني، وكانون الأول وكانون الثاني. وتبين وجود اتجاهات تناقص قليلة في أشهر تشرين الأول تشرين الثاني وكانون الأول في محطتي السويداء ودرعا، ومزيج من اتجاهات التناقص المرتفع والمتوسط في أشهر شباط، وآذار ونيسان.

وقد أظهرت النتائج أنّ الاتجاهات في محطة القنيطرة كانت الأكثر تغيرًا مقارنة بالمحطات الأخرى؛ حيث سجلت المحطة أقصى انخفاض سلبي في الهطل (3.9 ملم / شهر) في شهر أيار، ونظرًا إلى أن قيمة P المحسوبة (0.017) أقل من مستوى الأهمية (alpha = 0.05)، لذلك ترفض الفرضية الصفرية (H0) لا يوجد اتجاه في السلسلة الزمنية الشهرية، وتقبل الفرضية البديلة (Ha) أي أن هناك اتجاه في السلسة الزمنية الشهرية.

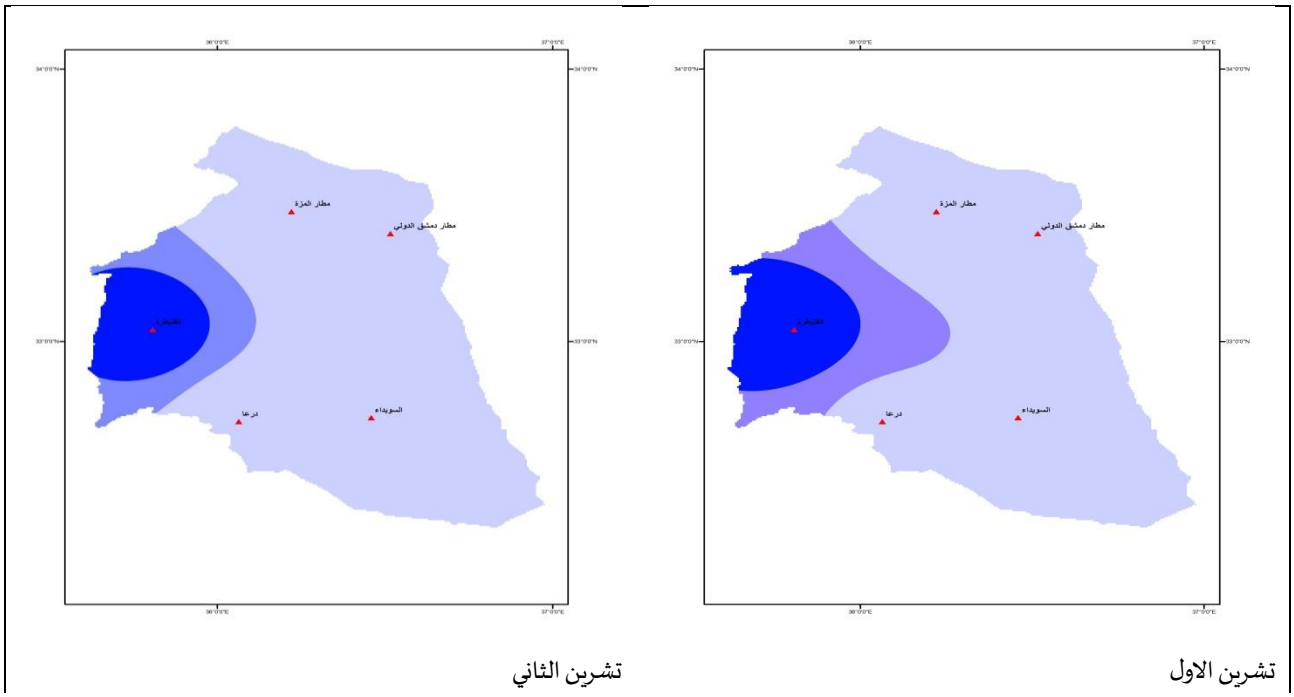
وقد كان أقل تغير في الاتجاه في شهر تشرين الأول في محطة درعا مقارنة بالمحطات الاخرى؛ حيث سجلت المحطة أدنى انخفاض سلبي في الهطل (0.32 ملم / شهر)، ونظرًا إلى أن قيمة P المحسوبة (0.0919) أكبر من درجة الأهمية (alpha = 0.05)، لذلك تقبل الفرضية الصفرية (H0)، وترفض الفرضية البديلة (Ha)، أي لا يوجد اتجاه في السلسلة الزمنية الشهرية لشهر تشرين الأول في محطة درعا.

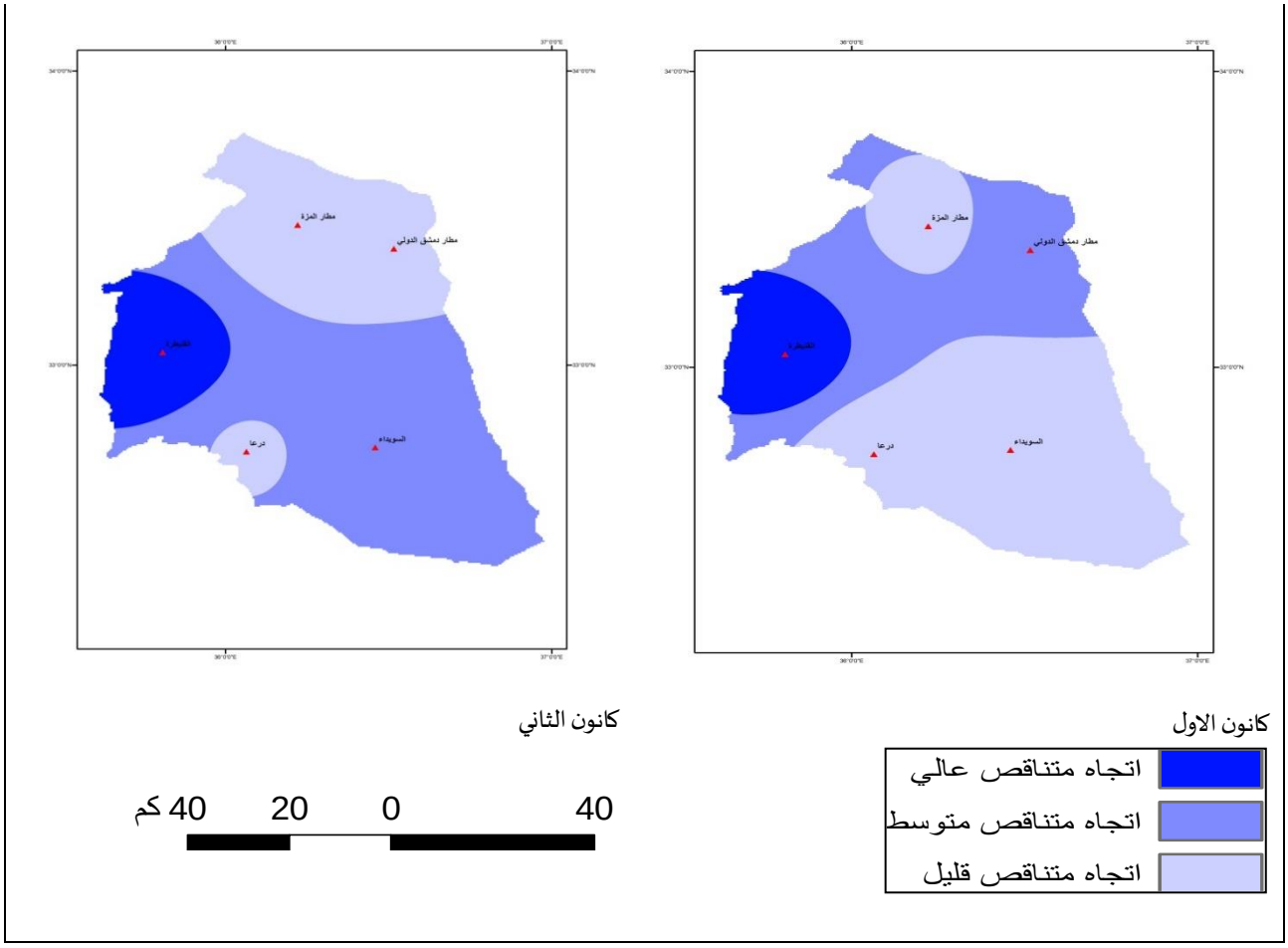


شباط اذار



الشكل (4-ب) خريطة الاتجاهات المتناقصة للسلسلة الزمنية الشهرية لهطول الأمطار





الشكل (4-أ): خريطة الاتجاهات المتناقصة للسلسلة الزمنية الشهرية لهطول الأمطار

9. النتائج

تناولت هذه الدراسة التباين الشهري، والفصلي، والسنوي لهطول الأمطار في خمس محطات تمثل اقليم الجنوب الغربي من سورية على مدى ستون عامًا من الدراسة (1960-2019م). وتم تحليل اتجاهات هطول الأمطار لكل محطة، ولمنطقة الدراسة بأكملها. ويمكن تلخيص نتائج الدراسة على النحو التالي:

1- أظهر متوسط الهطول السنوي في المحطات المختلفة تباينًا كبيرًا، مع انحراف معياري بلغ (51.1 ملم) من متوسط هطل الأمطار السنوي البالغ (131.7 ملم) في محطة مطار دمشق الدولي، وانحراف معياري مقداره (232.6 ملم) من متوسط هطل الأمطار السنوي البالغ (697.7 ملم) في محطة القنيطرة.

2- جميع الاتجاهات المطرية كانت سلبية حسب تحليل MANN KENDALL في جميع محطات الدراسة (مطار دمشق، مطار المزة، درعا، القنيطرة والسويداء) وقد أظهرت اتجاهات سلبية منخفضة في فصل الشتاء، واتجاهات سلبية مرتفعة في فصلي الخريف والربيع، وتم الكشف عن اتجاهات سلبية مرتفعة في اتجاهات المطر السنوي في جميع المحطات.

3- أظهرت محطة القنيطرة اتجاهًا سلبيًا كبيرًا (انخفاض هطل الأمطار خلال فترة الدراسة) عند درجة أهمية 5٪ في سلسلة هطول الأمطار السنوية. وتبيّن أنّ الحد الأعلى للتغييرات المهمة على المستوى الشهري كان في محطات درعا، والقنيطرة ومطار المزة. وأظهرت محطتي درعا والقنيطرة أقصى انخفاض في الاتجاه العام الذي أشار إلى التغيير الحاد خلال فترة الدراسة بلغ (8.03 ملم / شهر) في درعا، وبلغ (18.7 ملم / شهر) عند مستوى أهمية 5٪ في سلسلة هطول الأمطار خلال شهر آذار.

4- وجود اتجاهات متناقصة عالية لجميع الاشهر باستثناء شهر أيار في محطة القنيطرة، وقد يعزى وجود اتجاه متناقص قليل خلال شهر أيار الى انخفاض معدل المطر خلال هذا الشهر في محطة القنيطرة؛ حيث كان (11.7 ملم).

5- عدم وجود اتجاهات تناقص عالية في محطة مطار دمشق الدولي، ومطار المزة، لكن تبيّن وجود اتجاه متناقص متوسط خلال الأشهر شباط، وآذار ونيسان، وتناقص قليل خلال الأشهر تشرين الأول وتشرين الثاني، وكانون الأول وكانون الثاني.

6- تتبع نتائج هذه الدراسة نفس الاتجاهات الإحصائية التي ذكرت من قبل (زيتون، محمد، وشحادة، نعمان، 2015) حول مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن. وكانت النتائج متفقة مع نتائج دراسة(Alpert, et, al, 2008) حيث أوضحت الدراسة وجود انخفاض في كمية الأمطار في منطقة الدراسة خلال الخمسين سنة الماضية.

7- تتفق الدراسة الحالية جزئيًا مع نتائج دراسة (ابراهيم، عبير، وآخرين 2016) التي أظهرت اتجاه عام سلبي معنوي لكمية الأمطار السنوية، كما تتفق هذه الدراسة مع دراسة اسماعيل (2014) التي خلصت إلى وجود تراجع غير معنوي في كمية الأمطار السنوية في محطتي (اللاذقية، الفرنلق)، ووجود تزايد غير معنوي في محطة صلنفة في الساحل السوري خلال الفترة (1978 -2011)؛ وقد بلغت قيم تغير الاتجاه العام للمعدل السنوي لكمية الأمطار في هذه المحطات الثلاثة (اللاذقية، الفرنلق، صلنفة) قيما هي على التوالي (-2.84، -5.64، 3.8 ملم/سنة).

8- ساهم هذه الدراسة في تحليل اتجاهات الامطار في الإقليم الجنوبي الغربي من سورية، واستكمال بيانات هطول الأمطار في المناطق التي لا يوجد فيها سجلات مطرية باستخدام طريقة الوزن العكسي للمسافة (IDW) ضمن بيئة GIS.

9- تفيد هذه الدراسة في فهم التغيرات التي طرأت على الاتجاهات العامة لكميات الأمطار في منطقة الدراسة، وتقلبات الهطول الأمطار، وقد تساعد منهجية البحث والرسوم البيانية الكارتوغرافية الباحثين بتطبيقها في مناطق اخرى، مما يساعد على اتخاذ القرار المستقبلي بخصوص الموارد المائية والزراعة البعلية.

المصادر والمراجع

اسماعيل، فاطمة (2014)، دراسة تأثير التغيرات المناخية على مجموعات السنديان شبه العزري في محافظة اللاذقية ، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة تشرين.

ثابت، علي، وآخرون، (2016)، تأثير الأمطار والحرارة على المؤشر النباتي ((NDVIللأرز اللبناني سورية، المجلة الاردنية في العلوم الزراعية، المجلد (12) العدد (2).

الرواس، رهف (2012)، الاضطرابات الجوية ودورها في الاختلافات الزمانية والمكانية للتهطال في سورية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة دمشق.

زيتون، محمد، وشحادة، نعمان، (2015)، مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن،دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجل (2)،العدد (42).

عبد السلام، عادل (1990)، الأقاليم الجغرافية السورية، مطبعة الاتحاد، دمشق.

موسى، علي (1987)، مناخ سورية، الطبعة الاولى، مطبعة الحجاز، دمشق.

الموسى، فواز، (2015)، دورية الهطل المطري وموعد بداية موسمه واتجاهه العام في محطة حلب، مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الانسانية والاجتماعية والتربوية، المجلد (1) / العدد (ع 96).

References

Abd al-Salam, Adel (1990). Syrian geographical regions, Al-Ittihad Press, Damascus.

Al-Mousa, Fawwaz, (2015). Journal of the Rainfall and the Date of the Beginning of its Season and Its General Trend in the Aleppo Station, Journal of Aleppo University Research, Human, Social and Educational Sciences Series, Vol. (1) , P.96.

Alpert, P; Krichak, S. O; Shafir, H; Haim, D; Osetinsky, I. (2008). Climatic trends to extremes employing 2008 regional modeling and statistical interpretation over the E. Mediterranean. Global and Planetary Change. 63 (2-3): 163-170

Al-Rawas, Rahaf (2012). Air turbulence and its role in temporal and spatial differences in precipitation in Syria, Unpublished Ph.D. thesis, Damascus University.

Anandakumar, S., Subramani, T., & Elango, L.(2018). Spatial Variation and Seasonal behaviour of rainfall pattern in lower bhavani river basin, Tamil Nadu, India. Int. Biannual J. Environ. Sci., 2 (1) 17 – 24

Baines. P. G. (2006).The late 1960s global climate shift and its influence on the Southern Hemisphere," in Proceedings of 8 ICSHMO, pp. 1477–1482, INPE, Foz do Iguac¸u, Brazil.

IPCC (2007). Climate change 2007: climate change impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Summary for policymakers, 23.

Ismail, Fatima (2014). Study of the Impact of Climate Change on Al-Sindian Al-Azri Groups in Latakia Governorate, Unpublished Master Thesis, Tishreen University.

Kalnay E and Cai M. (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. Nature 423, 528–531.

Luis, M. de, et al. (2009). Seasonal precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in the second half of the 20th century, International Journal of Climatology 29, 1312-1323

Musa, Ali (1987). The Climate of Syria,(1st), Al-Hijaz Press, Damascus.

Pederson, D.(2008). Will climate change reduce or Increase Middle East Rainfall, Green Report, H.44.

Ramanathan. V., Chung. C, D. Kim et al., (2005). Atmospheric brown clouds: impacts on South Asian climate and hydrological cycle," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102(15), 5326–5333.

Sen. P. K, (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379–1389.

Thabet, Ali, et al. (2016). The effect of rain and heat on the vegetative index (NDVI) of Lebanese-Syrian rice, The Jordanian Journal of Agricultural Sciences, 12 (2).

Thilagavathi, N., Subramani, T., Suresh, M., & Ganapathy, N.(2014). Rainfall variation and groundwater fluctuation in Salem Chalk Hills area, Tamil Nadu, India. Int. J. Application Innov. Eng. Manag., 3, 148 – 160

Yavuz. H, Erdoğan H. (2012). Spatial Analysis of Monthly and Annual Precipitation Trends in Turkey, Water Resour Manage, 609–621.

Zaitoun, Muhammad, and Shehadeh, Numan (2015). Climate Change Indicators in Northern Jordan, Studies, Humanities and Social Sciences, 2 (42).