أثر التغير المناخي المحتمل على معدل الأمطار السنوية في جنوب الأردن

خلال الفترة من 1983 – 2013

شهد حسني سقاالله *

سطام سالم الشقور **

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى التعرُّف على أثر التغيُّر المناخي المحتمل على الأمطار في جنوب الأردن من خلال تحليل البيانات المطرية لخمس محطات مناخية تمثل منطقة الدراسة خلال الفترة (1983-2013)، وقد تمَّ تقسيم هذه الفترة إلى فترتين, الفترة الأولى من (1983–1997)، والثانية (1998–2013)، بهدف الكشف عن أيّة فروق في كميات الأمطار بين متوسطات الفترتين.

ولتحقيق أهداف الدراسة، استخدمت بعض الأساليب الإحصائية والعلاقات الرياضية، كمعامل بيرسون لمعرفة العلاقة بين كميات الأمطار والعناصر الجغرافية (الارتفاع عن سطح البحر, دوائر العرض)، ومعادلة خط الانحدار، وأسلوب المتوسطات النصفية، واختبار (t-test) لتحديد فيما إذا كان هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات الفترتين عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$)، كما استخدمت المتوسطات الحسابية والانحراف المعياري لمعرفة مدى التباين في كميات الأمطار الشهرية والسنوية، إضافة إلى تحديد خط الاتجاه العام للأمطار باستخدام أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية. وقد بينت النتائج: وجود تراجعٍ ملحوظٍ في المتوسطات السنوية للأمطار في الفترة الثانية، مقارنة مع الفترة الأولى, ووجود علاقة ارتباط عكسية بين الأمطار والزمن وهذه العلاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$). كما أظهرت النتائج أن منطقة الدراسة تعرضت إلى 4 فترات جفاف انخفضت خلالها كميات الأمطار بشكل ملحوظ في معدلاتها. وتشير النتائج السابقة إلى احتمال مسؤولية التغير المناخي عن التناقص في كميات الأمطار السنوية والشهرية في منطقة الدراسة.

الكلمات الدالة: التغير المناخي، الأمطار، جنوب الأردن.

---

* وزارة التربية والتعليم، الأردن.

** قسم الجغرافيا، جامعة مؤتة.

تاريخ تقديم البحث: 2015/8/3م. تاريخ قبول البحث: 2016/2/16م.

© جميع حقوق النشر محفوظة لجامعة مؤتة، الكرك، المملكة الأردنية الهاشمية، 2017 .

The Potential Impact of Climate Change on The Annual Rainfall Average in the South Part of Jordan during the Period (1983-2013)

Abstract

This study aimed to identify the potential impact of climate change on rainfall in south Jordan by analyzing the rainfall data for five weather stations in the study area during the period extending from (1983-2013). This period was divided into two parts; the first period (1983-1997) and the second period extends from (1998-2013) in order to identify differences in the rainfall averages between the two periods.

To chieve the study objectives, some of the statistical methods and mathematical relationships such as Pearson coefficients between the rainfall and some geographical variables (elevation above sea level, and latitude), linear regression analysis, and (t-test) to determine whether there are statistically significant differences between the averages of the two periods. The arithmetic means, standard deviations and coefficients of variation were used to determine the variation of monthly and annual rainfall, as well as determining the overall trend of the rain line by using triple moving averages method. The results indicated that there is a noticeable drop in the annual averages of rain in the second period, compared to the first period, and that there is an inverse relationship between rainfall and time. This relationship is statistically significant at the level of ($\alpha \leq 0{\cdot}05$).The results also showed that the study area was exposed to four periods of drought during which the rainfall amounts decreased significantly. This study indicates the possibility of climate change impact on for the decrease in the annual and monthly rainfall in the study area.

Keywords: climate change, rain, South Jordan.

المقدمة:

يُعدُّ تغيُّر المناخ مشكلة عالمية طويلة المدى، إذ تنطوي على تفاعلات معقَّدة بين العوامل البيئية والظروف الاقتصادية والسياسية والاجتماعية والتكنولوجية، ويترتب عليها تأثيرات مهمة على المستوى الدولي والإقليمي بما فيها المنطقة العربية التي تقع معظمها في نطاق الصحارى التي تتميَّز أصلاً بندرة أمطارها واختلاف توزيعها وكمياتها؛ ومن المؤكَّد أن تتأثر بشكل كبير بتلك التغيرات المناخية المتوقع حدوثها خلال العقود القادمة، مما سيؤدي إلى تغيرات كبيرة في الدورة الهيدرولوجية مصحوبة بأنماط جديدة لهطول الأمطار، وإحداث طقس أكثر تطرفاً كالفيضانات أو حالات الجفاف وغيرها.

ويشير التقرير الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Intergovernmental Panelon Climate Change) الذي تمَّ إصداره عام (2007) حول التغير المناخي بأنَّ الانخفاض في معدل الهطول المطري والظروف المناخية الأخرى القاسية – بما في ذلك موجات الحر– هي أحداث متكررة. وأشار التقرير كذلك إلى أن الارتفاع غير المسبوق في درجة الحرارة بنحو (2) درجة مئوية خلال القرن العشرين سيشكل مرحلة حرجة بالنسبة لكوكب الأرض، وأن هذه التغيرات ستكون أشد في منطقة شرق المتوسط، نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الأمطار (IPCC, 2007).

مشكلة الدراسة:

يشكل التغير المناخي خطرا كبيرا على الموارد المائية في المناطق الواقعة في الحوض الشرقي للبحر المتوسط ، ومن بينها الأردن، إذْ يعتمد الأردن بشكل رئيسي على مياه الأمطار على اعتبارها المصدر المتجدِّد للمياه، ومن المتوقع أن يشهد الأردن بصورة أساسية انخفاض في كمية الأمطار، كباقي مناطق حوض البحر المتوسط، مع التوقعات بحدوث تغير أكبر على المناطق الجنوبية من الأردن بسبب سلوك بعض المنخفضات الجوية التي لا تتعمق جنوباً، بحيث تؤثر في المناطق الشمالية والوسطى من المملكة ولا تصل إلى المناطق الجنوبية بالقوة نفسها، وتشير غالبية الدراسات كدراسة (Baruch, et. al, 2005) و (Matouq, et. al, 2013) التي أجريت على المستوى العالمي والمحلي إلى أن التناقص الملحوظ في الأمطار, سيسهم في زيادة موجات الجفاف، وزيادة الإجهاد المائي وهو الحالة التي لا تتجدد فيها المخزونات المائية الجوفية، بمعدل كاف لتلبية الطلب

عليها. كما يؤدي تناقص الأمطار إلى حدوث عجز في انتاج المحاصيل الزراعية البعلية، وهي من المحاصيل الإستراتيجية، مما سيجعل الأردن يواجه ضغوطاً متزايدة فيما يتعلق بالأمن الغذائي نتيجة لتغير المناخ.

أهداف الدراسة:

1. التعرف على الخصائص العامة للأمطار من حيث معدلاتها السنوية.
2. تحديد الاتجاه العام لهطول الأمطار خلال الفترة الممتدة من (1983– 2013) في منطقة الدراسة.
3. تحديد فترات الرطوبة والجفاف التي تعرضت لها منطقة الدراسة خلال الفترة من (1983–2013).
4. تحديد التغير المناخي المحتمل على منطقة الدراسة.

أهمية الدراسة:

تسعى هذه الدراسة إلى توفير معلومات تفصيلية عن خصائص الأمطار واتجاهاتها في جنوب الأردن، والتي تعدُّ في هذا الوقت من ضروريات اتخاذ القرار بالنسبة للكثير من النشاطات التنموية على المستوى الإقليمي والمحلي، وأهميتها في أغراض التنمية المستدامة والتخطيط الحضري، والمنشآت الحيوية التي تتأثر بعنصر الأمطار. وتبرز أهمية الدراسة أيضاً في أنَّها من الدراسات القليلة التي تهتم بدراسة التغيُّر المناخي في منطقة الدراسة، من خلال الكشف عن التغير في اتجاهات الأمطار طيلة فترة الدراسة التي تمتد لنحو 30 سنة، والتي قد تسهم في تسهيل الطريق للباحثين في مجال التغير المناخي في منطقة الدراسة بدراسة عناصر مناخية أخرى مستقبلاً، كدرجات الحرارة والرطوبة الجوية ومعدلات التبخر.

أسئلة الدراسة:

تحاول هذه الدراسة الإجابة عن الأسئلة الآتية:

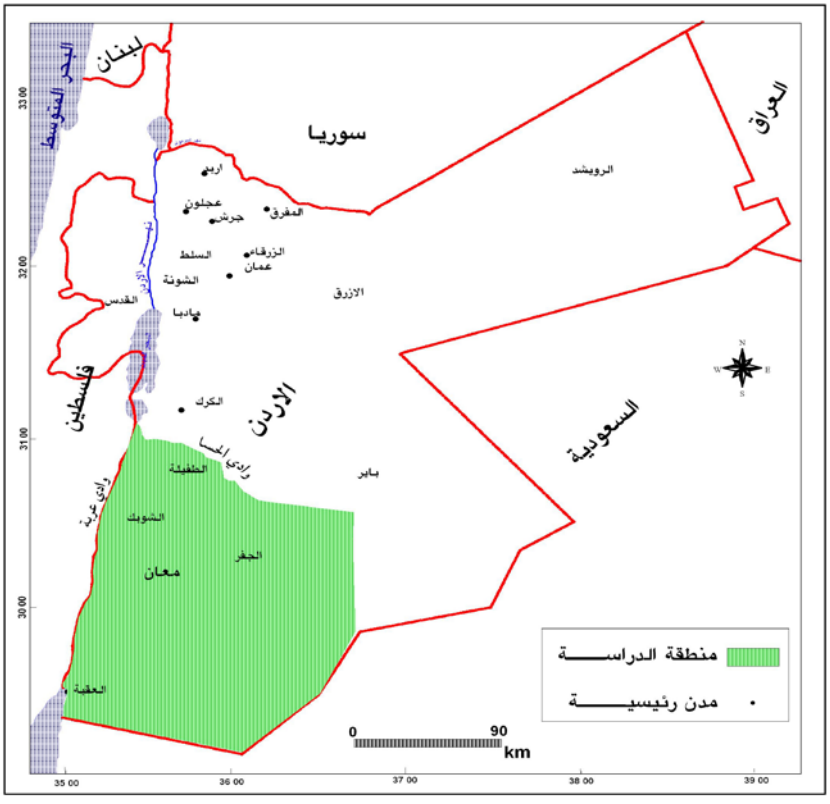
1. ما الخصائص العامة للهطول المطري في منطقة الدراسة، وهل أخذت اتجاهاً عاماً متزايداً أم متناقصاً؟

2. هل شهدت منطقة الدراسة فترات رطوبة وجفاف متعاقبة خلال الفترة من عام (1983–2013)؟

3. ما تأثير التغير المناخي المحتمل على المعدل السنوي للأمطار في جنوب الأردن؟

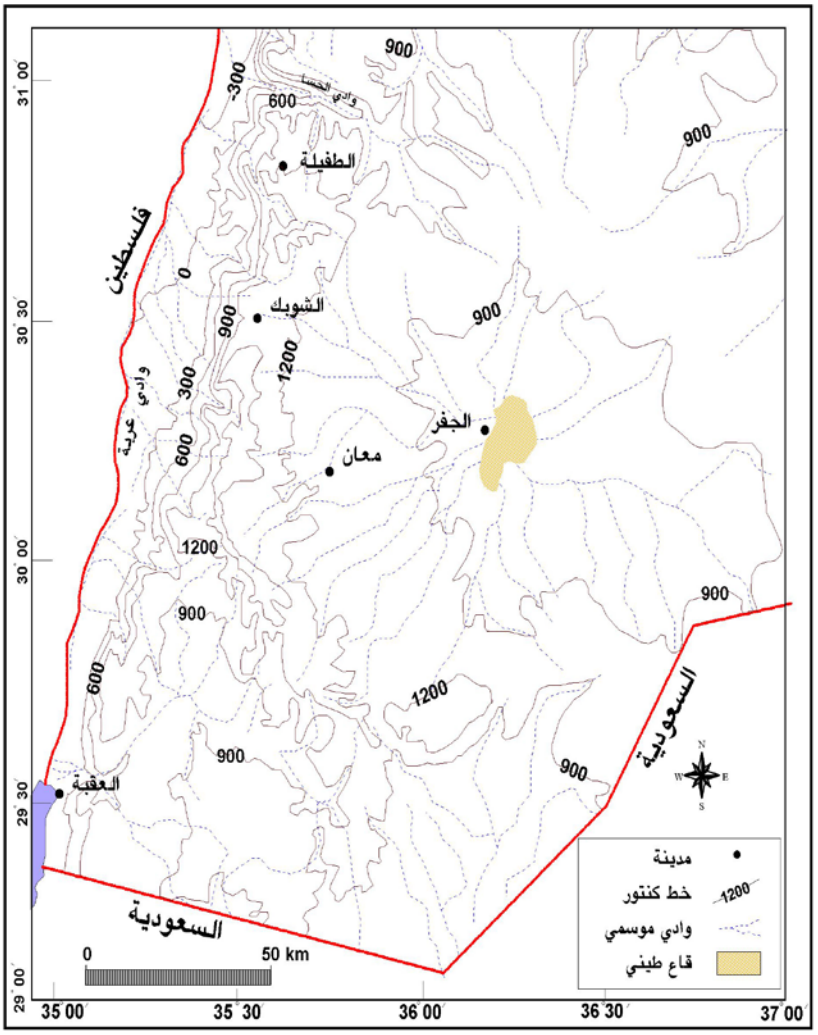
منطقة الدراسة:

تمثِّل منطقة الدراسة، المنطقة الممتدَّة بين خطي طول (00 ,36 – 00 ,38) شرقا ودائرتي عرض (05 ,29 – 00 ,31) شمالاً الممتدة من وادي الحسا شمالاً حتى الحدود السعودية جنوباً، (وتشمل مناطق البادية، والمرتفعات، ووادي عربة)، ويوضِّح الشكل (1) خريطة منطقة الدراسة.



الشكل (1)

خريطة منطقة الدراسة



الشكل (2)

خريطة طبوغرافية لمنطقة الدراسة

مبررات اختيار منطقة الدراسة:

أشار التقرير الوطني الشامل حول تغير المناخ في الأردن، إلى تراجع ملموس في هطول الأمطار في الأردن، وأن هذا التراجع في الهطول أشدّ في المناطق الجنوبية والشرقية بنسبة تصل إلى (30%) في معظم الحالات ومن هنا جاء مبرر اختيار منطقة الدراسة (جنوب الأردن) كونه من المتوقع أن تكون الأكثر تأثراً بانعكاسات التغير المناخي على الهطول المطري.

مراجعة للدراسات السابقة:

فيما يلي عرض لبعض الدراسات المحلية والأجنبية التي تناولت موضوع التغير المناخي وتأثيرة على معدلات الأمطار ودرجات الحرارة.

الدراسات الأجنبية:

دراسة (Bani-Domi, 2005), بعنوان:

"Trend analysis of temperatures and precipitation in Jordan"

اعتمدت هذه الدراسة على بيانات شهرية وسنوية في اثنتي عشرة محطة مناخية خلال الفترة (1964–1999) بهدف الكشف عن الاتجاهات المتتابعة في متوسط الحرارة والأمطار. وتم استخدام الارتباط المتسلسل واختبار الرتبة لمان– كندل من أجل توضيح فيما إذا كان يوجد في هذه البيانات اتجاهات مناخية. وأظهرت نتائج الدراسة اتجاها متناقصاً في متوسطات الأمطار السنوية واتجاها متزايدا في متوسطات الحرارة السنوية العظمى والصغرى للفترة (1964–1999) وإنها دون دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.05).

دراسة (Zghoul,et.al, 2006), بعنوان:

"A sudden change in rainfall characteristics in Amman، Jordan during the mid 1950s"

هدفت الدراسة إلى معرفة أثر التغيرات المناخية على الأمطار، وتحليل التغيرات التي طرأت على الاتجاه العام للأمطار في منطقة شرق البحر المتوسط، وقد أخذت محطة مطار عمان كحالة دراسية. وأظهرت النتائج أن التغيرات المناخية المحتملة قد أدت إلى تغيرات في الاتجاه العام

للأمطار وفي عدد الأيام الماطرة في مطار عمان. وكذلك وجود تغير في متوسط هطول الأمطار السنوية وعدد الأيام الماطرة. وقد بينت النتائج وجود انخفاض في مجموع الأمطار السنوية خلال فترة الدراسة (1922–2003)، وأيضا شهدت انخفاضاً في عدد الأيام الماطرة.

دراسة (Black, 2009), بعنوان:

"The impact of climate change on daily precipitation statistics in Jordan and Israel"

هدفت الدراسة إلى استخدام النماذج المناخية لمعرفة تأثير التغير المناخي على اتجاهات الأمطار و درجات الحرارة اليومية والشهرية. وقد أظهرت النتائج أن الأردن وفلسطين أكثر جفافا، وخاصة في ذروة موسم الأمطار، كما أظهرت النتائج وجود انخفاضا في كميات الهطول وتكراره وتوزيعه، وهذه التغيرات ارتبطت مع وجود انخفاض في قوة مسار المنخفضات القادمة لمنطقة حوض البحر المتوسط.

دراسة (Hamdi,et.al, 2009), بعنوان:

"Climate change in Jordan: a comprehensive examination approach"

هدفت الدراسة للكشف عن اتجاهات عناصر المناخ في الأردن، حيث تم تحليل بيانات ست محطات مناخية ممثلة للأردن خلال الفترة (1922–2003) وذلك باستخدام الأساليب الإحصائية مثل اختبار مان– كندل ومعامل الانحدار الخطي، وبينت النتائج عدم وجود اتجاهات واضحة تشير إلى زيادة أو نقصان في كمية الأمطار السنوية ودرجات الحرارة العظمى، ومع ذلك هناك اتجاهات تشير إلى أن درجة الحرارة الصغرى السنوية قد ازدادت في العقد الماضي.

دراسة (Matouq,et.al, 2013), بعنوان:

"The climate change implication on Jordan: a case study using GIS and Artificial Neural Networks for weather forecasting"

تمَّ في هذه الدراسة تحليل البيانات الخاصة بمجموعة الأمطار السنوية والحد الأدنى والمتوسط السنوي ودرجات الحرارة العظمى للفترة من (1979–2009) والتي تم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية. وأجريت سلسلة من الخطوات من أجل تطوير الخرائط الرقمية لتوثيق آثار التغير

المناخي على الأردن. وبينت نتائج الدراسة أن هناك زيادة في متوسط درجات الحرارة الدنيا والسنوية خلال فترة الدراسة. كما أظهرت النتائج أن هناك انخفاضاً في معدل الهطول المطري، إذ أن المناطق الشمالية ستحظى بزيادة في معدل الهطول المطري حيث يزيد على (30 ملم). أما المناطق الجنوبية فمن المتوقع حدوث انخفاض في إجمالي معدل هطول الأمطار ليصل إلى(50 ملم).

الدراسات العربية:

دراسة (غانم، 2001), بعنوان: "تحليل احتمالات هطول الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة في الأردن"، هدفت الدراسة إلى تحليل البيانات المطرية الشهرية والسنوية لثماني محطات مناخية موجودة في مناطق جافة وشبه جافة بالأردن في الفترة (1938–1996). وقد أظهرت النتائج وجود تذبذب شديد للأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة من الأردن، وأن هنالك اختلافا في معدلات عدد الأيام الممطرة في المنطقة نفسها، وأشار إلى أن هذا الاختلاف عائد إلى عدة عوامل منها الموقع بالنسبة لدوائر العرض والارتفاع عن مستوى سطح البحر.

دراسة (عنانبه، 2011), بعنوان: "التأثير المحتمل للتغير المناخي على أمطار الشتاء في الأردن"، حيث هدفت الدراسة إلى تحليل تأثير التغير المناخي على أمطار فصل الشتاء (كانون أول، كانون ثاني، وشباط) خلال الفترة (1990–2010، وأظهرت النتائج اتجاها عاما متناقصا في جميع المحطات المدروسة، وقد ظهر التناقص واضحاً في عدد الأيام الماطرة مع وجود دلالة إحصائية للتناقص في الأمطار وعدد الأيام الماطرة بنسب متفاوتة لما بعد سنة (2000) لعينة المحطات.

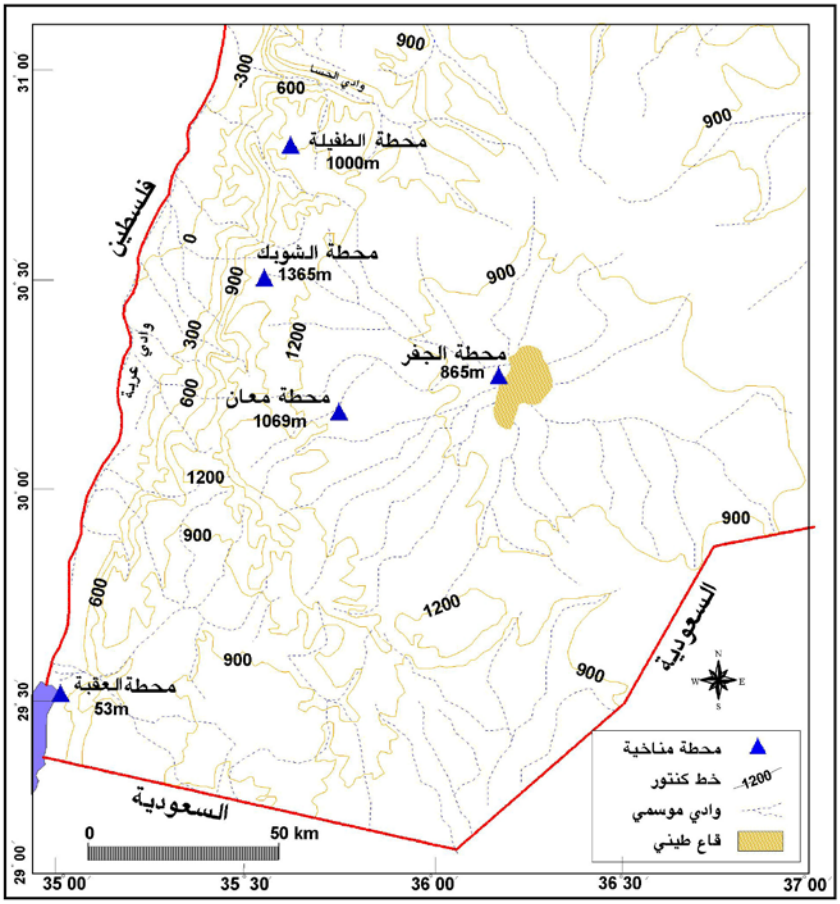
مصادر البيانات:

أ– المعلومات المتوفرة (المصادر المكتبية) والكتب والدوريات والنشرات والتقارير والدراسات المنشورة وغير المنشورة التي لها علاقة بالبحث.

ب– الخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، التي توضّح مواقع المحطات المناخية في إقليم الجنوب في الأردن.

ج– البيانات المطرية لـ (5) محطات مناخية، تمثل منطقة الدراسة –الممتدة من وادي الحسا شمالاً

إلى الحدود السعودية جنوباً– من المحطات المناخية التابعة لدائرة الأرصاد الجوية للفترة (1983 – 2013) الشكل (3)، وتشمل هذه البيانات المُناخية كميات الأمطار الشهرية والسنوية، ويُبيِّن الجدول (1) الموقع الفلكي لمحطات الدراسة، وارتفاع كل منها عن سطح البحر.



الشكل (3)

المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة

جدول (1) المحطَات المستخدمة في الدِّراسة خلال الفترة (1983– 2013)

اسم المحطة	دائرة العرض			خط الطول			الارتفاع عن سطح البحر
	ثانية	دقيقة	درجة	ثانية	دقيقة	درجة	(بالمتر)
الشوبك	10	31	30	03	32	35	1365
الجفر	03	19	30	32	10	36	865
معان	59	11	30	05	45	35	1069
الطفيلة	44	49	30	48	35	35	1000
مطار العقبة	03	36	29	07	1	35	53

*المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، 2014.

معالجة وتبويب البيانات والمعلومات:

تمَّ في هذه المرحلة معالجة جميع البيانات المطرية وجدولتها وتبويبها من محطات منطقة الدراسة، حيث استخدام عدد من الأساليب الإحصائية والعلاقات الرياضية لتحليل العلاقة بين متغيرات الدراسة باستخدام البرنامج الإحصائي Spss وبرنامج Excel:

أ- معامل ارتباط بيرسون (r) لتحديد العلاقات بين كميات الأمطار وبعض العناصر الجغرافية.

معامل ارتباط بيرسون

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{(n-1)S_x S_y} \quad \text{Or}$$

$$r = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}\sqrt{n(\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2}} \quad \text{Or}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - n\overline{X}\overline{Y}}{\sqrt{\sum X_i^2 - n\overline{X}^2}\sqrt{\sum Y_i^2 - n\overline{Y}^2}} \quad \text{Or}$$

1) X` الوسط الحسابي للبيانات

2) S_x الانحراف المعياري للبيانات

3) r معامل ارتباط بيرسون.

ب- تحليل شكل الاتجاه العام للأمطار خلال فترة الدراسة. وسيتم الاعتماد على طريقة المربعات الصغرى (Least Square Method) للتوصل إلى معادلة الاتجاه العامة للسلسلة الزمنية (شحادة، 2002).

معادلة خط الانحدار

$$y = a + bx + e$$

y: تمثل القيم الاتجاهية للأمطار.

x: تمثل الزمن.

a: نقطة تقاطع خط الانحدار الذي يمثل الأمطار السنوية.

b: معامل الانحدار وهو يمثل مقدار التغير في الأمطار السنوية مع مرور كل عام.

وتحسب قيمة كل من b و a باستخدام طريقة المربعات الصغرى حسب المعادلات التالية:

$$b = n \sum xy - \sum x \sum y / n \sum x^2 - (\sum x)^2$$

$$a = \sum x2 \sum y - \sum x \sum xy / / n \sum x2 - (\sum x)$$

جـ- استخدام أسلوب المتوسطات النصفية واختبار (T-Test) للعينات المستقلة للكشف عن الفروق في كميات الأمطار خلال فترة الدراسة، من خلال تحديد معنوية الفروق في الأوساط الحسابية لكميات الأمطار خلال فترات الدراسة، حيث سيتم تقسيم فترة الدراسة الكلية إلى فترتين متساويتين: الأولى تمثل الفترة الأولى (1983-1997)، والفترة الثانية (1998-2013) (شحادة، 1978).

معادلة T-Test

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / \sqrt{(s^2_1/n_1) + (s^2_2/n)}$$

حيث إنَّ:

$\bar{X}_1$ = الوسط الحسابي للأمطار في الفترة الأولى.

$\bar{X}_2$ = الوسط الحسابي للأمطار في الفترة الثانية.

S_1^2 = التباين للأمطار في الفترة الأولى.

S_2^2 = التباين للأمطار في الفترة الثانية.

n_1 = عدد السنوات في الفترة الأولى.

n_2 = عدد السنوات في الفترة الثانية.

د– استخدام مقاييس النزعة المركزية، مثل: (المتوسطات الحسابية والانحراف المعياري ومعامل التغير) للتعرف إلى مدى التغير أو التباين في الأمطار في المحطات المناخية المختارة في منطقة الدراسة، وتم حساب الانحراف المعياري ومعامل التغير للأمطار، حيث يفيد الانحراف المعياري في معرفة مدى التباين في كميات الأمطار السنوية والشهرية، ويتم الحصول عليه بتربيع انحرافات الأمطار عن المعدل العام لها خلال فترة الدراسة، وقسمتها على عدد السنوات خلال فترة الدراسة، ثم إيجاد الجذر التربيعي للتباين (شحادة, 2002). وللتعرف إلى مدى التغير الذي تتعرض له الأمطار في منطقة الدراسة واختلاف ذلك حسب المحطات المناخية، و تم حساب معامل التغير الذي يتم حسابه على النحو التالي:

$$C.V.\ (\%) = (S/\overline{X}) * 100$$

حيث إنَّ:

C.V. = معامل التغير.

S = الانحراف المعياري.

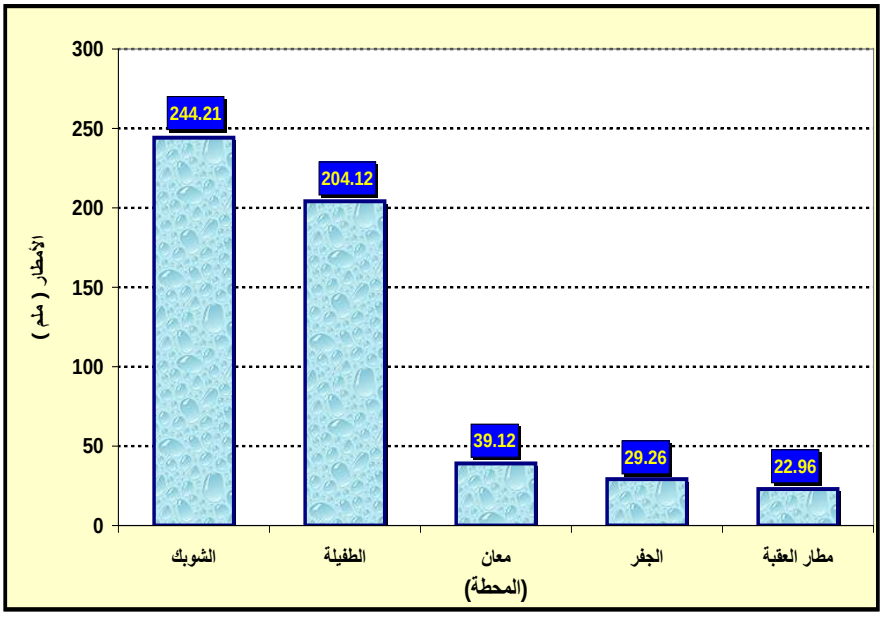
X= الوسط الحسابي للأمطار خلال فترة الدراسة.

هـ– استخدام أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية في دراسة اتجاهات التغير في كميات الأمطار؛ وذلك للتعرُّف على انحرافات كميات الأمطار عن خط اتجاهها العام، ويتم إيجاد المتوسطات المتحركة بجمع قيم كل ثلاث سنوات متعاقبة ومتداخلة، وقسمتها على عددها وتثبيتها أمام السنوات الوسطى (الصالح والسرياني، 1979).

التحليل والمناقشة:

المتوسطات السنوية للأمطار

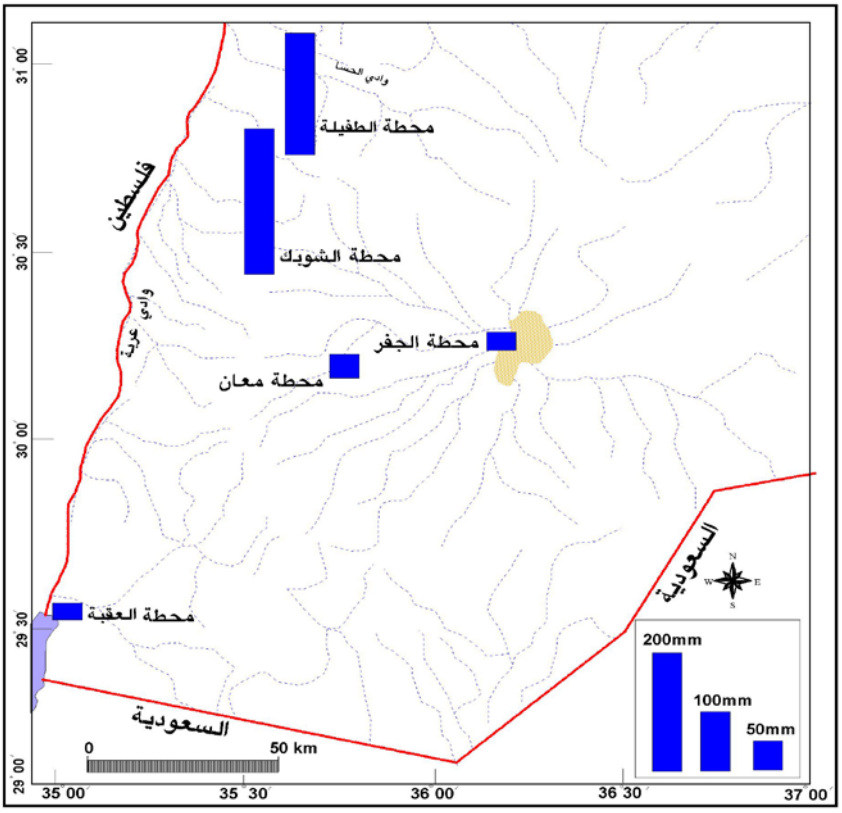
تعدُّ المتوسطات السنوية للأمطار من الوسائل الهامة لتوضيح كمياتها خلال فترة زمنية محددة، وفي هذا الجزء من الدراسة تم حساب المتوسطات السنوية للأمطار لفترة 30 عام – فترة الدراسة (1983–2013). ويوضح الشكل (4) قيم المتوسطات السنوية للأمطار في المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة.



الشكل (4)

المتوسطات السنوية للأمطار في محطات منطقة الدراسة

تشير البيانات المطرية السنوية في الشكل السابق إلى أن المتوسط العام للأمطار في منطقة الدراسة يبلغ نحو (107.93 ملم)، مما يعني أن منطقة الدراسة تصنف ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة وفقاً لتصنيف كوبن، ويظهر أيضا التباين الكبير في معدلات الأمطار السنوية في محطات الدراسة، ويظهر من خلال المتوسطات السنوية للأمطار في المحطات المناخية في منطقة الدراسة التفاوت الشديد والكبير في الكميات السنوية للأمطار بين هذه المحطات، في حين أن محطتي الجفر ومطار العقبة لا تحظيان إلا بكميات قليلة جدا من الأمطار، لا تزيد في متوسطها العام على (30 ملم)، ويبلغ المتوسط السنوي للأمطار في محطة الشوبك نحو (244.21 ملم)، وفي محطة الطفيلة نحو (204.12 ملم)، أمّا في محطة معان فيبلغ نحو (39.12 ملم)، شكل رقم (5).



الشكل (5)

التباين في معدلات الأمطار السنوية في محطات الدراسة

وبشكلٍ عام، فإنَّ المتوسطات السنوية للأمطار في محطات الدراسة كفيل بتوضيح العديد من النقاط التفصيلية سواء أكان منها ما يتعلق بالاختلافات المطلقة في كميات الأمطار، أم بالمدلولات البيئية والطبيعية لتلك الاختلافات. وبمقارنة هذه المتوسطات مع المتوسطات السنوية السابقة للأمطار في إقليم المرتفعات الجنوبية في المملكة والبالغ نحو (330 ملم) نجد أن منطقتي الشوبك والطفيلة تعانيان من تناقص في كميات الهطول المطري، وكذلك بالنسبة لمحطات معان والجفر ومطار العقبة والتي تقل معدلاتها السنوية الحالية للأمطار عن المعدلات السابقة التي بلغت نحو

35 ملم (دائرة الأرصاد الجوية، 2000). ولا بد من الإشارة هنا إلى حتمية العلاقة بين كميات الأمطار في محطات منطقة الدراسة – بصرف النظر عن قوة العلاقة– والمتغيرات البيئية والجغرافية كالارتفاع التضاريسي ووضعية السفوح الجبلية بالنسبة لاتجاه الرياح المحملة بالرطوبة، والموقع الفلكي (دائرة عرض المكان). ويستعرض الجزء التالي العلاقة بين كميات الأمطار في محطات منطقة الدراسة والعناصر الجغرافية.

العلاقة بين الأمطار والعناصر الجغرافية:

للتعرُّف إلى طبيعة العلاقة بين كميات الأمطار السنوية الهاطلة على محطات الدراسة وبعض المتغيرات الجغرافية والمتمثلة في: عامل الارتفاع عن سطح البحر، والموقع الفلكي (دائرة عرض المكان وخط طول المكان)، فقد تم في الجدول (3) إيجاد معامل الارتباط (r) وقيمة معامل التفسير (r^2) بين الأمطار وهذه العناصر.

جدول (3) معامل الارتباط (r) وقيمة معامل التفسير (r^2) بين كميات الأمطار والعناصر الجغرافية

العلاقة الارتباطيه (r) لمتغير لأمطار	قيمة معامل (r) الارتباط	الدلالة الإحصائية (Sig)	معامل التفسير (r^2)
عامل الارتفاع عن سطح البحر	0.65	0.24	4230.
دائرة العرض	0.76	0.13	5770.
خط الطول	-0. 08	0. 90	0060.

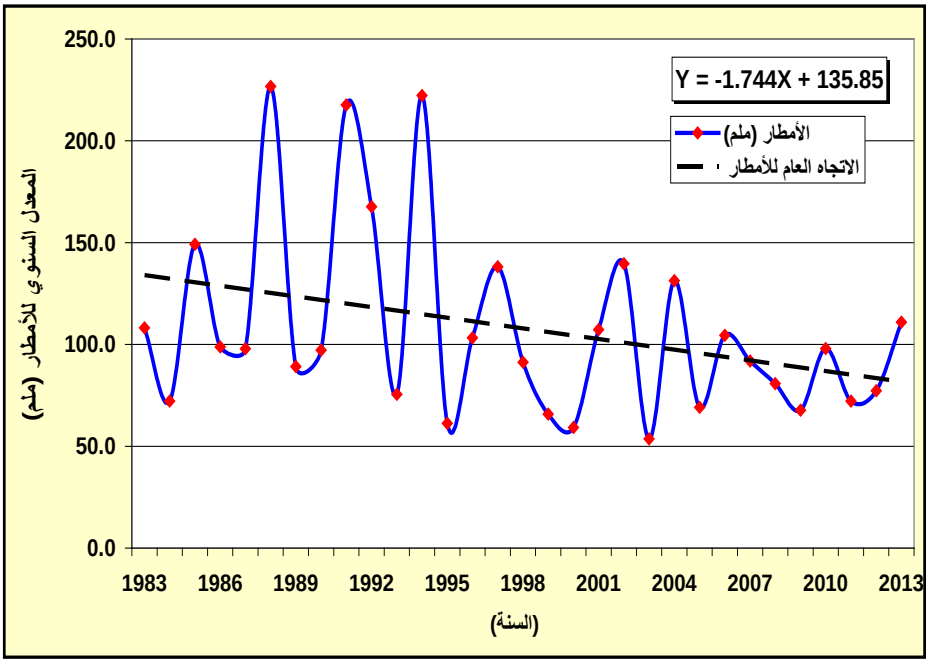
يلاحظ من الجدول (3)، ارتفاع قيمة معامل الارتباط (r) بالرغم من عدم دلالتها الإحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$)، وكذلك ارتفاع قيمة معامل التفسير (r2) بالنسبة لعاملي الارتفاع والموقع بالنسبة لدوائر العرض، حيث بلغت قيمة معامل التفسير(0.423 %) و (0.577 %) على التوالي، مما يشير إلى قدرة هاذين العاملين على تفسير الاختلافات في كميات الأمطار السنوية الهاطلة على محطات منطقة الدراسة، أما تأثير عامل خطوط الطول فقد أظهر التحليل انخفاضا كبيرا في قيمة عامل الارتباط، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط نحو (0.08) وقيمة معامل التفسير (0.006 %) فقط.

ويتَّضح مما سبق، وجود علاقة طردية بين كميات الأمطار في محطات الدراسة والموقع الجغرافي لها بالنسبة لدوائر العرض، حيث تتجه المعدلات السنوية للأمطار للتناقص كلما اتجهنا من الشمال إلى الجنوب وذلك بسبب: زيادة ارتفاع الأجزاء الشمالية عن الأجزاء الجنوبية في منطقة الدراسة، وتأثر الأجزاء الشمالية في منطقة الدراسة بالمنخفضات الجوية الشتوية بشكل أكبر من الأجزاء الجنوبية.

الاتجاه العام لهطول الأمطار في منطقة الدراسة:

للتعرُّف إلى الاتجاه العام لهطول الأمطار في منطقة الدراسة، تم إجراء تحليل الانحدار الخطي، وإيجاد ثابت علاقة الانحدار (a: نقطة أساس خط الانحدار، وتمثل نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الصادي)، ومعامل (b: معامل انحدار الخط المستقيم) ومعامل الارتباط (r) لكل علاقة، ومعامل التفسير (r^2)، وقيمة الخطأ المعياري للتقدير. والدلالة الإحصائية لمعنوية قيم معامل الارتباط عند مستوى الدلالة الإحصائية ($\alpha \leq 0{\cdot}05$) باستخدام اختبار(t). مع ملاحظة أنه عندما تكون قيمة (r) و (b) موجبة (+) يكون اتجاه الأمطار متزايداً خلال فترة الدراسة، وعندما تكون قيمة (r) و (b) سالبة (−) يكون اتجاه الأمطار متناقصاً خلال فترة الدراسة، حيث سيتم التعرف أولا إلى اتجاه الأمطار بشكل عام على مستوى منطقة الدراسة، ثم على مستوى المحطات المناخية، وفيما يلي عرض لأهم النتائج.

ويظهر الشكل (6) معادلة انحدار الخط المستقيم الذي يمثل اتجاه هطول الأمطار بشكل عام في منطقة الدراسة.



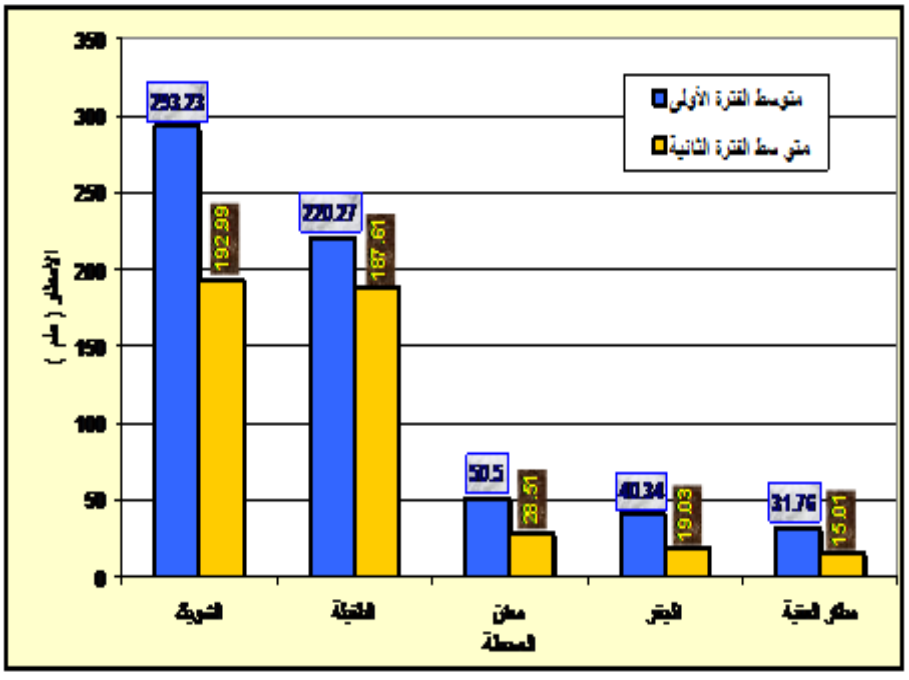
الشكل (6)

كميات الأمطار السنوية واتجاهها العام في منطقة الدراسة للفترة (1983–2013)

يظهر من الشكل (7) أن قيمة معامل الارتباط (r) و قيمة معامل الانحدار (b) سالبة (–) مما يعني أن اتجاه الأمطار في منطقة الدراسة بشكل عام متناقص خلال فترة الدراسة، وتدل قيمة معامل الارتباط (r) = 0.391- على وجود علاقة ارتباط خطية عكسية بين الأمطار والزمن، وتعكس قيمة معامل التفسير البالغة (15.21%) والمبينة في الجدول (5) أهمية أو صلاحية علاقة الارتباط وخط انحدارها الممثلة للاتجاهات المطرية في منطقة الدراسة، حيث تحدد قيم معامل التفسير النسبة الحقيقية من تباين الأمطار التي تستطيع معادلة الانحدار المبينة على الشكل (7) تقريرها أو تفسيرها في منطقة الدراسة، وقد تبين من اختبار الأهمية الإحصائية لقيمة معامل الارتباط جوهرية هذه العلاقة ودلالتها الإحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0{\cdot}05$)، ويؤكد ذلك القيمة الصغيرة للخطأ المعياري للتقدير والبالغة (44.89 ملم)، والتي تدل على ارتباط الأمطار بالتغيرات الزمنية.

التغير في الاتجاه العام للأمطار خلال فترة الدراسة:

للكشف عن التغيُّر في المتوسطات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة (1983–2013) تم استخدام طريقة المتوسطات النصفية، وتعتمد هذه الطريقة على تقسيم البيانات المطرية إلى فترتين متساويتين خلال فترة الدراسة، يتم إيجاد المتوسط الحسابي للأمطار السنوية لكل فترة، وإيجاد معدل التغير السنوي بالزيادة والنقصان، وذلك بقسمة الفرق بين المتوسطين على عدد السنوات خلال الفترة الممتدة من نصف الفترة الأولى (1983–1997) إلى نصف الفترة الثانية (1998–2013) (شحادة، 1978). الشكل (7) الأوساط الحسابية لكل فترة ومقدار الفرق بين المتوسطات ومعدَّل التغير.



الشكل (7)

التغير العام في كميات الأمطار السنوية في المحطات المناخية خلال فترتي القياس

يظهر أنَّ الاتجاه العام للأمطار السنوية في منطقة الدراسة يميل نحو التناقص في جميع المحطات الخمس مع وجود تباين مكاني في مقدار هذا التناقص ما بين محطة وأخرى، فيلاحظ بأن أكبر كمية تغير للأمطار خلال الفترتين كانت في محطة الشوبك التي بلغ متوسط الأمطار السنوية فيها خلال الفترة الأولى (293.23 ملم)، وانخفض في الفترة الثانية ليصل إلى (192.99 ملم) بفارق مقداره (100.24 ملم) وبمعدل تغير سنوي (6.68 ملم)، أما في محطة الطفيلة فبلغ متوسط الأمطار السنوية فيها خلال الفترة الأولى (220.27 ملم) وانخفض في الفترة الثانية ليصل إلى (187.61 ملم) بفارق مقداره (32.65 ملم) وبمعدل تغير سنوي (2.18 ملم)، أما محطة معان فبلغ متوسط الأمطار السنوية خلال الفترة الأولى (50.50 ملم) وانخفض في الفترة الثانية ليصل إلى (28.51 ملم) بفارق مقداره (21.99 ملم) وبمعدل تغير سنوي (1.47 ملم)، أما محطة الجفر فبلغ متوسط أمطارها السنوية خلال الفترة الأولى (40.34 ملم) وانخفض في الفترة الثانية ليصل إلى (19.03 ملم) بفارق مقداره (21.31 ملم) وبمعدل تغير سنوي (1.42 ملم)، وأخيراً محطة مطار العقبة فبلغ متوسط الأمطار السنوية خلال الفترة الأولى (31.76 ملم) وانخفض في الفترة الثانية ليصل إلى (15.01 ملم) بفارق مقداره (16.75 ملم) وبمعدل تغير سنوي (1.12 ملم)، أما على مستوى منطقة الدراسة ككل فبلغ متوسط الأمطار السنوية خلال الفترة الأولى (127.2 ملم) وانخفض في الفترة الثانية ليصل إلى (88.6 ملم) بفارق مقداره (38.59 ملم) وبمعدل تغير سنوي (2.57 ملم)، وتؤكد هده النتائج انخفاض المتوسطات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة؛ والذي قد يعود إلى تناقص عدد المنخفضات الجوية التي يتعرض لها الحوض الشرقي للبحر المتوسط.

وللكشف عن معنوية الاختلاف أو الفروق في المتوسطات السنوية للأمطار في الفترتين تم استخدام اختبار (t-test) للعينات المستقلة، كما تم إجراء اختبار ليفيني Levene test لاختبار تجانس التباين بين المجموعتين، والذي يعد شرط ضروري للتأكد من تحقق شرط التوزيع الطبيعي للبيانات، وتم إجراء تحويلات على البيانات لضمان تجانس التباين في حال عدم تجانسها، واعتماد قيمة t المحسوبة في حال عدم تجانس التباين، كما هو الحال في البيانات المطرية في محطات (مطار العقبة، والطفيلة، والشوبك، الجفر)، ويظهر الجدول (4) نتائج اختبار (t-test).

جدول (4) نتائج اختبار (T-Test)

للكشف عن الفروق الإحصائية في متوسط الأمطار خلال فترتي القياس

المحطة	الفرق بين متوسط الفترتين	الانحراف المعياري للفترة الأولى (ملم)	الانحراف المعياري للفترة الثانية (ملم)	الخطأ المعياري (S.E)	درجات الحرية (df)	قيمة اختبار Levene لتجانس التباين (F)	قيمة ت (T-test)	الدلالة الإحصائية
مطار العقبة	16.75	18.23	10.26	5.26	28	*8.16	3.27	0.00
الجفر	21.31	24.47	12.42	6.90	28	*5.25	3.09	0.00
الطفيلة	32.65	111.15	54.07	31.07	28	*8.39	1.19	0.24
الشوبك	100.24	139.29	61.04	37.13	28	*10.36	2.68	0.00
معان	21.99	27.79	15.55	8.02	28	3.39	2.42	0.00
منطقة الدراسة	38.59	56.3	25.2	15.5	28	*10.43	2.55	0.00

* ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($P\leq0.05$).

وبالنظر إلى النتائج في الجدول (4) يتبين ما يلي:

1. وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كميات الأمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة الأولى (1983–1997) وبين متوسط الأمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة الثانية (1998–2013)، فقد بلغت قيمة (t) المحسوبة (2.55)، وهي قيمة ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($P\leq0.05$)، وقد كانت الفروق لصالح الفترة الأولى التي كان متوسط أمطارها يزيد بمقدار(38.59 ملم) عن متوسط الأمطار في الفترة الثانية.

2. وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كميات الأمطار في محطات: (مطار العقبة، والجفر، والشوبك، ومعان) في الفترة الأولى (1983–1997) وبين كميات الأمطار في الفترة الثانية (1998–2013)، حيث بلغت قيمة (T) المحسوبة (3.27، 3.09، 2.68، 2.42) على التوالي، وهي قيم ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($P\leq0.05$)، وقد كانت الفروق لصالح كميات الأمطار السنوية الهاطلة خلال الفترة الأولى والتي كان متوسط أمطارها يزيد بمقدار (16.75 ملم) عن متوسط الأمطار في الفترة الثانية في محطة مطار العقبة، ويزيد بمقدار (21.31 ملم) في محطة الجفر، ويزيد بمقدار (100.24 ملم) في محطة الشوبك، ويزيد بمقدار (21.99) ملم في محطة معان.

3. عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كميات الأمطار في محطة الطفيلة خلال الفترة الأولى (1983–1997) وبين كميات الأمطار خلال الفترة الثانية (1998–2013)، حيث بلغت قيمة (T) المحسوبة (1.19)، وهي قيمة غير دالة إحصائيا عند مستوى دلالة ($P\leq0.05$), مما يعني متوسط الفترتين متساوية.

تذبذب معدلات الأمطار السنوية:

تتميَّز الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة كما هو الحال في منطقة الدراسة بكثرة تقلباتها من سنة لأخرى، فقد تسقط الأمطار في إحدى السنوات بمقدار يزيد على ضعف المعدل السنوي المعتاد، ثم تتبعها سنوات أخرى لا يسقط فيها إلا جزء بسيط من الأمطار المعتادة، ونظرا لتقلب الأمطار وما يسببه من آثار سيئة على مختلف النواحي البيئية، فإن من الضروري عند تقدير معدلات الأمطار السنوية أن تقترن تلك المعدلات بمعدلات اختلافها أو تغيرها. وللتعرف إلى مدى تغير الأمطار السنوية في محطات الدراسة، تم حساب الانحراف المعياري ومعامل التغير للأمطار السنوية، حيث يفيد الانحراف المعياري في معرفة مدى التباين بين كميات الأمطار الهاطلة خلال فترة الدراسة. وللتعرف إلى مدى التغير الذي تتعرض له الأمطار السنوية في منطقة الدراسة واختلاف ذلك حسب المحطات المناخية في منطقة الدراسة تم حساب معامل التغير لكل محطة. ويبيِّن الجدول (5) قيم الانحراف المعياري، ومعامل اختلاف الأمطار السنوية في محطات الدراسة بعد تطبيق المعادلات اللازمة لذلك.

جدول (5) الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية

ومعامل التغير لكميات الأمطار السنوية في محطات منطقة الدراسة للفترة (1983–2013)

المتغيرات	المحطات المناخية				
	الشوبك	الطفيلة	معان	الجفر	العقبة
الوسط الحسابي	244.21	204.12	39.07	29.26	22.96
الانحراف المعياري	124.97	94.72	25.10	22.42	17.37
معامل الاختلاف (%)	51.17	46.40	64.18	76.63	75.7

يلاحظ من بيانات الجدول (5)، والذي يبين قيم الانحراف المعياري ومعامل اختلاف كميات الأمطار السنوية الهاطلة في محطات الدراسة ما يلي:

1- سجلت محطة الشوبك أعلى قيمه للانحراف المعياري لكمية الأمطار السنوية في منطقة الدراسة حيث بلغت (124.97 ملم).

2- سجلت محطة مطار العقبة أدنى قيمة للانحراف المعياري لكمية الأمطار السنوية حيث بلغت (17.37ملم).

3- تقل قيم الانحراف المعياري في المحطات الجنوبية وتزداد كلما اتجهنا شمالاً، في حين سجلت قيم الانحراف المعياري في محطتي الشوبك والطفيلة (124.97 ملم) و (94.72 ملم) على التوالي، فقد وصلت في محطات معان والجفر والعقبة (25.10) و (22.42) و(17.37) على التوالي.

أما بالنسبة لقيم معامل التغير، فتشير بيانات الجدول (5) إلى ما يلي:

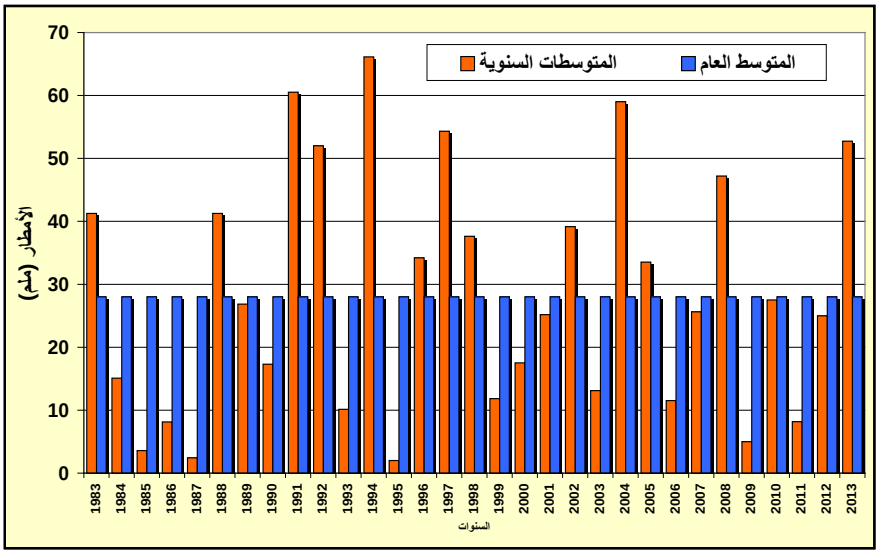
1. تتراوح قيم معامل التغير بين (76.63%) إلى (46.40%) وهي قيم مرتفعة مما يدل على شدة تذبذب الأمطار في منطقة الدراسة، ويشير (صدقة، 2005) إلى أن تجاوز قيم معامل التذبذب عن (35 %) يعد مؤشرا على التباين الشديد في كميات الأمطار.

2. إنَّ أعلى قيم لمعامل التغير سجلت في محطة الجفر بنسبة (76.63%)، وأقل قيمة سجلت كانت في محطة الطفيلة بنسبة (46.40 %).

3. إنَّ المحطات الشمالية من منطقة الدراسة (الطفيلة والشوبك) سجلت أقل معاملات تغير، بالمقارنة مع المحطات الجنوبية من منطقة الدراسة.

4. نظراً لارتباط الكميات المطلقة للأمطار في منطقة الدراسة بمدى التباين فيها، فإن أقل معدلات لتباين الأمطار سجلت في المحطات الجنوبية، وذلك لانخفاض أمطارها السنوية، الأمر الذي انعكس على قيم معامل التغير التي بلغت (76.63 %) و (75.70%) على التوالي في محطتي الجفر والعقبة.

ولتمثيل مدى التغير أو التباين الذي تعرضت له الأمطار السنوية في محطات الدراسة بشكل أوضح، تمَّ تمثيل كميات الأمطار السنوية بيانيا خلال فترة الدراسة (1983–2013) في الشكل (8) ومقارنتها مع المتوسط العام السنوي للأمطار.



الشكل (8)

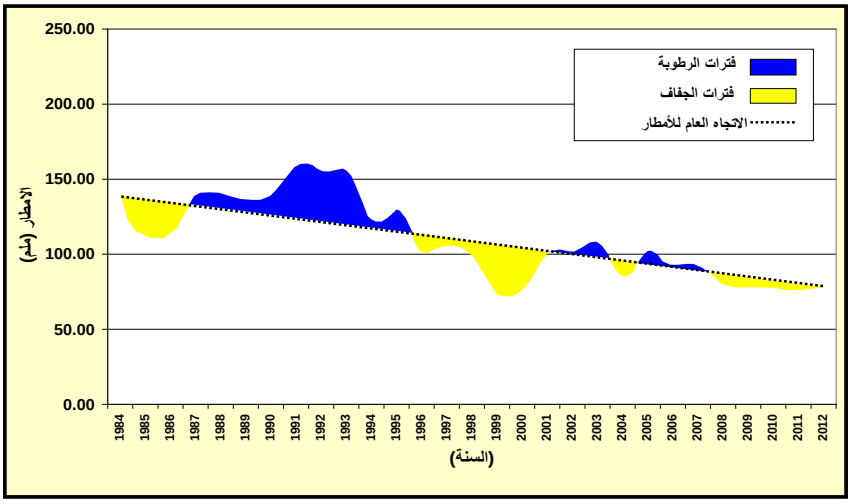
المتوسطات السنوية والمتوسط العام للأمطار السنوية في منطقة الدراسة للفترة (1983–2013)

فترات الجفاف والرطوبة:

تتعرَّض الأمطار السنوية في منطقة الدراسة للتذبذب على شكل فترات زمنية تتجه فيها الأمطار نحو الزيادة عن خط الاتجاه العام في بعض السنوات والتي تعرف في هذه الحالة بفترات الرطوبة، وتتعرض في سنوات أخرى إلى التناقص عن خط الاتجاه العام والتي تعرف تلك الفترات بفترات الجفاف، ولتحديد فترات الجفاف والرطوبة ومعرفة مدى انتظامها أو عشوائيتها، استخدمت الدراسة أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية لحساب كميات الأمطار السنوية في محطات الدراسة، حيث يمكن من خلال هذه الطريقة تحديد فترات الرطوبة والجفاف بشكل أوضح (الصالح والسرياني، 1979).

فترات الجفاف والرطوبة في منطقة الدراسة:

يوضِّح الشكل (9) فترات الجفاف والرطوبة التي تعرضت لها منطقة الدراسة باستخدام أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية وخط الاتجاه العام للأمطار السنوية جدول رقم (6).



الشكل (9)

فترات الرطوبة والجفاف في منطقة الدراسة خلال الفترة (1983–2013)

جدول (6) كميات الأمطار السنوية

والمتوسطات المتحركة الثلاثية في منطقة الدراسة خلال الفترة (1983–2013)

السنة	كمية الأمطار السنوية	المتوسطات المتحركة الثلاثية	السنة	كمية الأمطار السنوية	المتوسطات المتحركة الثلاثية
1983	108.1	–	1999	59.2	77.44
1984	72.2	109.83	2000	107.3	102.05
1985	149.2	106.72	2001	139.7	100.19
1986	98.8	115.30	2002	53.7	108.23
1987	97.9	141.17	2003	131.4	84.73
1988	226.8	137.95	2004	69.2	101.68
1989	89.2	137.73	2005	104.5	88.53
1990	97.3	134.69	2006	91.9	92.40
1991	217.6	160.86	2007	80.8	80.13
1992	167.7	153.62	2008	67.7	82.16
1993	75.5	155.16	2009	98.0	79.29
1994	222.3	119.67	2010	72.2	82.49
1995	61.2	128.91	2011	77.3	86.81
1996	103.2	100.87	2012	111.0	82.5
1997	138.1	110.89	2013	59.2	–
1998	91.3	98.43			–

يظهر من الشكل (9) أن منطقة الدراسة تعرضت لتراجع واضح في كميات الأمطار السنوية خلال فترة الدراسة، حيث تعرضت لأربع فترات من الجفاف استمرت الفترة الأولى من عام (1984) إلى عام (1987)، حيث انخفضت كميات الأمطار بشكل واضح عن خط اتجاهها العام وتراوحت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة (109–140ملم)، أما الفترة الثانية للجفاف فاستمرت من عام (1995) إلى عام (2000)، حيث انخفضت كميات الأمطار السنوية عن خط اتجاهها العام وتراوحت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة (128–77 ملم)، أما فترة الجفاف الثالثة فاستمرت لفترة قصيرة من عام (2003) إلى عام (2004) حيث انخفضت كميات الأمطار السنوية عن خط اتجاهها العام وتراوحت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة (101–84 ملم)، أما الفترة الأخيرة للجفاف فاستمرت من عام (2007) إلى عام (2012) حيث انخفضت كميات الأمطار السنوية عن خط اتجاهها العام وتراوحت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة (79–86 ملم). أما فيما يتعلق بفترات الرطوبة التي تعرضت لها منطقة الدراسة فيظهر من الشكل (9) تعرض منطقة الدراسة إلى ثلاث فترات من الرطوبة يفصلها فترات طويلة نسبيا من سنوات الجفاف، وقد استمرت فترة الرطوبة الأولى من عام (1988) إلى عام (1994) وقد حظيت خلالها بأعلى قيمة للأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية التي بلغت نحو (160 ملم)، أما الفترات الأخرى فقد كانت قصيرة نسبيا حيث استمرت الفترة الثانية من عام (2001) إلى عام (2003)، واستمرت الفترة الأخيرة من عام (2005) إلى عام (2006).

النتائج:

(1) بينت النتائج أن المتوسط العام للأمطار السنوية في منطقة الدراسة يبلغ نحو 107.93 ملم، وأن هناك تباينا في معدلات الأمطار السنوية على محطات منطقة الدراسة، حيث يبلغ المتوسط السنوي للأمطار في محطة الشوبك نحو (244) ملم، وفي محطة الطفيلة نحو (204) ملم، أما في محطة معان فيبلغ نحو (39.12) ملم. وفي محطة مطار العقبة (22.96) ملم، وفي محطة الجفر (29.26) ملم. وعلى أية حال فإن المتوسطات السنوية للأمطار خلال فترة الدراسة (1983–2013) في محطات منطقة الدراسة تشهد تراجعا ملحوظا للأمطار مقارنة بالمعدلات السابقة لها التي تبلغ نحو (330) ملم في محطتي الشوبك والطفيلة

الواقعة ضمن إقليم المرتفعات الجنوبية، و (35) ملم في محطتي الجفر والعقبة الواقعة ضمن إقليم جنوب وشرق البادية الأردنية، ويتضح من النتائج السابقة أن الاتجاه العام للأمطار في منطقة الدراسة يتجه نحو التناقص، إلا أن هذا التناقص ليس بصورة مضطردة بحيث تقل كميات الأمطار السنوية بشكل دوري عن كل سنة عن السنوات السابق لها، فقد أظهرت النتائج أن هناك سنوات تزداد فيها كميات الأمطار السنوية عن المتوسط العام، وسنوات أخرى تقل عن هذا المتوسط بشكل كبير، ومن ثم فإن الاتجاه العام يوضح الصورة الإجمالية للتغير في الأمطار خلال فترة الدراسة، ويوضح كميات الأمطار المتوقعة في السنوات القادمة، فهو يمثل وسيلة لإجراء تنبوءٍ مستقبلي للأمطار في منطقة الدراسة، وتشير هذه النتائج بوضوح إلى أن هناك تغيرا مناخيا في المنطقة والذي يعود إلى تناقص عدد المنخفضات الجوية فوق البحر المتوسط والقادمة من الغرب، كما أنه يوجد علاقة وثيقة بين التغير في درجات الحرارة وكميات الأمطار الهاطلة (Almazrou, 2012)، حيث إن التغير العالمي في درجات الحرارة يؤثر في الضغط الجوي والرياح والرطوبة والتكاثف، ومن ثم الأمطار (العرود، 2001). وتأكيدا لهذه النتائج فقد أشارت التقارير الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPPC) إلى أن التغير المناخي للكرة الأرضية وما يصاحبه من تسارع غير مسبوق في ارتفاع درجات الحرارة قد رفع من درجة الحرارة في المتوسط بمقدار 0.76 º م خلال القرن العشرين، كما ارتفع مستوى سطح البحر بمقدار 17 سم خلال الفترة نفسها، وأن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 2.0 º م يشكل مرحلة حرجة لكوكب الأرض، وأن التغيرات المناخية ستكون أشد في منطقة شرق المتوسط، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة التي سوف تؤدي إلى تناقص كميات الأمطار السنوية بنسبة 10% إلى 20 % في سوريا ولبنان والأردن وليبيا والمغرب وموريتانيا، بينما ستتزايد كميات الأمطار السنوية في المناطق المدارية الموسمية جنوب غرب المملكة العربية السعودية، وسلطنة عمان، والسودان ما بين 10 % إلى 30 %، وبين التقرير أن متوسط تكلفة تغير المناخ في المناطق التي تتناقص فيها الأمطار في أدنى مستوياته سيحقق خسارة تقدر بحدود (1.9%–2.5%) من الناتج المحلي الإجمالي لدول الشرق الأوسط (IPPC, 2007).

(2) بينت الدراسة أن معدلات الأمطار السنوية في محطات المناخية في منطقة الدارسة تتأثر بعوامل: الارتفاع عن سطح البحر والموقع الفلكي بالنسبة لدرجات العرض للمكان، حيث تتجه المعدلات السنوية للأمطار إلى التناقص كلما اتجهنا من المحطات المناخية الواقعة في الشمال – محطتي الشوبك والعقبة– إلى الجنوب في محطات معان والجفر ومطار العقبة؛ وذلك بسبب: زيادة ارتفاع محطتي الشوبك والطفيلة عن محطات معان والجفر ومطار العقبة، وتأثر محطتي الشوبك والطفيلة في منطقة الدراسة بالمنخفضات الجوية الشتوية بشكل أكبر عن المحطات الأخرى. وبشكل علم فقد قد أدى الموقع الفلكي لإقليم الجنوب في الأردن إلى وقوعه ضمن المنطقة المدارية في الصيف والمناطق المعتدلة في الشتاء، ووقوعه إلى الجنوب من المسارات التي تسلكها المنخفضات الجوية في شرق البحر المتوسط حيث أدى ذلك إلى تناقص الأمطار من الشمال إلى الجنوب، وقلة عدد الجبهات الباردة التي تتعرض لها المناطق الجنوبية مقارنة مع المناطق الشمالية والوسطى؛ وذلك بسبب أن الرياح في المناطق الشمالية تسلك مسارات طويلة فوق المسطحات المائية عكس الرياح في المناطق الجنوبية، ويؤدي البعد عن البحر المتوسط وانفصاله بسلسلة المرتفعات الغربية إلى تناقص الأمطار من الغرب إلى الشرق.

(3)بينت النتائج أن الاتجاه العام لكميات الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة بشكل عام وعلى جميع المحطات المناخية يتجه نحو التناقص خلال فترة الدراسة، ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط خطية عكسية بين الأمطار والزمن، وقد تبين من اختبار الأهمية الإحصائية لقيمة معامل الارتباط جوهرية هذه العلاقة ودلالتها الإحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0{\cdot}05$)، وتعكس قيمة معامل التحديد المرتفعة نسبياً في محطات منطقة الدراسة معنوية علاقة الارتباط وخط انحدارها الممثلة للاتجاهات المطرية في محطات منطقة الدراسة، ويؤكد ذلك القيم الصغيرة نسبيا للخطأ المعياري للتقدير بالنسبة لكميات الأمطار والتي تدل على ارتباط الأمطار بالتغيرات الزمنية في محطات منطقة الدراسة.

(4)بينت النتائج المتعلقة بالتغير في الاتجاه العام لكميات الأمطار الساقطة على محطات منطقة الدراسة وباستخدام أسلوب المتوسطات النصفية واختبار "ت" للعينات بأن أعلى معدل تناقص سنوي للأمطار كان في محطة الشوبك بنحو (6.68) ملم /سنة، تلاها محطة الطفيلة (2.18) ملم /سنة، ثم في محطة معان (1.47) ملم /سنة، ثم في محطة الجفر (1.42) ملم /سنة،

وأخيراً في محطة مطار العقبة فبلغ بمعدل التغير السنوي (1.12) ملم /سنة، أما على مستوى منطقة الدراسة ككل فبلغ معدل التغير السنوي (2.57) ملم /سنة، وبينت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كميات الأمطار في محطات (مطار العقبة، والجفر، والشوبك، ومعان) في الفترة الأولى (1983–1997) وبين كميات الأمطار في الفترة الثانية (1998–2013)، وقد كانت الفروق لصالح كميات الأمطار السنوية الساقطة خلال الفترة الأولى والتي كان متوسط أمطارها يزيد بمقدار 16.75 ملم عن متوسط الأمطار في الفترة الثانية في محطة مطار العقبة، ويزيد بمقدار 21.31 ملم في محطة الجفر، ويزيد بمقدار 100.24 ملم في محطة الشوبك، ويزيد بمقدار 21.99 ملم في محطة معان، وتشير هذه النتائج بوضوح إلى أن هناك اتجاها عاما لتناقص كميات الأمطار في منطقة الدراسة والذي قد يعود إلى تناقص عدد المنخفضات الجوية وطبيعة هذه المنخفضات نفسها،مثل طبيعة المنخفض وفيما إذا كان متوسطيا أو خماسينيا ومدى عمق المنخفض، ومدة تمركزه في الحوض الشرقي للبحر المتوسط ومساره بالنسبة لمنطقة الدراسة ورطوبة الكتل الهوائية المرافقة للمنخفض، وإلى الارتفاع المضطرد في درجات الحرارة في الأردن.

(5)أظهرت النتائج المتعلقة بتحديد الفترات الجافة والرطبة التي تعرضت لها منطقة الدراسة خلال الفترة (1983–2013) وباستخدام أسلوب المتوسطات المتحركة الثلاثية وخط الاتجاه العام للأمطار السنوية، أن منطقة الدراسة تعرضت لأربع فترات من الجفاف، استمرت الفترة الأولى من عام (1984) إلى عام (1987)، أما الفترة الثانية فاستمرت من عام (1995) إلى عام (2000)، أما الفترة الثالثة للجفاف فاستمرت من عام (2003) إلى عام (2004) أما الفترة الأخيرة للجفاف فاستمرت من عام (2007) إلى عام (2012) حيث انخفضت فيها كميات الأمطار عن خط اتجاهها العام وتراوحت قيم الأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية خلال هذه الفترة (79–86 ملم). أما بالنسبة لفترات الرطوبة فقد تعرضت منطقة الدراسة لثلاث فترات من الرطوبة يفصلها فترات طويلة نسبيا من سنوات الجفاف، وقد استمرت فترة الرطوبة الأولى والتي كانت أطولها من عام (1988) إلى عام (1994) وقد حظيت خلالها بأعلى قيمة للأوساط المتحركة لكميات الأمطار السنوية التي بلغت نحو (160 ملم). وبالإشارة إلى هذه النتائج فقد أشارت بعض الدراسات إلى أن قلة الأمطار "فترات الجفاف" جاءت نتيجة لابتعاد المنخفضات الجوية عن شرقي البحر المتوسط وتوجهها نحو وسط أوروبا وشرقيها، ويشير (شحادة، 1991)

إلى أن هذا التعليل فيه تبسيط كثير، لأن ابتعاد المنخفضات الجوية وقلة الأمطار كلاهما نتيجتان لعامل آخر يؤثر فيهما معا ويرتبط بطبيعة الأوضاع السينوبتيكية السائدة في طبقات الجو العليا ومواقع الجبهات الدافئة والأحواض الباردة وعمقها واتجاهات محاورها وقوة مراكز الضغط الجوي في أسيا وأوربا، بالإضافة إلى أن هناك عاملا آخر يؤثر في الأمطار في شرق البحر المتوسط وهو قوة المرتفع السيبيري وامتداده، فالأمطار في الأشهر التي تزداد فيها قوة المرتفع السيبيري ويمتد جزء منه فوق منطقة شرق البحر المتوسط تكون أقل من المعدل، أما عندما يضعف ذلك المرتفع وينحسر تأثيره عن المنطقة فإنه يفسح المجال أمام تعمق المنخفضات الجوية وزيادة أمطارها.

المراجع

البحيري، صلاح، (1994)، الاردن: دراسة جغرافية، (ط 2)، المكتبة الوطنية، عمان، الاردن، ص56– 75.

الحنبلي، سليمان، (1991)، جغرافية الأردن وأقاليمه المناخية، الإستراتيجية الوطنية لحماية البيئة في الأردن، وكالة الولايات المتحدة للإنماء الدولي، عمان، الأردن

خرفان، سعد، (2010)، تغير المناخ ومستقبل الطاقة – المشاكل والحلول، منشورات وزارة الثقافة السورية، دمشق، ص 12– 14.

دائرة الأرصاد الجوية، (2014)، بيانات مناخية غير منشورة للفترة الواقعة بين 1983–2013, قسم المناخ، عمان، الأردن.

دائرة الأرصاد الجوية، (2000)، بيانات غير منشورة, قسم المناخ، عمان، الأردن.

الدروبي، عبدالله، وآخرون، (2008)، التغير المناخي وتأثيره على الموارد المائية في المنطقة العربية، المؤتمر الوزاري العربي للمياه، في الفترة 14–2008/7/17، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة،

الدليمي، خلف, (2010), التغير المناخي وآثاره المتوقعة على الإنسان والبيئة في الوطن العربي، المجلة العراقية لدراسات الصحراء، المجلد 2، العدد 2، ص150 .

الروسان، نايف، وعنانزة، علي، (2001)، جغرافية الأردن، دار الشروق، عمان الأردن، (ط 1).

أبو زيد, محمد صدقة، (2005)، خصائص الأمطار في الجزء الأوسط في المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك عبد العزيز، الآداب والعلوم الإنسانية، المجلد 14 ، ص 175– 233.

شحادة، نعمان، (2009)، علم المناخ، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

شحادة، نعمان، (1978)، الاتجاهات العامة للإمطار في الأردن، مجلة البحوث والدراسات العربية، المجلد 5، العدد 1، ص 134–155.

شحادة، نعمان، (1985)، فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، مجلة البحوث والدراسات العربية، المجلد 12، العدد 7، ص107–111.

شحادة، نعمان، (1991)، مناخ الأردن، (ط1)، دار البشير، عمان، الأردن.

شحادة، نعمان، (2002)، الأساليب الكمية في الجغرافيا باستخدام الحاسوب، (ط 2)، عمان، دار الصفاء.

شحادة، نعمان، والمناسية، نزيه، (2013)، تصور طلبة السنة الأولى في الجامعة الأردنية للتغير المناخي, مجلة دراسات العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 40، العدد 2، ص 315–319.

الصالح، ناصر، السرياني، عبدالله، ومحمد، محمود، (1979)، الجغرافية الكمية والاحصائية أسس وتطبيقات، جدة، دار الفنون للطباعة والنشر.

صبري، علي، (2001)، موجات الحر في الأردن، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية.

عبدالله سالم، عومر، وآخرون، (1990)، جغرافيا الوطن العربي، (ط 1)، طرابلس.

العرود، إبراهيم، (2001)، التغير المناخي في الميزان، منشـــورات وزارة الثقافـــة، عمان، الأردن، (ط 1).

عنانبة، صباح، (2011). التأثير المحتمل للتغير المناخي على أمطار الشتاء في الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية.

غانم، علي، (2003)، الجغرافيا المناخية، دار المسيرة للنشر, (ط 1), عمان, الأردن.

غانم، علي،(2003)، تغير الظروف الحرارية والتهطالية في مدينة عمان – المملكة الأردنية الهاشمية– ودوريتها خلال القرن العشرين، مجلة جامعة دمشق، المجلد 19، العدد 3+4، ص151–171.

غانم، علي، (1993)، الأحوال الجوية المرتبطة بفيضان آذار عام 1991 على المناطق الجنوبية من الأردن، مجلة الدراسات، المجلد 20، العدد1، ص 7 – 25 .

غانم، علي، (2001)، تحليل احتمالات هطول الأمطار في المناطق الجافة وشبة الجافة في الأردن، مجلة جامعة دمشق، المجلد 17، العدد 2، ص 13– 24 .

فرحان، يحيى، وآخرون، (1989)، دراسات في جيمورفولوجية جنوب الأردن، منشورات الجامعة الأردنية، (ط 1)، عمان، الأردن، ص 139–186.

مخامرة، زياد, والحسبان، يسرى، (2015)، جغرافية الأردن، دار وائل للنشر، (ط3)، عمان، الأردن.

الموسي، فواز، (2002)، الخصائص المناخية لدرجات الحرارة والأمطار في منطقة شرقي البحر المتوسط, رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة عين شمس، مصر.

وزارة البيئة الأردنية، (2012)، تقارير غير منشورة، دائرة الدراسات، عمان، الأردن.

Adel A., (1972), Characteristics of Khamasin Condition in March 1967, the Meteorological Authority Research Bulletin, vol 4, no 1, Cairo, Egypt , pp 63- 83

Alpert, P., Ben-gai,T., Baharad,A., Benjamini,Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar,V., Romero, R., Michaelides, S., and Manes, A., (2002), The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values, Geophysical Research Letters, Vol. 29.

Bani-Domi,M.,(2005) ,Trend analysis of temperatures and precipitation in Jordan, Umm Al-Qura University, Journal of Educational , Social Sciences And Humanities Vol. 17, No. 1 .

Baruch,Z., Dayan,U., Kushner,Y., Roth,C., and Enzel,Y.,(2005), Regional and global atmospheric patterns governing rainfall in The Southern Levant 2005, International journal of climatology, Open University of Israel ,Vol. 26 , No. 1 , pp. 55-56.

Ben-Gai,T., Bitan,A., Manes,A., Alpert,P., and Rubin,S.,(1998), Spatial and temporal changes in rainfall frequency distribution patterns in Israel, Theoretical and Applied Climatology,Vol. 1, pp. 178.

Black,E.,(2009),The impact of climate change on daily precipitation statistics in Jordan and Israel , Royal Meteorological Society, Vol. 10, No. 3, pp. 193-199.

Bou-Zeid,E., and El-Fadel,M. ,(2002), Climate change and water resources in Lebanon and the Middle East, Journal Water Resources Planning Management, Vol. 28 , No. 5, pp. 343-355.

Chenoweth,J., Hadjinicolaou,P., Bruggeman,A., Lelieveld,J., Levin,Z., Lange, M., Xoplaki, E., and Hadjikakou, M., (2011), Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region,Water Resources Research , Vol . 47, No. 6, pp. 2-18.

Dayan,U., and Abramski, R., (1983), Heavy rain in the Middle East related to unusual jet stream properties, Bulletin of the American Meteorological Society,Vol. 64 , No. 10, pp.1138-1140.

Ghanem, A., (2011), Trends in mean seasonal and annual rainfall amounts over Jordan, university of jordan, Human Social Sciences, Vol. 38 ,No. 3 , PP. 1047-1049.

Ghanem,A.,(2006), Weather conditions associated with extreme Dry And Wet Episodes In Jordan During Winter (1961-2000),Damascus University Journal,Vol. 22, No. 1+2, pp. 58-59.

Hamdi, R., Abu-Allaban, M., Al-Shayeb, A., Jaber, M., and Momani,N.,, (2009), Climate change in Jordan: A Comprehensive Examination Approach, American Journal of Environmental Sciences, Vol. 5, No. 1, pp. 58-68.

IPCC Report, (2013), The Fifth Assessment Report (AR5) The Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC Report, (2013), The Fourth Assessment Report (AR5) The Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC Report, (2007), The Fourth Assessment Report (AR4) The Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jordan Meteorological Department , (1988), Jordan Climatological, Data Handbook, Amaan,Jordan

Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Hannides, C., Lange, M. A., Tanarhte, M., and Tyrlis, E., (2012), Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East, Water Resources Research, Vol.

114 , No. 3-4 , pp. 668- 675.

Lionello, P., and Giorgi,F.,(2007), Winter precipitation and cyclones in the Mediterranean region: future climate scenarios in a regional simulation, Advances in Geosciences, pp.154-158.

Matouq, M., El-Hasan,T., Al-Bilbisi, H., Abdelhadi, M., Hindiyeh, M., Eslamian, S., and Duheisat, S., (2013), The climate change implication on Jordan: A case study using GIS and Artificial Neural Networks for weather forecasting , Journal of Taibah University for Science, Vol. 7, No. 2 , pp. 4-55 .

Oroud . I., (2008), The Impacts of climate change no water Resources in Jordan, in : f. Zereini, H.Hotzl (eds), chapter in climate change and water Resources in the middle East and north Africa, Environmental science and Engineering , Vol. 9 ,pp. 109-123.

Smadi, M., and Zghoul, A., (2006), A Sudden Change In Rainfall Characteristics In Amaan Jordan During The Mid 1950, American Journal Of Environmental Sciences, Vol. 2, pp 10-84.

Smiatek, G., Kunstmann,H., and Heckl, A., (2011), High-resolution climate change simulations for the Jordan River area, Journal of Geophysical , Vol. 116, No. 16, pp. 1-14.

Watkins, K., (2007/2008) Human Development Report: Fighting climate change: Human solidarity in a divided world", UNDP, Palgrave Macmillan, NewYork (2007).

World Bank Report, (2014), climate change adaptation and natural Disasters Preparedness in the coastal cities of north Africa. world bank, washington, pp. 34-35.

Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., and Ahmed, N., (2005), Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol. 110, pp. 1-12.

جـ – مواقع الانترنت:

1. http:/ www.ipcc.ch
2. http://www.tutiempo.net/clima/Jordania/JO.html
3. http://www.wmo.int/pages/index_ar.html
4. https://ar.wikipedia.org/