



تحليل مؤشرات التغير المناخي بالمناطق الجافة "محافظة تبوك ومحافظة العقبة" خلال الفترة 1985-2017 (دراسة مقارنة)

فهدة فلاح بن حشر*

أستاذ الجغرافيا المناخية، قسم الجغرافيا والاستدامة البيئية، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الأميرة نورة بنت عبد الرحمن، الرياض، المملكة العربية السعودية
Fafalhasher@pnu.edu.sa

يسرى عبد الكريم الحسبان**

أستاذ الجغرافيا الطبيعية، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الأردنية، عمان

المستخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل اتجاهات تغير كمية الأمطار، ودرجة الحرارة خلال الفترة 1978-2015 بمحطتي العقبة، وتبوك للاستدلال بهما كمؤشر على ظاهرة التغير المناخي. ولتحقيق أهداف البحث اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الاستقرائي المبني على تحليل الخصائص الاحصائية لتوزيع الأمطار ودرجة الحرارة، إضافة لفحص تجانس التباين بتطبيق مؤشر هارتلي وطريقة المتوسطات النصفية وفحص مان-كندل لتحليل اتجاهات التغير لكميات الأمطار اليومية ودرجة الحرارة.

وتوصلت الدراسة إلى أن هناك تماثل كبير في نظام تساقط الأمطار السنوية وزيادة في المتوسط السنوي للأمطار محطة تبوك بنسبة 13.7% مقارنة بنظيره في محطة العقبة. وعلى العكس هناك زيادة في كمية الأمطار السنوية القصوى والمدى بنسبة 12.6% و 12.8% على التوالي بمحطة العقبة مقارنة بنظيريهما بمحطة تبوك.

دلت قيمة الفحص الاحصائي "ت" ستودنت وقيمة الفرق المطلق بين المتوسطين النصفيين وضعف قيمة الخطأ المعياري على وجود اتجاهات غير معنوية للتغير العام للأمطار السنوية بمحطتي تبوك والعقبة. كما أظهرت قيم الانحراف المعياري مدى تشتت كميات الأمطار الفصلية حول المتوسط وزيادة المعدل السنوي لدرجة الحرارة المرصودة بمحطة العقبة بنحو 2.4 م° عن محطة تبوك.

تاريخ الاستلام: 2024/07/14

تاريخ قبول البحث: 2024/07/22

تاريخ النشر: 2024/12/30

ويشير حساب التغير العام لدرجات الحرارة أن هناك اتجاهات متزايدة بالمحطتين، كذلك أظهرت قيم اختبار "ت" ستودنت وجود اتجاهات متزايدة ومعنوية لدرجة الحرارة خلال فصلي الصيف والشتاء وأخرى غير متزايدة وغير معنوية خلال فصلي الخريف والربيع بمحطة العقبة. بينما كشفت نتائج هذا الاختبار عن وجود اتجاهات متزايدة ومعنوية لدرجة الحرارة خلال جميع الفصول بمحطة تبوك.

وتوصي الدراسة بتطبيق دراسات تفصيلية لكافة المحطات ولفترة زمنية أطول كي تحدد الاتجاهات العامة لخصائص الأمطار ودرجة الحرارة، والأخذ بعين الاعتبار هذه الاتجاهات للتكيف مع التغيرات المناخية.

الكلمات المفتاحية

الأمطار السنوية، عدد الأيام الممطرة، اختبار مان-كندل، تبوك، العقبة

أولاً: مقدمة

تشكل دراسة وتحليل نظام الهطول المطري أهمية كبيرة لدى الباحثين والمتخصصين في مجالي المناخ والهيدرولوجيا، نظراً لارتباط دراسة الموارد المائية السطحية بتوفر الأمطار بالمناطق الجافة وشبه الجافة، مع تنامي تأثيرات التغير المناخي في مناطق مختلفة من العالم. ويعتبر نظام الهطول المطري عنصر المناخ الأكثر تأثراً بظاهرة التغير المناخي Climate change، وهو أهم العوامل الطبيعية تأثيراً على البيئة والإنسان، خاصة بالمناطق الجافة وشبه الجافة. وتتجلى تأثيرات نظام تساقط الأمطار من خلال زيادة تواتر ظاهرة السيول وتكرار حدوث الفيضانات بالمناطق العمرانية والسكنية من جهة وتذبذب وتدني المعدلات المطرية التي زادت من اتساع المساحات القاحلة والمناطق التي تتعرض إلى تأثيرات ظاهري الجفاف والتصحر. وفي هذا الصدد يحظى نظام تساقط الأمطار بأهمية بالغة لدى سكان المناطق الجافة وشبه الجافة على غرار المنطقة العربية بشكل عام وشبه الجزيرة العربية بشكل خاص. ولذا تتناول هذه الدراسة تحليل تباين نظام التساقط المطري بمحطتي العقبة وتبوك باستخدام البيانات المطرية اليومية للفترة 2000-2019 والاستدلال به على اتجاهات التغير الحاصلة.

وقد نالت دراسة الأمطار اهتمام العديد من الباحثين في البلدان العربية نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر دراسة (شحادة، 1986) التي استخدمت أسلوب المتجهات لحساب التركيز الفصلي وأسلوب تحليل أسطح الانحدار لتحديد الاتجاهات والأنماط العامة للتباين المكاني في فصلية الأمطار بمنطقتي الحوض الشرقي من البحر والمتوسط وآسيا العربية. كما كانت الأمطار أكثر العناصر المناخية التي نالت اهتمام الدراسات المحلية منذ ثمانينيات القرن الماضي، نذكر منها كذلك على سبيل المثال لا الحصر حسب تسلسلها الزمني دراسة (الجراس، 1981) التي تناولت فحص الافتراضات التقليدية المتعلقة بتحديد العوامل المؤثرة في كمية الأمطار بالتطبيق التحليلي على ظاهرة التساقط المطري في 60 محطة قياس منتشرة على مرتفعات البحر الأحمر وعلى ما يحف بها من سهول ساحلية في الغرب ومن سهول مرتفعة في الشرق. كما تطرق (السيد، 1981) في دراسة أخرى إلى تحليل بيانات الأمطار في محطتي خميس مشيط بمرتفعات عسير ومحطة جدة على ساحل البحر الأحمر لمعرفة فصلية الأمطار. وتناول كذلك (الكليب، 1982) تحليل تباين تساقط وتوزيع كميات الأمطار على شبه الجزيرة والمملكة العربية السعودية ومدى تأثيرها بالمنخفضات الجوية الغربية التي تعبر شمال البلاد خلال الفصل البارد الممتد من نوفمبر إلى أبريل. وفي دراسة أخرى توصل (الجراس، 1983) إلى بناء 3 نماذج رياضية إحصائية مقبولة لتقدير المتوسط السنوي لكميات الأمطار على غرب المملكة العربية السعودية المنحصرة بين $16^{\circ}30'$ و $29^{\circ}07'$ شمالاً و بين $35^{\circ}00'$ و $44^{\circ}00'$ شرقاً. ومن الدراسات المحلية التي اهتمت بتحليل وتفسير التباين الزمني والمكاني للأمطار دراسة (Al-Belehed, 1985) التي تناولت تحليل خصائص كميات الأمطار الفصلية و السنوية في مرتفعات عسير ومدى تأثيرها بالتيارات الهوائية والتضاريس الجبلية ودراسة

(Al-Belehed, 1986) التي تناولت توزيع الأمطار وتذبذبها على المستوى المكاني والزمني في المملكة العربية السعودية. بالإضافة إلى ذلك قدم (محمد، 1989) نموذجاً يمكن تطبيقه على كثير من مناطق المملكة للتعرف على النمط الكمي والزمني للأمطار بهدف الوصول إلى بعض المعايير التي يمكن الاسترشاد بها للوصول إلى بعض التوقعات

باحتمال حدوث الجفاف. كما قام (محمد، 1993) بتحليل تذبذب نظام تساقط الأمطار بالاعتماد على معامل التباين للأمطار الشهرية في 25 محطة بمختلف مناطق المملكة العربية السعودية. وقام كذلك (الصالح، 1997) بدراسة أخرى تناولت تحديد التباينات الزمنية والمكانية لبيانات الأمطار اليومية للفترة الممتدة من 1964 إلى 1993 بمحطة الرياض. كما اعتمدت (غزير، 2002) على المنهج الاستقرائي والتحليل الإحصائي التفصيلي المبسط إلى جانب الأساليب الإحصائية والتمثيل البياني والخرائطي في تحليل البيانات المطرية للفترة ما بين عامي 1970-1997م في 35 محطة لقياس الأمطار تابعة لوزارة الزراعة والمياه والرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة تقع على ارتفاعات تفوق 800 متر بمنطقة عسير. واستخدمت دراسة (الحربي، 2009) السجلات الشهرية لمجموع 72 محطة لقياس الأمطار ظهرت من خلالها أن المعدلات السنوية تتراوح بين 18 و 518 ملم مع وجود محطات سجلت أمطاراً في كل الشهور، في حين أن محطات أخرى سجلت هطول الأمطار في بعض الشهور فقط. وكشفت هذه الدراسة عن وجود نظام تساقط متذبذب يتسم بمعامل تباين بلغ 60% في 52 محطة و تجاوز 100% في 6 محطات.

ومع بداية تسعينيات القرن الماضي اتجهت بعض الدراسات إلى استخدام التحليل التكراري للأمطار لفهم تباين التوزيع المكاني والزمني لها وتقدير احتمالية حدوثها كدراسة (الصالح ، 1994) لتكرار كميات الأمطار السنوية وأعلى كمية أمطار يومية في السنة بمنطقة القويعية ودراسة (السيد، 1995) التي هدفت إلى استعراض تحليل احتمالية حدوث الأمطار بكميات محددة فضلاً عن تحديد كميات الأمطار التي يمكن الاعتماد عليها بنسبة 80% و 90% أثناء السنة في أنحاء المملكة المختلفة. وفي دراسات مماثلة تناول (بوروبه، 2012) دراسة التباينات الزمانية والمكانية والتحليل التكراري للأمطار بمنطقة غرب الرياض ودراسة إحصائية تحليلية لاتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية (بوروبه، 2013) والتحليل التكراري لاحتمالية الهطول في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية (بوروبه والدغيري، 2017) واتجاهات التغير في كميات الأمطار السنوية في منطقة بريدة بالمملكة العربية السعودية (بوروبه، 2024).

1- أهداف الدراسة وأهميتها

من خلال ما تقدم يمكننا صياغة الأهداف التي تسعى إليها هذه الدراسة في ما يلي :

1- تحديد الخصائص الاحصائية لتوزيع الأمطار السنوية ودرجات الحرارة بمنطقتي تبوك والعقبة.

2- تحليل التباين المكاني لتوزيع الأمطار السنوية ودرجات الحرارة بمنطقتي تبوك والعقبة.

3- تحديد اتجاه التغير العام لتوزيع الأمطار السنوية ودرجات الحرارة بمنطقتي تبوك والعقبة.

من ما تقدم تتمثل أهمية موضوع هذه الدراسة في كونها تعتمد على بيانات مطرية وحرارية لمدة (38 سنة) من 1978 إلى 2015، تمثل دورة مناخية كاملة بمحطة تبوك بالأراضي السعودية ومحطة العقبة بالأراضي الأردنية. وتسمح هذه البيانات بتطبيق العديد من الساليب الاحصائية للكشف عن مؤشرات التغير المناخي المحتملة بالمناطق الجافة التي تقع بها منطقة الدراسة.

2- فرضيات الدراسة

بالنظر إلى الأهداف المذكورة، نفترض هذه الدراسة :

- 1- وجود تباينات حقيقية لتوزيع الأمطار السنوية بين منطقتي الدراسة (تبوك والعقبة).
 - 2- وجود تباينات حقيقية لتوزيع الأمطار الفصلية.
 - 3- وجود تباينات حقيقية لتوزيع درجات الحرارة.
- 3- مصادر البيانات

تستخدم هذه الدراسة بيانات الأمطار ودرجات الحرارة المرصودة خلال الفترة 1978-2015 (38 سنة مشتركة) بمحطة تبوك المناخية (40375) التي يشرف عليها المكتب الوطني للارصاد بالمملكة العربية السعودية ومحطة العقبة التي تشرف عليها سلطة المياه بالمملكة الأردنية الهاشمية (الجدول 1، 2، 3، 4).

جدول 1 : التوزيع الشهري لمتوسطات درجة الحرارة بمحطة تبوك

السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1978	10.1	13.6	16.9	22.7	27.7	28.9	31.7	29.6	27.6	23.8	13.4	12.2
1979	11.4	15.1	18.1	24.3	25.9	29.6	30.2	30.3	30.1	24.0	19.7	10.9
1980	10.1	11.9	17.5	22.4	27.2	30.4	31.0	30.4	28.0	23.8	18.7	13.3
1981	10.3	12.6	17.7	21.9	25.5	29.2	31.0	30.8	29.0	24.4	14.9	13.4
1982	11.8	10.9	14.5	22.6	24.2	28.9	29.8	29.8	28.0	23.0	13.7	9.9
1983	8.2	10.8	14.5	20.1	25.9	28.7	30.9	30.3	27.6	22.1	17.5	12.3
1984	10.6	14.0	18.1	21.7	26.7	29.4	30.0	29.4	28.8	23.7	16.5	11.9
1985	14.0	12.4	17.7	22.0	27.1	30.1	30.4	32.9	28.5	22.2	19.1	12.6
1986	11.7	14.8	18.1	22.7	23.9	29.0	31.5	30.8	30.1	24.3	15.1	10.5
1987	11.0	15.8	16.0	21.1	27.0	30.1	32.0	31.6	28.9	22.7	18.3	12.7
1988	10.7	13.2	17.6	22.1	27.5	29.8	32.0	30.6	29.0	22.9	16.0	13.3
1989	7.5	10.3	16.6	23.8	27.6	29.8	31.6	30.8	29.3	22.7	17.3	11.7
1990	9.9	11.5	15.8	22.3	25.8	29.6	30.7	30.3	27.9	24.6	19.4	15.3
1991	10.0	13.4	17.8	24.5	26.6	30.1	30.5	29.9	28.3	23.4	18.2	9.9
1992	7.4	9.2	14.5	20.9	25.3	28.8	30.0	30.3	27.8	24.2	16.7	10.2
1993	9.3	11.0	16.2	21.8	25.5	29.7	30.5	30.7	28.4	23.7	17.6	14.3
1994	12.6	12.0	16.1	23.3	26.4	29.0	29.2	30.3	28.3	24.4	16.0	9.7
1995	12.0	12.7	16.8	21.1	26.6	30.4	30.5	31.4	28.9	23.7	15.6	11.5
1996	11.4	14.2	16.3	21.5	28.5	29.4	32.6	31.5	29.0	23.1	17.1	13.6
1997	11.7	9.8	14.3	20.9	26.2	29.7	30.8	29.7	27.9	23.3	17.3	11.8
1998	10.4	13.0	15.4	22.8	26.8	30.3	32.0	33.7	29.5	24.2	19.7	13.7
1999	12.1	15.3	17.0	21.5	27.1	29.5	31.1	31.7	28.7	24.4	17.2	12.2
2000	10.1	12.0	15.5	23.8	26.6	30.4	33.9	31.4	28.7	21.9	16.1	11.9
2001	10.9	12.6	20.0	23.3	26.6	30.7	32.0	32.9	28.5	23.4	17.4	12.3
2002	9.1	14.5	18.2	22.0	25.7	29.6	31.8	31.2	28.4	25.0	18.1	12.1
2003	12.7	12.4	15.4	22.7	28.5	29.8	31.3	32.8	29.1	25.3	18.5	13.2
2004	12.1	13.6	19.0	22.3	27.5	29.4	32.0	30.9	29.3	25.7	17.9	10.8

14.4	16.3	24.0	28.7	32.6	31.9	30.0	26.0	23.2	18.6	13.8	10.7	2005
8.6	16.0	24.4	30.1	32.3	30.6	31.3	26.9	22.0	17.8	14.6	11.8	2006
12.0	17.8	25.6	29.1	31.7	31.2	30.5	27.8	22.1	16.9	14.3	10.0	2007
12.5	17.7	23.6	30.1	32.2	32.0	30.8	26.5	24.4	20.8	12.8	8.9	2008
13.8	17.3	25.1	28.5	31.9	31.7	30.9	26.0	23.3	16.9	14.9	11.1	2009
13.5	20.4	26.7	30.2	34.4	33.5	31.0	27.5	24.5	20.5	17.3	14.9	2010
12.1	14.4	24.4	28.8	32.0	32.9	29.9	26.4	22.0	16.8	15.4	11.8	2011
13.1	19.0	25.4	30.1	31.5	33.3	31.8	27.8	23.5	16.0	13.7	10.0	2012
11.8	19.0	22.5	29.1	31.1	32.0	30.4	27.3	21.8	20.2	15.1	12.5	2013
15.3	17.3	23.6	28.8	32.2	31.8	30.1	27.0	24.7	19.1	14.4	12.5	2014
10.8	18.4	26.2	31.0	34.0	32.3	29.6	28.0	21.8	19.3	15.0	11.8	2015

المصدر: المكتب الوطني للإحصاء بالمملكة العربية السعودية

جدول 2 : التوزيع الشهري لمتوسطات درجة الحرارة بمحطة العقبة

السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1978	14.6	17.3	19.9	24.0	29.6	30.4	33.4	31.1	28.9	27.3	18.2	16.3
1979	14.9	18.2	20.9	25.6	27.8	31.4	31.7	32.0	29.9	26.8	22.5	15.2
1980	13.7	15.1	19.4	23.9	28.7	31.1	32.0	32.1	28.6	26.4	21.7	15.9
1981	14.1	15.8	20.2	24.0	26.9	30.3	32.2	32.0	30.0	26.9	18.8	16.7
1982	15.1	14.7	17.7	24.6	26.0	30.5	31.5	30.5	29.6	26.5	17.9	14.5
1983	12.3	14.6	17.6	21.8	27.4	30.2	32.0	31.6	29.2	24.6	21.1	15.8
1984	14.6	16.9	19.8	23.1	28.5	29.8	31.2	30.5	29.8	26.5	20.2	14.3
1985	16.4	15.0	19.2	24.0	28.3	30.5	31.2	33.1	29.8	24.2	22.3	16.4
1986	15.6	17.4	20.2	24.9	25.4	30.5	32.3	32.0	31.4	26.3	18.7	14.8
1987	15.2	18.4	17.6	22.2	28.0	30.4	33.1	32.8	30.0	24.9	20.7	16.4
1988	14.4	16.1	18.8	24.2	29.5	31.3	33.6	32.7	30.4	25.1	18.6	15.7
1989	11.8	13.9	18.7	26.2	28.7	30.2	32.2	32.3	29.9	25.4	21.0	15.4
1990	14.1	14.9	18.7	24.3	26.9	30.5	32.4	31.7	28.9	26.8	23.2	18.0
1991	14.4	16.5	20.8	25.3	27.8	31.1	31.5	31.4	29.1	26.7	21.0	14.3
1992	12.1	13.4	17.5	22.5	27.0	30.8	31.6	32.5	29.4	26.9	20.2	14.2
1993	12.8	13.9	18.4	23.8	27.2	31.4	32.1	33.2	30.0	27.7	20.9	17.4
1994	16.0	15.8	18.8	25.7	28.6	30.3	32.3	32.6	31.2	28.7	19.9	14.0
1995	14.5	16.2	20.0	22.4	27.9	32.2	32.6	32.5	31.0	25.6	19.0	15.6
1996	14.9	17.2	18.8	23.2	29.5	30.2	33.4	33.0	30.9	25.6	21.9	17.6
1997	15.6	14.0	17.7	22.0	29.2	31.4	32.7	31.6	29.4	26.4	21.9	16.7
1998	15.0	16.8	18.7	25.8	28.6	31.1	33.8	34.6	31.6	27.4	22.3	17.2
1999	15.8	16.6	20.1	23.9	29.6	31.0	32.9	33.6	30.6	26.7	21.8	17.1
2000	14.3	15.3	17.8	25.2	27.7	31.6	34.9	32.3	30.3	25.0	20.8	16.6
2001	15.5	16.3	23.1	24.6	28.2	31.9	33.5	33.1	30.4	26.3	20.4	16.9
2002	13.9	18.1	21.5	23.4	27.3	30.8	34.3	33.2	30.8	27.5	22.5	16.8
2003	16.7	15.8	17.9	23.3	30.8	31.5	33.4	33.5	30.0	27.0	21.7	16.0
2004	15.7	16.7	21.4	24.5	28.4	30.8	33.6	32.3	30.3	27.6	21.7	15.2
2005	15.4	16.2	20.0	25.2	27.4	30.9	33.3	33.5	30.7	26.0	19.9	17.8

14.4	19.7	26.5	31.0	33.6	32.6	31.8	28.0	24.0	20.3	17.9	14.9	2006
15.8	20.9	27.6	30.1	33.3	33.5	31.7	29.9	23.4	19.1	17.2	14.5	2007
17.4	22.0	25.9	31.5	34.0	33.5	32.3	27.4	25.9	22.8	15.7	12.6	2008
18.0	21.0	28.5	30.1	33.1	33.6	32.1	27.7	24.4	18.6	17.5	15.4	2009
17.9	24.2	29.4	32.1	35.5	33.7	32.7	29.0	25.8	22.4	19.7	17.6	2010
15.9	18.4	26.2	30.9	32.8	34.1	30.8	27.9	23.9	20.1	18.0	16.1	2011
17.6	23.0	28.3	31.5	33.6	35.0	33.2	29.3	25.1	18.8	16.4	14.2	2012
16.0	22.9	25.3	30.6	32.9	32.2	31.9	29.8	24.5	22.1	18.2	16.0	2013
18.5	21.6	26.3	30.6	33.7	33.2	31.4	28.9	26.0	21.5	17.5	16.0	2014
15.9	23.0	28.7	33.1	35.2	33.6	30.4	29.3	23.8	21.5	17.0	14.8	2015

المصدر: سلطة المياه- المملكة الأردنية الهاشمية

جدول 3 : التوزيع الشهري لكميات الأمطار بمحطة تبوك

السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1978	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
1979	0.0	24.6	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	0.2	4.3
1980	0.8	13.8	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.2	7.1
1981	0.0	0.0	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
1982	1.3	2.0	0.3	25.5	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	0.0
1983	0.0	1.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
1984	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	6.7	0.0
1985	0.0	1.5	3.1	4.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	59.3
1986	0.7	0.0	18.5	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	17.0	0.0
1987	0.0	0.5	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	26.3	0.0	14.0
1988	9.4	0.2	1.1	13.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	52.7	0.0	1.9
1989	0.3	0.0	6.0	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5	18.1
1990	0.5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.9
1991	36.0	0.2	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	1.1
1992	1.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	2.4	0.7
1993	1.1	1.0	0.0	4.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	17.6
1994	5.0	0.6	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	1.7	24.4	13.3	0.2
1995	0.0	0.2	10.9	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1996	0.3	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	10.8	4.1
1997	21.1	0.0	2.4	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0
1998	3.3	1.5	3.2	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	2.3	13.6	11.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2000	7.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.7	4.0
2001	2.3	0.0	1.9	12.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
2002	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	2.5	0.0
2003	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
2004	4.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
2005	7.7	0.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	0.0	6.0	8.4	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	1.2	1.0	2.2	7.5	2007
0.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.5	2008
0.0	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	0.0	0.0	1.2	0.0	2009
4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.7	0.0	38.8	2010
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	3.2	3.8	2011
0.0	1.0	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0	5.2	0.0	2012
8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	5.5	75.5	2013
10.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	23.5	2.3	0.7	2014
0.0	42.0	10.2	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	2015

المصدر: المكتب الوطني للإحصاء بالمملكة العربية السعودية

جدول 4: التوزيع الشهري لكميات الأمطار بمحطة العقبة

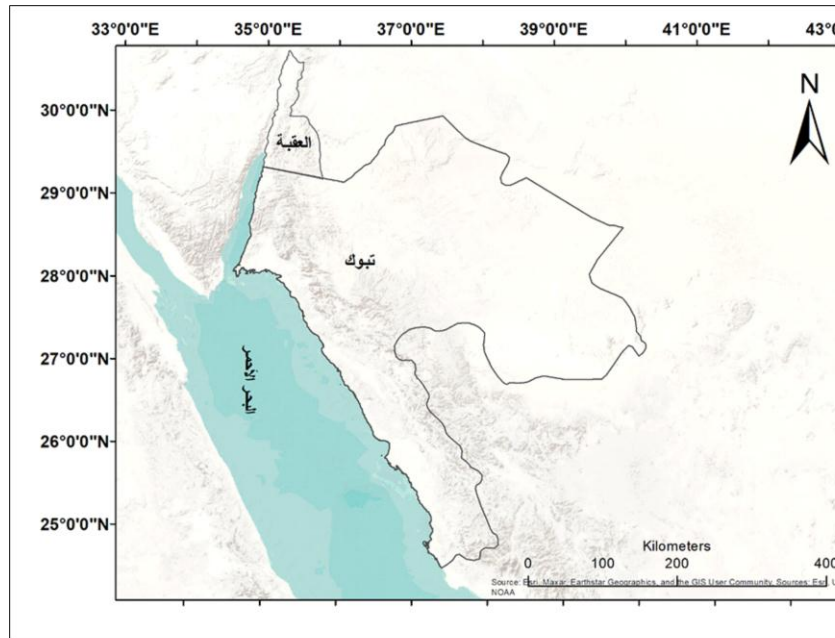
السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1978	7.6	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3
1979	0.0	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.8
1980	1.2	2.2	3.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	43.3
1981	1.8	0.0	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
1982	9.7	12.0	4.6	6.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	6.8	0.0
1983	0.0	5.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
1984	2.8	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1985	1.1	0.8	11.6	0.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2
1986	0.0	2.2	3.0	11.5	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	1.0
1987	0.0	11.7	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	0.0	17.5
1988	20.6	3.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.1	6.8
1989	4.5	2.2	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0
1990	0.0	0.0	9.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	18.5
1991	4.5	0.0	30.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	3.6
1992	6.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.2
1993	0.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	35.2
1994	34.7	1.0	4.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	7.2	4.1	0.0
1995	0.0	6.4	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1996	0.8	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4
1997	9.0	0.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.3
1998	0.8	0.3	1.3	0.3	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
1999	0.7	28.3	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	10.2
2001	0.4	0.0	0.2	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
2002	3.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	1.4	1.0
2003	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
2004	2.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	1.6
2005	0.4	1.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	7.0	0.4	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007	3.0	2.0	0.2	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	3.2	2008
0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2009
0.6	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.3	4.9	19.0	2010
0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	1.5	1.3	2011
0.0	29.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2012
4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	2.9	2013
9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	12.3	11.6	2.9	2014
53.8	26.8	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	1.4	3.3	2015

المصدر: سلطة المياه - المملكة الأردنية الهاشمية

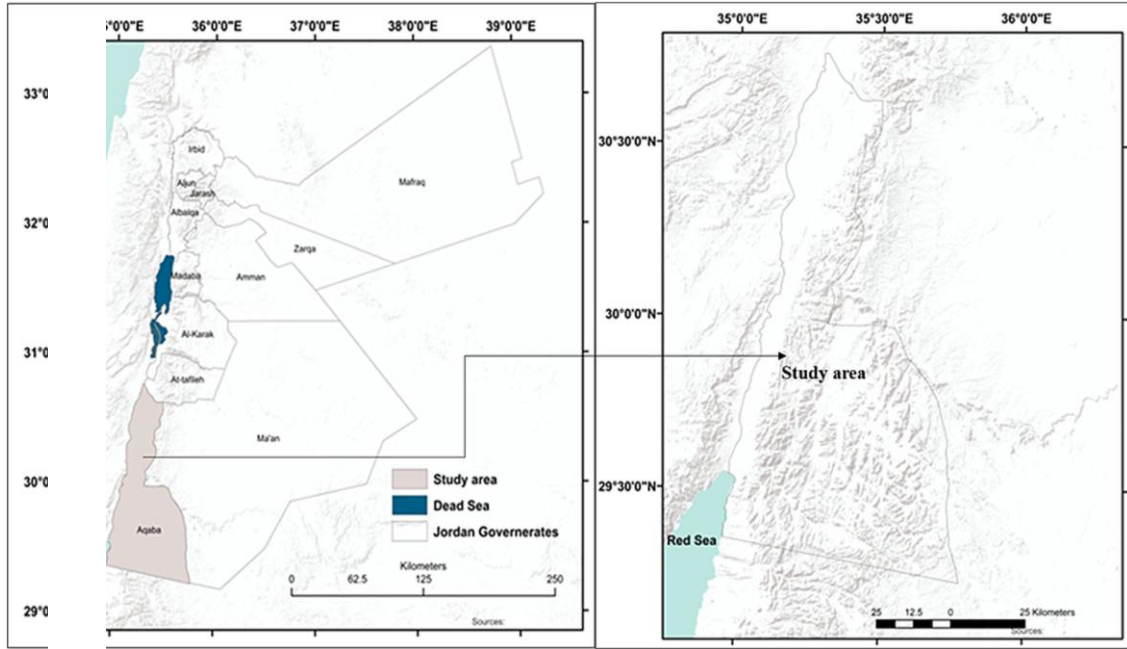
ثانياً: منطقة الدراسة

تقع محطة تبوك المناخية (40375) داخل الحدود الإدارية لمحافظة تبوك بالمملكة العربية السعودية على ارتفاع 768.1م وعلى خط الطول $36^{\circ}36'25''$ شرقاً وعلى دائرة عرض $28^{\circ}22'35''$ شمالاً (الشكل 1). وتتسم منطقة تبوك بتضاريس متنوعة ما بين سهول ساحلية ضيقة بطول 600 كم وجبال هي جزء من سلسلة جبال الحجاز ترتفع إلى أكثر من 2500م فوق مستوى سطح البحر عند قمة جبل اللوز. كما يوجد العديد من القمم تعلو أكثر من 2000 م. وأغلب هذه القمم تكفلها الثلوج شتاء لمدة تتراوح من شهرين إلى ثلاثة أشهر. وتجري بمنطقة تبوك العديد من الأودية، أشهرها وادي ضم المتصل مع وادي رام الشهير بالأردن. وهناك أودية مثل وادي الأخضر أبو نشيفة والكثير من الأودية. بالإضافة إلى ذلك تمتد بالمنطقة العديد من البراكين الخاملة والحرات أشهرها حرة الرهاه وحرة بني عطية.



شكل 1 : الموقع الجغرافي لمحافظة تبوك (المملكة العربية السعودية)

وتقع محطة العقبة داخل الحدود الإدارية لمحافظة العقبة بالأراضي الأردنية على ارتفاع 27م وعلى خط الطول $36^{\circ}36'25''$ شرقاً وعلى دائرة العرض $28^{\circ}22'35''$ شمالاً (الشكل 2). وتمتد محافظة العقبة على مساحة قدرها 6902 كم² محصورة بين درجتي العرض $29^{\circ}10'$ و $30^{\circ}50'$ شمالاً وبين خطي الطول $35^{\circ}00'$ و $35^{\circ}40'$ شرقاً. وتعتبر مدينة العقبة الميناء الرئيسي والمنفذ البحري الوحيد في الأردن. وتقع في الطرف الشمالي الشرقي من البحر الأحمر، كما زاد من أهمية هذه المحافظة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة (ASEZ). وتتسم منطقة العقبة بظروف مناخية شديدة الجفاف (شحادة، 1991)، فأمطارها قليلة بل نادرة، شديدة التغير زمنياً ومكانياً، وفجائية وغزيرة كثيراً ما تحدث فيضانات مدمرة. وتتصف منطقة الدراسة طبوغرافياً بشدة تباين الارتفاع بين الجبال الوعرة في الشرق والشمال الشرقي والجنوب الشرقي بارتفاعات تتراوح بين 1179 و 1829م، إلى الجنوب الغربي والغرب حيث شاطئ البحر الأحمر بارتفاعات تتراوح بين 198م تحت مستوى سطح البحر إلى 283م فوق مستوى سطح البحر (Al-Taani, et al., 2023).



شكل 2: الموقع الجغرافي لمحافظة العقبة (المملكة الأردنية الهاشمية)

ثالثاً: منهجية الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الإستقرائي التحليلي في معالجة وتحليل بيانات الأمطار ودرجات الحرارة المرصودة خلال الفترة 1978-2015 (38 سنة) بمحطتي تبوك (المملكة العربية السعودية) والعقبة (الأردن). وتحقيقاً لأهداف البحث تم تقسيم السلسلة الزمنية للبيانات إلى فترتين نصفيين (1978-1996) و (1997-2015). بعد ذلك، تم تطبيق عدة أساليب إحصائية تتمثل في ما يلي:

- 1- مقاييس الوصف الإحصائي (مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت).
- 2- مؤشر هارتلي Hartley's $F_{max-ratio}$ لفحص تجانس التباين للفترتين النصفيين.
- 3- فحص شكل توزيع البيانات المطرية والخرارية بتطبيق اختبار شابيرو-ويلك Shapiro-Wilk المتاح بأدوات التحليل Analyze فبيئة الحزمة الإحصائية SPSS23.0.
- 4- تحليل اتجاه التغير العام للأمطار ودرجات الحرارة بتطبيق طريقة المتوسطات النصفية Semi-averages method مع إخضاعها لفحص الأهمية الإحصائية T-student واختبار مان-كندل Mann-Kendall.

رابعاً: النتائج والمناقشة

تتلخص نتائج هذه الدراسة في ما يلي :

1 : تحليل بيانات الأمطار السنوية**1.1. الوصف الإحصائي للبيانات المطرية السنوية**

تتسم بيانات الأمطار السنوية المرصودة بمحطة العقبة بمتوسط سنوي بلغ 27.1 ملم وبانحراف معياري قدره 21.1 ملم. وتتراوح كميات الأمطار السنوية بين 1.3 ملم (2009) و 102.5 ملم (2015). وعليه فإن المدى يصل إلى 101.2 ملم. ونظراً لهذه التباينات فإن معاملات التباين بلغ 78% وهو يعكس طبيعة التذبذب الكبير الذي يتسم به نظام الهطول المطري السنوي بمحطة العقبة (الجدول 5).

جدول 5 : بيانات الأمطار السنوية

محطة العقبة				محطة تبوك			
الأمطار (ملم)	السنة	الأمطار (ملم)	السنة	الأمطار (ملم)	السنة	الأمطار (ملم)	السنة
41.1	1997	40.3	1978	32.7	1997	9.7	1978
8.7	1998	22.3	1979	9.8	1998	59.9	1979
30.9	1999	52.6	1980	27.7	1999	28.7	1980
15.6	2000	12.3	1981	22.7	2000	1.9	1981
16.5	2001	46.6	1982	19.0	2001	65.1	1982
17.7	2002	10.1	1983	5.5	2002	5.1	1983
10.8	2003	7.9	1984	1.3	2003	27.8	1984
7.8	2004	37.4	1985	5.6	2004	79.3	1985
2.6	2005	40.5	1986	8.7	2005	49.9	1986
9.4	2006	60.0	1987	20.0	2006	41.7	1987

7.5	2007	37.7	1988	15.6	2007	80.5	1988
7.1	2008	27.9	1989	11.5	2008	45.9	1989
1.3	2009	48.3	1990	29.6	2009	3.7	1990
29.6	2010	38.9	1991	48.8	2010	67.5	1991
8.2	2011	15.2	1992	11.5	2011	26.4	1992
32.8	2012	46.7	1993	31.5	2012	33.4	1993
27.1	2013	52.7	1994	89.6	2013	46.5	1994
43.8	2014	11.1	1995	42.7	2014	12.2	1995
102.5	2015	2.1	1996	57.6	2015	17.9	1996

كما تتسم بيانات الأمطار السنوية المرصودة بمحطة تبوك بمتوسط سنوي بلغ 31.4 ملم وبإنحراف معياري قدره 24.0 ملم. وتتراوح كميات الأمطار السنوية بين 1.3 ملم (2003) و 89.6 ملم (2013). وعليه فإن المدى يصل إلى 88.3 ملم. ونظراً لهذه التباينات فإن معامل التباين بلغ 76% وهو يعكس كذلك طبيعة التذبذب الكبير الذي يتسم به نظام الهطول المطري السنوي بمحطة تبوك.

وبمقارنة الخصائص الإحصائية للأمطار السنوية المرصودة بالمحطتين نجد أن:

1- هناك تماثل كبير في نظام تساقط الأمطار السنوية كما يدل عليه معامل التباين (76% بمحطة تبوك و 78% بمحطة العقبة).

2- هناك زيادة في المتوسط السنوي للأمطار محطة تبوك بنسبة 13.7% مقارنة بنظيره في محطة العقبة.

3- هناك زيادة في كمية الأمطار السنوية القصوى والمدى بنسبة 12.6% و 12.8% على التوالي بمحطة العقبة مقارنة بنظيريهما بمحطة تبوك.

2.1. فحص شكل توزيع البيانات المطرية السنوية

لفحص مدى مطابقة توزيع البيانات المطرية السنوية للتوزيع الطبيعي بمحطتي تبوك والعقبة، تم تطبيق اختبار كولموغوروف-سميرنوف Kolmogorov-Smirnov المناسب لحجم عينة يفوق 30 قراءة ($N > 30$). ولقد بلغت قيمة هذا الاختبار 1.25 بمحطة تبوك و 1.46 بمحطة العقبة عند مستوى الدلالة 0.138 و 0.39 على التوالي. ويعتبر التوزيع طبيعياً إذا كانت قيمة مستوى الدلالة المحسوبة أكبر من قيمة مستوى الدلالة المعيارية 0.05. وعليه فإن توزيع البيانات المطرية السنوية لا يختلف عن التوزيع الطبيعي بمحطتي تبوك والعقبة عند درجة الحرية 38.

3.1. تحليل تجانس التباين للأمطار السنوية

لتحليل تجانس التباين للأمطار السنوية، تم تطبيق مؤشر هارتلي $F_{max-ratio}$. ويتطلب تطبيق هذا المؤشر تقسيم سلسلة البيانات المطرية المدروسة 1978-2015 (38 سنة) إلى فترتين نصفيين، الفترة الأولى (1978-1996) والفترة الثانية (1997-2015). ولقد بلغت قيمة التباين للفترة الأولى 647.0 و للفترة الثانية 475.9. وعليه فقد بلغت قيمة مؤشر $F_{max-ratio}$ المحسوبة 0.736 بمحطة تبوك. وبالمقابل نجد أن قيمة $F_{max-ratio}$ المعيارية المناسبة لدرجتي الحرية k:2 بالنسبة للفترتين و n:36 بالنسبة لعدد السنوات تساوي 1.67 عند مستوى الدلالة 0.05. وبمقارنة قيمتي $F_{max-ratio}$

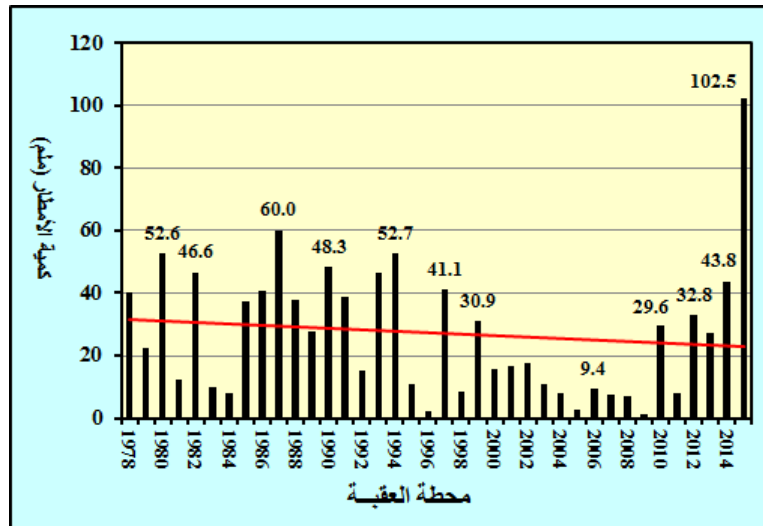
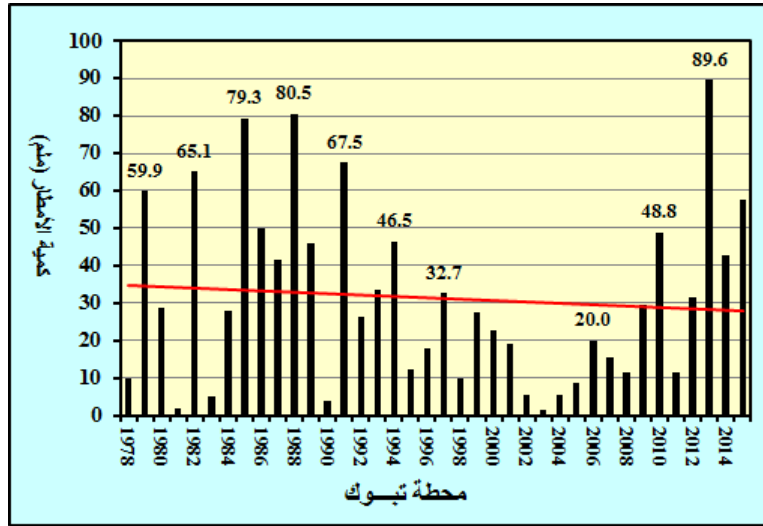
المحسوبة والمعياريين يعتبر تباين البيانات المطرية السنوية متجانساً بمحطة تبوك. كما بلغت قيمة التباين للفترة الأولى 319.7 و للفترة الثانية 543.3. وعليه فقد بلغت قيمة مؤشر $F_{\max\text{-ratio}}$ المحسوبة 1.70 بمحطة العقبة، وهي أكبر من القيمة الحرجة 1.167. وبمقارنة قيمتي $F_{\max\text{-ratio}}$ المحسوبة والمعيارية، يعتبر تباين البيانات المطرية السنوية غير متجانس بمحطة العقبة.

4.1. تحليل اتجاه التغير العام للأمطار السنوية

تتسم تغيرات الأمطار السنوية باتجاهات متناقصة خلال الفترة المدروسة كما تظهره علاقات الانحدار الخطي بالشكل 3. وللتأكد من معنوية هذين الاتجاهين تم تطبيق اختبار المتوسطات النصفية وفحص معنوياتها الاحصائية بتطبيق اختبار T-student. ولتطبيق هذا الاختبار، تم تقسيم السلسلة الزمنية المدروسة إلى فترتين نصبيتين (1978-1996) و (1997-2015) ثم حساب متوسطاتها (X'_1, X'_2) . ويلخص الجدول 6 والشكل 3 نتائج هذا الاختبار.

جدول 6: نتائج الفحص الاحصائي للمتوسطين النصفيين للأمطار السنوية المرصودة خلال الفترة 2015-1978

المؤشرات الاحصائية	الرمز	العقبة	تبوك
الفرق بين المتوسطين	$X'_2 - X'_1$	9.98	11.14
معامل الانحدار الخطي	b	-0.53	-0.59
مؤشر هارتلي	$F_{\max\text{-ratio}}$	1.70	0.74
الخطأ المعياري	SE	6.74	7.69
"ت" ستودنت المحسوب	t_c	1.481	1.449
"ت" ستودنت المعياري	t_t	1.688	1.688
درجة الحرية	df	36	36
الأهمية الاحصائية		غير معنوي	غير معنوي



شكل 3 : اتجاه التغير العام للأمطار السنوية

ولكي يكون اتجاه التغير (متناقص أو متزايد) معنوياً، يجب أن يحقق الفحص الاحصائي شرطين هما:

1- تكون قيمة "ت" ستودنت المحسوبة أكبر من قيمة "ت" المعيارية ($t_c > t_t$).

2- تكون قيمة الفرق بين المتوسطين النصفيين أكبر من ضعف قيمة الخطأ المعياري ($X'_1 - X'_2 > 2SE$).

ويتضح من بيانات هذا الفحص الاحصائي أن قيمة "ت" ستودنت المحسوبة هي أصغر من قيمة "ت" ستودنت المعيارية وأن قيمة الفرق بين المتوسطين النصفيين أكبر من ضعف قيمة الخطأ المعياري. وعليه، فإن اتجاهات التغير للأمطار السنوية غير معنوية بمحطتي تبوك والعقبة.

2. تحليل بيانات الأمطار الفصلية

قبل الشروع في تحليل نظام تساقط الأمطار الفصلي، يجلب الإشارة إلى أن فترة تساقط الأمطار تمتد من بداية شهر أكتوبر إلى بداية شهر مايو بمحطتي تبوك والعقبة على حد سواء، بينما تتسم الفترة الممتدة من بداية شهر يونيو إلى نهاية شهر سبتمبر بالجفاف التام. وعليه فإذا اعتمدنا على التقسيم المناخي للفصول الذي يعتبر فترة الانقلاب الشتوي من 21 ديسمبر إلى 21 مارس وفترة الاعتدال الربيعي من 21 مارس إلى 21 يونيو وفترة الانقلاب الصيفي من 21-20

يونيو إلى 22-23 سبتمبر وفترة الاعتدال الخريفي من 22-23 سبتمبر إلى 21 ديسمبر، فإن فترة تساقط أمطار فصل الخريف تمتد من بداية شهر أكتوبر إلى نهاية شهر ديسمبر وفترة تساقط أمطار الشتاء من نهاية شهر ديسمبر إلى نهاية شهر مارس وفترة تساقط أمطار الربيع من نهاية شهر مارس إلى نهاية شهر مايو. ومن هذا المنطلق تم تحديد التوزيع الفصلي لهطول الأمطار لمحطتي تبوك والعقبة (الجدول 7 والجدول 8).

1.2. تحليل بيانات الأمطار الفصلية بمحطة تبوك

يعتمد تحليل التوزيع الفصلي للأمطار (الجدول 7) على الوصف الاحصائي للبيانات وفحص مدى مطابقة توزيعها للتوزيع الطبيعي بتطبيق اختبار كولموغوروف-سميرنوف Kolmogorov-Smirnov المتاح بأدوات التحليل Analysis في برنامج الحزمة الاحصائية SPSS23 وتحليل تجانسالتباينبتطبيق مؤشر Hartley's $F_{\max\text{-ratio}}$ وتحليل اتجاه التغير العام للأمطار بتطبيق اختبار T-student.

أظهرت نتائج الوصف الاحصائي أن هناك تباين واضح في توزيع الأمطار الفصلية، بحيث بلغ المتوسط الفصلي 9.4 ملم خلال فصل الخريف و 13.4 ملم خلال فصل الشتاء و 7.9 ملم خلال فصل الربيع، بانحراف معياري قدره على التوالي 13.8 ملم و 18.1 ملم و 10.6 ملم. ويتضح أن قيم الانحراف المعياري تفوق المتوسط وهي تعكس مدى تشتت كميات الأمطار الفصلية حول المتوسط. ويؤكد هذه الظاهرة قيم معامل التباين التي بلغت تفوق الواحد وتصل إلى 1.46 خلال فصل الخريف (الشكل 4) و 1.94 خلال فصل الشتاء (الشكل 5) و 1.33 خلال فصل الربيع (الشكل 6).

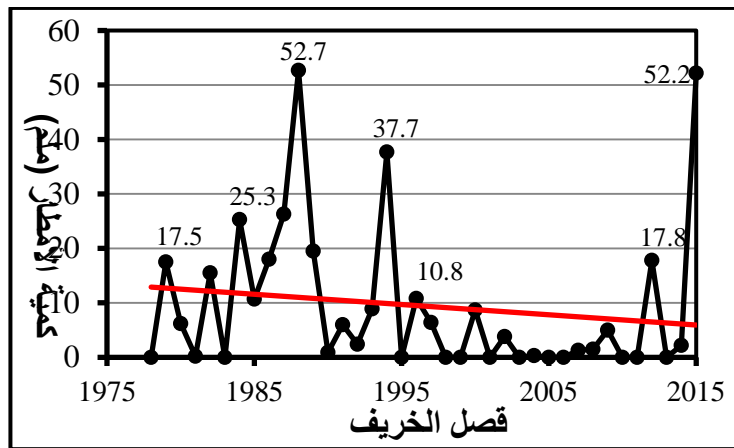
ولتحليل هذه التباينات تم فحص مدى مطابقة توزيع كميات الأمطار الفصلية للتوزيع الطبيعي بتطبيق اختبار كولموغوروف-سميرنوف المناسب لحجم العينة التي يزيد عدد أفرادها عن 30 ($N > 30$). ولقد بلغت نتائج هذه الاختبار 0.247 لفصل الخريف و 0.230 لفصل الشتاء و 0.227 لفصل الربيع عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 38. وبما أن قيم مستوى الدلالة المحسوبة هي أكبر من القيمة المعيارية لمستوى الدلالة 0.05 فإن توزيع كميات الأمطار الفصلية لا يختلف عن التوزيع الطبيعي خلال الفصول الثلاثة.

كما تم فحص تجانس التباين للبيانات المطرية الفصلية لتطبيق مؤشر هارتلي $F_{\max\text{-ratio}}$. ويتطلب تطبيق هذا المؤشر تقسيم السلسلة الزمنية للبيانات المطرية لكل فصل إلى فترتين متساويتين، الفترة الأولى بمجموع 18 سنة (1978-1996) والفترة الثانية بمجموع 18 سنة (1997-2015). بعد ذلك تم حساب التباين لكل فترة ثم حساب قيمة المؤشر $F_{\max\text{-ratio}}$. ويلخص الجدول 8 نتائج الفحوص الاحصائية.

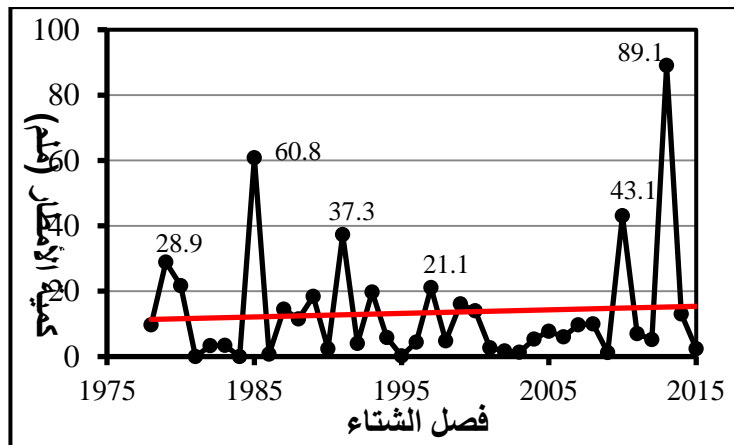
جدول 7: التوزيع الفصلي للأمطار بمحطة تبوك

السنة	الخريف	الشتاء	الربيع	السنة	الخريف	الشتاء	الربيع
1978	0.0	9.7	0.0	2000	8.7	14.0	0.0
1979	17.5	28.9	13.5	2001	0.0	2.7	16.3
1980	6.2	21.7	0.8	2002	3.8	1.7	0.0
1981	0.2	0.0	1.5	2003	0.0	1.3	0.0
1982	15.5	3.3	46.3	2004	0.3	5.3	0.0

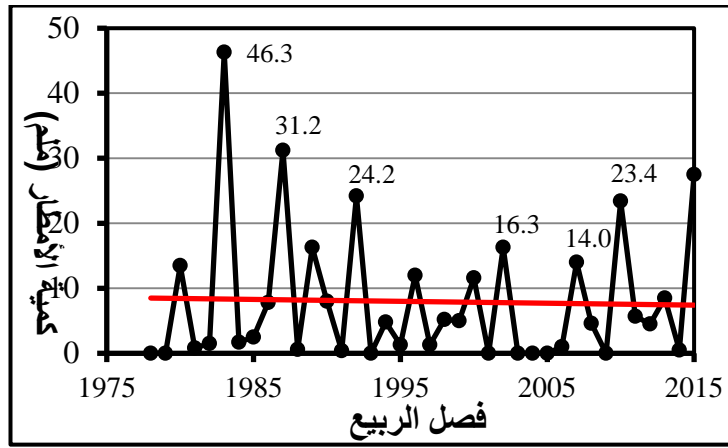
1.0	7.7	0.0	2005	1.7	3.4	0.0	1983
14.0	6.0	0.0	2006	2.5	0.0	25.3	1984
4.6	9.7	1.3	2007	7.8	60.8	10.7	1985
0.0	10.0	1.5	2008	31.2	0.7	18.0	1986
23.4	1.2	5.0	2009	0.6	14.5	26.3	1987
5.7	43.1	0.0	2010	16.3	11.5	52.7	1988
4.5	7.0	0.0	2011	8.0	18.4	19.5	1989
8.5	5.2	17.8	2012	0.4	2.4	0.9	1990
0.5	89.1	0.0	2013	24.2	37.3	6.0	1991
27.5	13.0	2.2	2014	0.0	4.0	2.4	1992
0.0	2.4	52.2	2015	4.8	19.7	8.9	1993
.97	413.	9.4	Aver	1.3	5.8	37.7	1994
10.6	18.1	13.8	Sd	12.0	0.2	0.0	1995
31.	91.	51.	CV	1.3	4.4	10.8	1996
46.3	60.8	52.7	Max	5.2	21.1	6.4	1997
0.0	0.0	0.0	Min	5.0	4.8	0.0	1998
46.3	60.8	52.7	Range	11.6	16.1	0.0	1999



شكل 4 : تغيرات الأمطار خلال فصل الخريف بمحطة تبوك



شكل 5 : تغيرات الأمطار خلال فصل الشتاء بمحطة تبوك



شكل 6 : تغيرات الأمطار خلال فصل الربيع بمحطة تبوك

ويتضح من بيانات الجدول 8 أن قيم مؤشر هارتلي بلغت 1.66 خلال فصل الخريف و 1.73 خلال فصل الشتاء و 2.31 خلال فصل الربيع، بينما تبلغ القيمة المعيارية لهذا المؤشر 1.67 عند درجتي الحرية 2:k بالنسبة لعدد الفترات و n:36 بالنسبة لعدد سنوات الرصد. ومن ثم فإن تجانس التباين للأمطار فصل الخريف يعتبر معنوياً على عكس الأمطار الربيعية والشتوية التي تتسم بعد تجانس التباين.

ومن جهة أخرى، يبدي معامل الانحدار "b" قيمة سالبة مما يدل على وجود اتجاهات متناقصة للأمطار الفصلية خلال فصلي الخريف والربيع وقيمة موجبة تدل على وجود اتجاه متزايد للأمطار الفصلية خلال فصل الشتاء. وللتأكد من اتجاهات التغير للأمطار الفصلية، تم تطبيق طريقة المتوسطات النصفية Semi-Averages method على نفس الفترتين النصفيتين. ولقد بلغت قيمة اختبار T-student لفحص معنوية اتجاه التغير العام 1.114 خلال فصل الخريف و 0.628 خلال فصل الشتاء و 1.105 خلال فصل الربيع، بينما تبلغ القيمة المعيارية لهذا الاختبار 1.688 عند درجة الحرية 36 ومستوى الدلالة 0.05. وعليه فإن اتجاهات التغير العام المتزايدة خلال فصل الشتاء والمتناقصة خلال فصلي الربيع والخريف تعتبر غير معنوية وليست لها أية أهمية أو دلالة إحصائية. ولقد أكدت نتائج اختبار مان-كندل Mann-Kendall عدم أهمية اتجاهات التغير العام للأمطار الفصلية، بحيث بلغت قيمة اختبار Test Z (-1.88) وقيمة معامل الانحدار السنوي (Q:-0.112) بالنسبة لفصل الخريف و Test Z (0.21) وقيمة معامل الانحدار السنوي (Q:0.021) بالنسبة لفصل الشتاء و Test Z (0.21) وقيمة معامل الانحدار السنوي (Q:-0.029) بالنسبة لفصل الربيع، بدون أية أهمية إحصائية.

جدول 8 : نتائج الفحص الاحصائي للمتوسطين النصقيين للأمطار الفصلية المرصودة خلال الفترة 1978-2015

بمحطتي تبوك والعقبة

المؤشرات الاحصائية	الرمز	العقبة	تبوك
فصل الخريف	الفرق بين المتوسطين	-0.4	-8.4
	معامل الانحدار الخطي	-0.02	-0.44
	مؤشر هارتلي	1.45	1.66
	الخطأ المعياري	3.01	3.66
	"ت" ستودنت المحسوب	1.071	1.114
	"ت" ستودنت المعياري	1.688	1.688
	درجة الحرية	36	36
	الأهمية الاحصائية	غير معنوي	غير معنوي
فصل الشتاء	الفرق بين المتوسطين	-5.6	0.8
	معامل الانحدار الخطي	-0.30	0.04
	مؤشر هارتلي	0.34	1.73
	الخطأ المعياري	4.81	4.21
	"ت" ستودنت المحسوب	1.442	0.628
	"ت" ستودنت المعياري	1.688	1.688
	درجة الحرية	36	36
	الأهمية الاحصائية	غير معنوي	غير معنوي
فصل الربيع	الفرق بين المتوسطين	-5.0	-2.4
	معامل الانحدار الخطي	-0.26	-0.13
	مؤشر هارتلي	3.06	2.31
	الخطأ المعياري	2.54	3.13
	"ت" ستودنت المحسوب	2.496	1.105
	"ت" ستودنت المعياري	1.688	1.688
	درجة الحرية	36	36
	الأهمية الاحصائية	غير معنوي	غير معنوي

2.2. تحليل بيانات الأمطار الفصلية بمحطة العقبة

يعتمد تحليل التوزيع الفصلي للأمطار في محافظة العقبة (الجدول 9) على نفس الخطوات العملية المستخدمة في تحليل البيانات المطرية الفصلية بمحطة تبوك. ولقد أظهرت نتائج الوصف الاحصائي أن هناك تباين واضح في توزيع الأمطار الفصلية، بحيث بلغ المتوسط الفصلي 6.8 ملم خلال فصل الخريف و 15.3 ملم خلال فصل الشتاء و 5.8 ملم

خلال فصل الربيع، بانحراف معياري قدره على التوالي 11.5 ملم و 14.6 ملم و 8.0 ملم. ويتضح أن قيم الانحراف المعياري تفوق المتوسط وهي تعكس مدى تشتت كميات الأمطار الفصلية حول المتوسط. ويؤكد هذه الظاهرة قيم معامل التباين التي بلغت 1.69 خلال فصل الخريف (الشكل 7) و 0.96 خلال فصل الشتاء (الشكل 8) و 1.38 خلال فصل الربيع (الشكل 9).

ولتحليل هذه التباينات، تم فحص مدى مطابقة توزيع كميات الأمطار الفصلية للتوزيع الطبيعي بتطبيق اختبار كولموغوروف-سميرنوف. ولقد بلغت نتائج هذه الاختبار 0.283 لفصل الخريف و 0.218 لفصل الشتاء و 0.249 لفصل الربيع عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 38. وبما أن قيم مستوى الدلالة المحسوبة هي أكبر من القيمة المعيارية لمستوى الدلالة 0.05 فإن توزيع كميات الأمطار الفصلية لا يختلف عن التوزيع الطبيعي خلال الفصول الثلاثة.

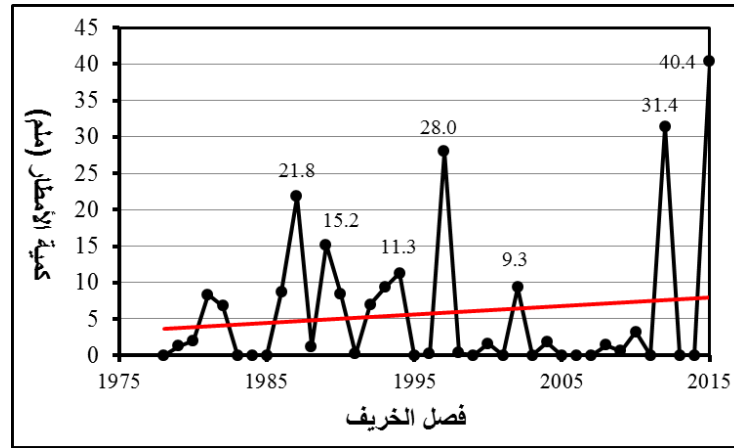
جدول 9 : التوزيع الفصلي الأمطار بمحطة العقبة

السنة	الخريف	الشتاء	الربيع	السنة	الخريف	الشتاء	الربيع
1978	0.0	40.3	0.0	2000	1.6	14.0	0.0
1979	1.3	21.0	0.0	2001	0.0	2.2	14.3
1980	2.0	46.7	3.9	2002	9.3	8.4	0.0
1981	8.3	1.8	2.2	2003	0.0	10.3	0.5
1982	6.8	21.7	17.9	2004	1.8	6.0	0.0
1983	0.0	6.2	3.9	2005	0.0	1.8	0.8
1984	0.0	2.8	5.1	2006	0.0	7.4	2.0
1985	0.0	24.1	13.3	2007	0.0	5.0	2.5
1986	8.7	3.2	28.6	2008	1.4	5.7	0.0
1987	21.8	29.2	9.0	2009	0.6	0.7	0.0
1988	1.2	30.4	6.1	2010	3.2	24.5	1.9
1989	15.2	6.7	6.0	2011	0.0	3.0	5.2
1990	8.4	18.5	21.4	2012	31.4	1.4	0.0
1991	0.2	8.1	30.6	2013	0.0	27.1	0.0
1992	7.0	8.2	0.0	2014	0.0	23.9	19.9
1993	9.3	37.4	0.0	2015	40.4	14.0	3.6
1994	11.3	35.7	4.9	Aver	6.8	15.3	5.8
1995	0.0	6.4	4.7	Sd	11.5	14.6	8.0
1996	0.2	1.7	0.2	CV	1.7	1.0	1.4
1997	28.0	9.8	3.3	Max	46.2	58.5	30.6
1998	0.3	1.1	7.3	Min	0.0	0.7	0.0
1999	0.0	29.0	1.9	Range	46.2	57.8	30.6

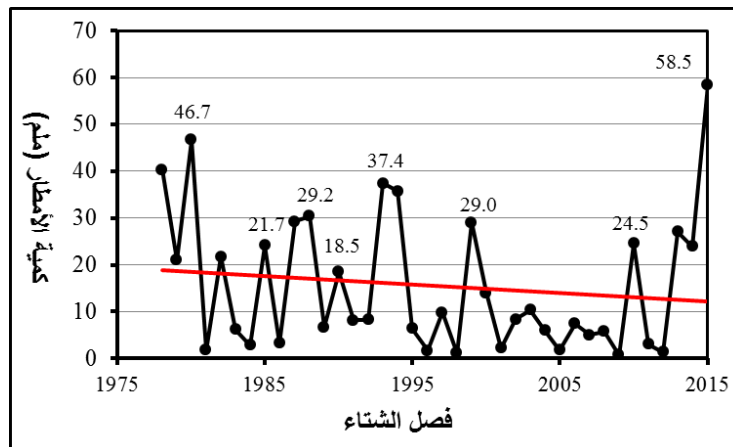
كما تم فحص تجانس التباين للبيانات المطرية الفصلية لتطبيق مؤشر هارتلي $F_{\max\text{-ratio}}$. ويلخص الجدول 9 نتائج الفحوص الاحصائية. ويتضح من بيانات الجدول 3 أن قيم مؤشر هارتلي بلغت 1.45 خلال فصل الخريف و 0.34 خلال فصل الشتاء و 3.06 خلال فصل الربيع، بينما تبلغ القيمة المعيارية لهذا المؤشر 1.67 عند درجتى الحرية 2:k بالنسبة

لعدد الفترات و $n:36$ بالنسبة لعدد سنوات الرصد. وعليه فإن تجانس التباين لأمطار فصلي الخريف والشتاء يعتبر معنوياً على عكس الأمطار الربيعية التي تتسم بعد تجانس التباين.

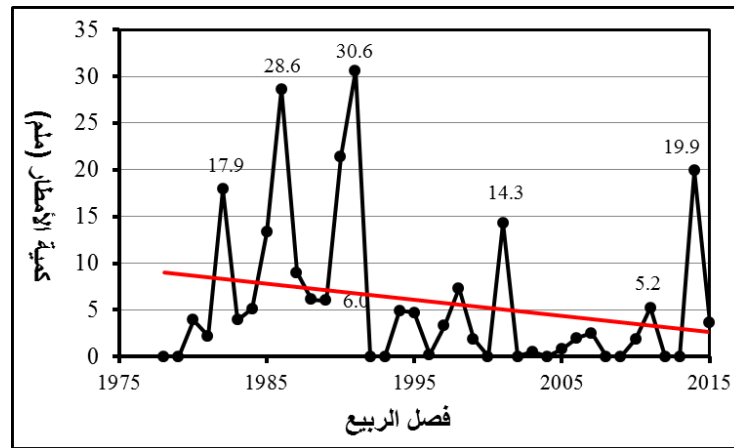
من جهة أخرى تظهر بيانات الجدول أيضاً قيمة سالبة لمعامل الانحدار "b" تدل على وجود اتجاهات متناقصة للأمطار الفصلية خلال جميع الفصول. وللتأكد من اتجاهات التغير للأمطار الفصلية، تم تطبيق طريقة المتوسطات النصفية Semi-Averages method على نفس الفترتين النصفيتين. ولقد بلغت قيمة اختبار T-student لفحص معنوية اتجاه التغير العام 1.071 خلال فصل الخريف و 1.442 خلال فصل الشتاء و 2.496 خلال فصل الربيع، بينما تبلغ القيمة المعيارية لهذا الاختبار 1.688 عند درجة الحرية 36 ومستوى الدلالة 0.05. وعليه فإن اتجاهات التغير العام المتناقصة خلال مختلف الفصول تعتبر غير معنوية وليست لها أية أهمية احصائية لأن قيمة الفروق بين المتوسطين النصفين هي أقل من قيمة ضعف الخطأ المعياري. ولقد أكدت نتائج اختبار مان-كندل Mann-Kendall عدم أهمية اتجاهات التغير العام للأمطار الفصلية، بحيث بلغت قيمة اختبار Test Z (-0.48) وقيمة معامل الانحدار السنوي (Q: 0.000) بالنسبة لفصل الخريف و Test Z (-1.31) وقيمة معامل الانحدار السنوي (Q: -0.193) بالنسبة لفصل الشتاء و Test Z (-1.54) وقيمة معامل الانحدار السنوي (Q: -0.074) بالنسبة لفصل الربيع، بدون أية أهمية احصائية.



شكل 7 : تغيرات الأمطار خلال فصل الخريف بمحطة العقبة



شكل 8 : تغيرات الأمطار خلال فصل الشتاء بمحطة العقبة



شكل 9 : تغيرات الأمطار فصل خلال الربيع بمحطة العقبة

3. تحليل درجات الحرارة

1.3. الوصف الإحصائي للبيانات الحرارية السنوية

يلخص الجدول 10 المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة المرصودة خلال الفترة 1978-2015 لمحطتي تبوك والعقبة.

جدول 10 : المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة

محطة تبوك				محطة العقبة			
درجة الحرارة (°C)	السنة	درجة الحرارة (°C)	السنة	درجة الحرارة (°C)	السنة	درجة الحرارة (°C)	السنة
21.1	1997	21.5	1978	24.0	1997	24.2	1978
22.6	1998	22.5	1979	25.2	1998	24.7	1979
22.3	1999	22.1	1980	25.0	1999	24.0	1980
21.9	2000	21.7	1981	24.3	2000	24.0	1981
22.5	2001	20.6	1982	25.0	2001	23.2	1982
22.1	2002	20.7	1983	25.0	2002	23.2	1983
22.7	2003	21.7	1984	24.8	2003	23.7	1984
22.5	2004	22.4	1985	24.9	2004	24.2	1985
22.5	2005	21.9	1986	24.7	2005	24.1	1986
22.2	2006	22.3	1987	24.6	2006	24.1	1987
22.4	2007	22.1	1988	24.8	2007	24.2	1988
22.7	2008	21.6	1989	25.1	2008	23.8	1989
22.6	2009	21.9	1990	25.0	2009	24.2	1990
24.5	2010	21.9	1991	26.7	2010	24.1	1991
22.2	2011	20.5	1992	24.6	2011	23.1	1992
22.9	2012	21.6	1993	25.5	2012	24.0	1993
22.7	2013	21.4	1994	25.2	2013	24.5	1994
23.1	2014	21.8	1995	25.4	2014	24.1	1995
23.2	2015	22.4	1996	25.5	2015	24.7	1996

ومن بيانات الجدول 10 نجد أن المعدل السنوي لدرجات الحرارة للفترة 1978-2015 المرصودة بمحطة العقبة يفوق بما يعادل 2.4 م° نظيره بمحطة تبوك. كما أن المعدل السنوي لدرجات الحرارة القصوى والدنيا المرصودين بمحطة العقبة يفوقان نظيريهما المرصودين بمحطة تبوك بما يعادل على التوالي 2.1 م° و 2.7 م°. وعلى العكس من هذه التباينات، نجد أن المدى بين المعدلات الحرارية السنوية المرصودة بمحطة تبوك يفوق نظيره المرصود بمحطة العقبة بما يعادل 0.6 م°. كما أن معامل التباين بمحطة تبوك يفوق نسبياً نظيره بمحطة العقبة. وتعكس هذه التباينات تأثيرات بعض العوامل المحلية على نظام توزيع درجات الحرارة بالمحطتين.

2.3. فحص الأهمية الاحصائية لتوزيع البيانات الحرارية السنوية

للتأكد من التباينات المذكورة، تم فحص مدى مطابقة توزيع المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة مع التوزيع الطبيعي بتطبيق اختبار كولموغوروف-سميرنوف Kolmogorov-Smirnov. ولقد أظهرت النتائج أن قيمة هذا الاختبار تساوي 0.122 و 0.115 عند مستوى الدلالة 0.162 و 0.200 ودرجة الحرية 38 بمحطتي تبوك والعقبة على التوالي، وهي أكبر من القيمة الحرجة 0.05، ومن ثم فإن توزيع المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة لا يختلف عن التوزيع الطبيعي بالمحطتين.

وللتأكد من تجانس التباين لتوزيع المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة، تم تطبيق $F_{max-ratio}$ مؤشر هارتلي على المتوسطات النصفية للفترتين 1978-1996 و 1997-2015. ولقد بلغت قيمة هذا المؤشر 1.27 لمحطة تبوك و 1.59 لمحطة العقبة، وهما قيمتان أصغر من القيمة العياريّة لهذا المؤشر 1.67 عند درجتي الحرية k:2 بالنسبة للفترتين النصفيتين و n:36 بالنسبة لعدد سنوات الرصد بكل محطة، ومن ثم يعتبر تجانس التباين للمتوسطات السنوية لدرجات الحرارة معنويًا بالمحطتين.

بالإضافة إلى ما تم ذكره، أظهرت نتائج اختبار T-student بفحص الأهمية الاحصائية لاتجاه التغير العام بطريقة المتوسطات النصفية لدرجات الحرارة أن هناك اتجاهاً متزايداً ومعنوياً بالمحطتين كما يدل عليه الفرق المطلق بين المتوسطين النصفيين الذي بلغ 0.9 م° بمحطة تبوك و 1.0 م° لمحطة العقبة، وهما قيمتان أكبر من قيمتي ضعف الخطأ المعياري 0.40 و 0.32 على التوالي.

4. تحليل درجات الحرارة الفصلية

سوف يتم تحليل التغيرات الفصلية لدرجات الحرارة وفحص الأهمية الاحصائية لاتجاهات التغير العام لها بكل محطة على حده (الجدول 11).

1.4. تحليل درجات الحرارة الفصلية بمحطة العقبة (الشكل 10)

أظهرت قيم معامل الانحدار "b" وجود اتجاهات متزايدة لمتوسطات درجات الحرارة الفصلية خلال جميع الفصول. وللتأكد من الأهمية الاحصائية لاتجاه التغير العام، تم تطبيق طريقة المتوسطات النصفية مع فحص أهميتها الاحصائية بواسطة اختبار T-student. ولقد بلغت قيم هذا الاختبار 2.776 خلال فصل الشتاء و 3.990 خلال فصل

الصيف، بينما نجد أن القيمة المعيارية لهذا الاختبار تساوي 1.688 عند درجة الحرية 36 ومستوى الدلالة 0.05. كما بلغت قيم الفرق المطلق بين المتوسطين النصفيين على التوالي 1.0 م° و 1.2 م°، وهي قيم تفوق قيم ضعف الخطأ المعياري التي بلغت على التوالي 0.7 م° و 0.6 م°. وعليه تعتبر اتجاهات الغير العام لدرجات الحرارة خلال فصلي الشتاء والصيف معنوية وذات دلالة احصائية. وعلى العكس من هذه الاتجاهات، أظهرت نتائج تحليل الاتجاه العام لدرجات الحرارة الفصلية وجود اتجاهات متزايدة وغير معنوية خلال فصلي الربيع والخريف كما تدل عليه قيم اختبار T-student وقيم الفرق المطلق بين المتوسطين النصفيين التي جاءت أقل من القيم المعيارية.

2.4. تحليل درجات الحرارة الفصلية بمحطة تبوك (الشكل 11)

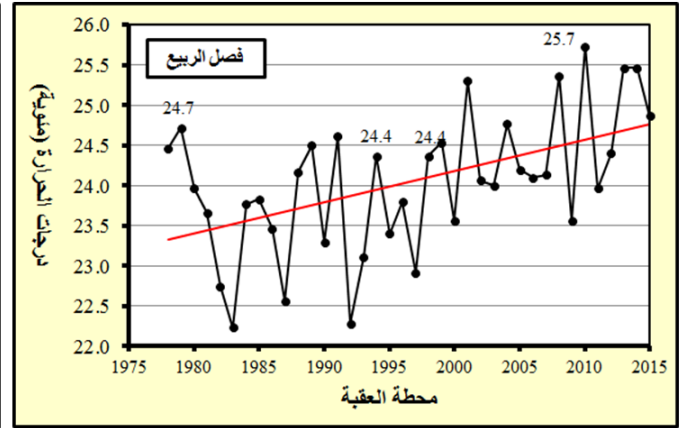
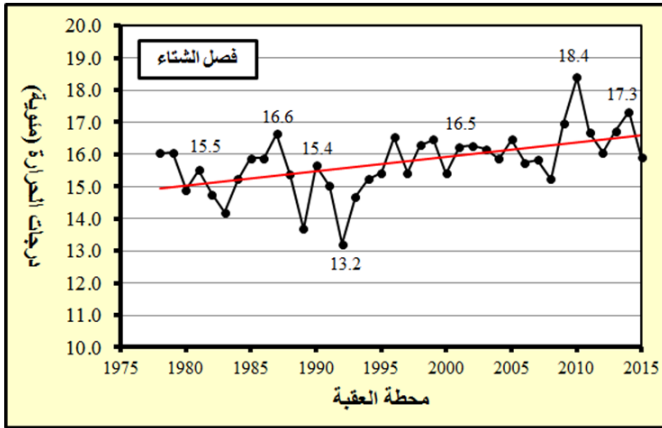
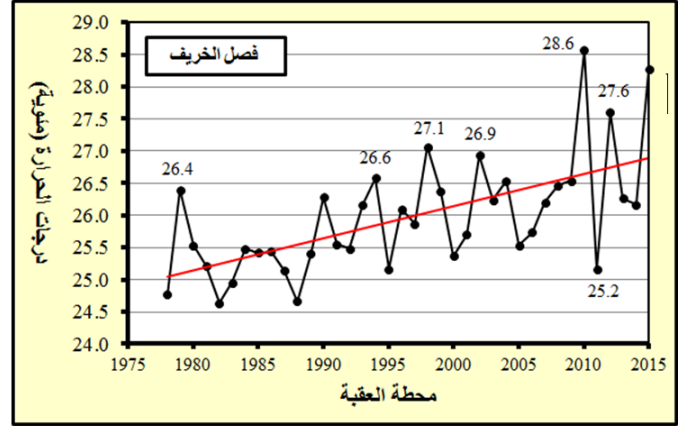
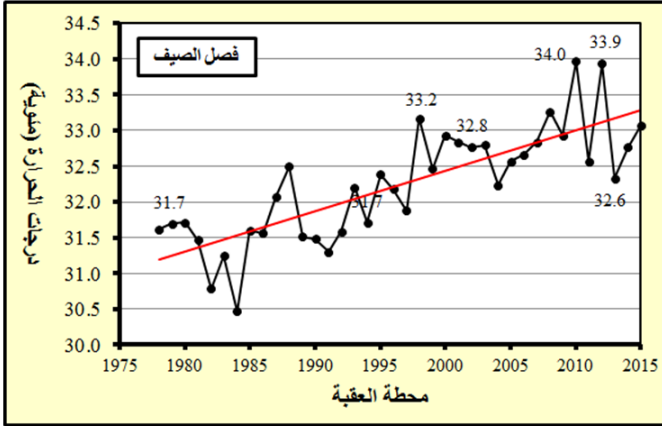
على العكس من اتجاهات التغير العام للمتوسطات الفصلية لدرجات الحرارة بمحطة العقبة، أظهرت قيم معامل الانحدار "b" وجود اتجاهات متزايدة خلال جميع الفصول (الجدول 11). وللتأكد من الأهمية الاحصائية لهذه الاتجاهات، تم تطبيق طريقة المتوسطات النصفية مع فحص أهميتها الاحصائية بواسطة اختبار T-student.

جدول 11 : نتائج فحص الأهمية الاحصائية للاتجاه العام للتغير للمتوسطات الفصلية لدرجات الحرارة خلال الفترة

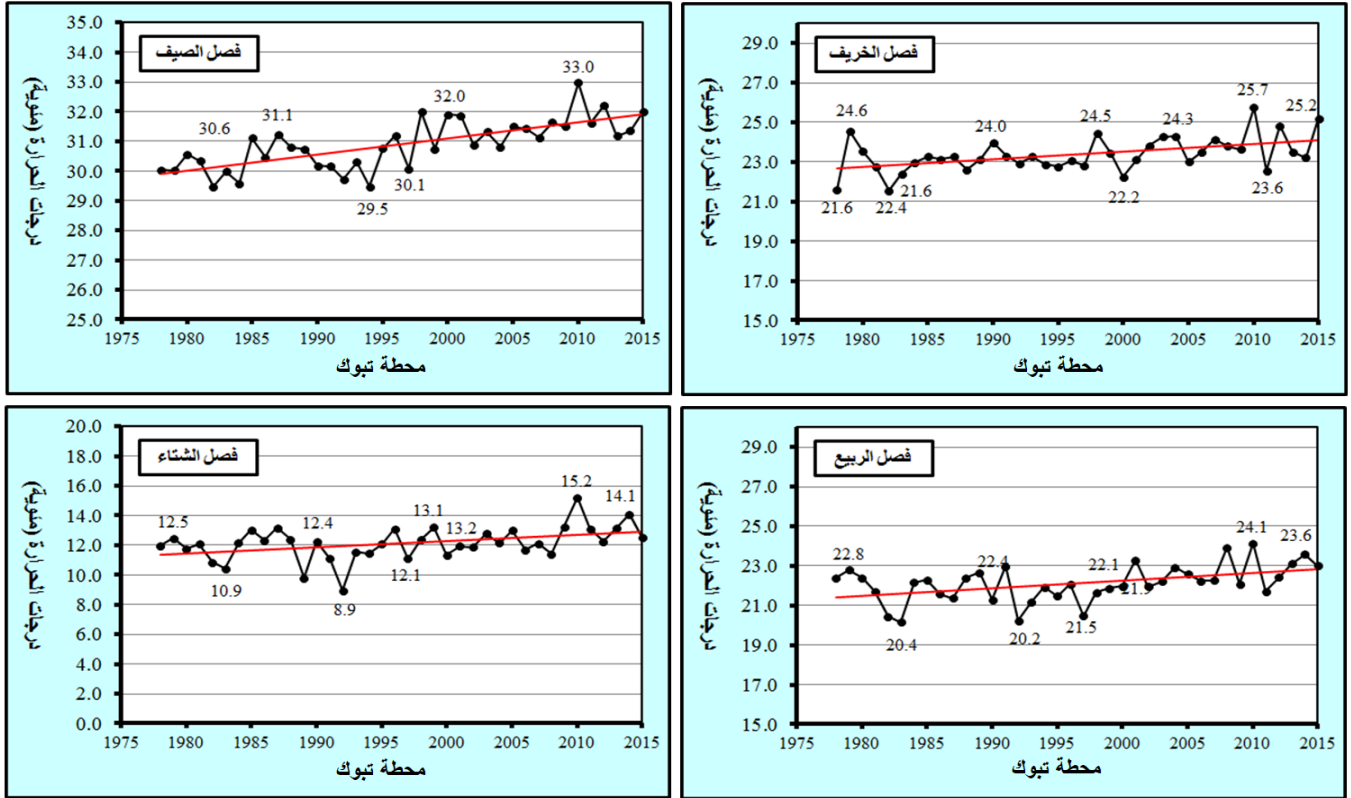
2015-1978

المحطة	المتغير الاحصائي	الخريف	الصيف	الربيع	الشتاء
محطة تبوك	X'_1	23.0	30.3	21.8	11.7
	Sd_1	0.9	0.6	0.8	1.1
	S_1	0.81	0.31	0.70	1.23
	X'_2	23.8	31.5	22.5	12.6
	Sd_2	0.9	0.6	0.9	1.0
	S_2	0.81	0.40	0.79	1.01
	F	1.000	1.303	1.121	1.226
	b	0.040	0.061	0.039	0.043
	SE	0.292	0.194	0.280	0.343
	t_c	2.632	5.960	2.627	2.407
	t_t	1.688	1.688	1.688	1.688
	$X'_2 - X'_1$	0.8	1.2	0.7	0.8
	$2SE$	0.6	0.4	0.6	0.7
محطة العقبة	X'_1	25.5	31.6	23.6	15.3
	Sd_1	0.6	0.5	0.8	0.9
	S_1	0.33	0.25	0.60	0.80
	X'_2	26.5	32.8	24.5	16.3
	Sd_2	4.0	1.2	3.7	1.3
	S_2	15.95	1.48	13.56	1.80
	F	47.656	5.840	22.669	1.684
	b	0.050	0.063	0.044	0.054
	SE	0.926	0.302	0.863	0.370

2.776	0.963	3.990	1.034	t_c
1.688	1.688	1.688	1.688	t_t
1.0	0.8	1.2	1.0	$X'_2 - X'_1$
0.7	1.7	0.6	1.9	2SE



شكل 10 : التغيرات الفصلية لمتوسطات درجات الحرارة بمحطة العقبة



شكل 11 : التغيرات الفصلية لمتوسطات درجات الحرارة بمحطة تبوك

ولقد بلغت قيم هذا الاختبار 2.407 خلال فصل الشتاء و 2.627 خلال فصل الربيع و 5.960 خلال فصل الصيف و 2.632 خلال فصل الخريف، وهي قيم تفوق القيمة المعيارية 1.688 عند درجة الحرية 36 ومستوى الدلالة 0.05. كما بلغت قيم الفروق المطلقة بين المتوسطين النصفيين على التوالي 0.8 م° و 0.7 م° و 1.2 م° و 0.8 م°، وهي قيم أكبر من قيم الخطأ المعياري المناسبة على التوالي 0.7 م° و 0.6 م° و 0.4 م° و 0.6 م°. مما تقدم تعتبر جميع الاتجاهات المتزايدة للمتوسطات الفصلية لدرجات الحرارة بمحطة تبوك معنوية وذات أهمية إحصائية.

خامساً: الخلاصة والاستنتاجات والتوصيات

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل اتجاهات تغير كمية الأمطار، ودرجة الحرارة خلال الفترة 1978-2015 بمحطتي العقبة، وتبوك للاستدلال بهما كمؤشر على ظاهرة التغير المناخي. ولتحقيق أهداف البحث اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الاستقرائي المبني على تحليل الخصائص الإحصائية لتوزيع الأمطار ودرجة الحرارة، إضافة لفحص تجانس التباين بتطبيق مؤشر هارتلي وطريقة المتوسطات النصفية وفحص مان-كندل لتحليل اتجاهات التغير لمعدلات الأمطار اليومية ودرجة الحرارة. ويمكن إيجاز أهم نتائج الدراسة على النحو التالي:

1. على مستوى توزيع الأمطار السنوية

أ. هناك تماثل كبير في نظام تساقط الأمطار السنوية بمعامل التباين (76% بمحطة تبوك و 78% بمحطة العقبة)، بينما هناك زيادة في المتوسط السنوي لأمطار محطة تبوك بنسبة 13.7% مقارنة بنظيره في محطة العقبة. وعلى العكس

هناك زيادة في كمية الأمطار السنوية القصوى والمدى بنسبة 12.6% و 12.8% على التوالي بمحطة العقبة مقارنة بنظيريهما بمحطة تبوك.

ب. لا يختلف توزيع البيانات المطرية السنوية عن التوزيع الطبيعي بمحطتي تبوك والعقبة عند درجة الحرية 38. ويتسم توزيعها بتجانس التباين بمحطة تبوك وبعدم تجانس التباين بمحطة العقبة.

ج. دلت قيمة الفحص الاحصائي "ت" ستودنت المحسوبة وقيمة الفرق المطلق بين المتوسطين النصفيين وضعف قيمة الخطأ المعياري على وجود اتجاهات غير معنوية للتغير العام للأمطار السنوية بمحطتي تبوك والعقبة.

2. على مستوى توزيع الأمطار الفصلية

أ. أظهرت قيم الإنحراف المعياري التي تفوق المتوسط مدى تشتت كميات الأمطار الفصلية حول المتوسط. ويؤكد هذه الظاهرة قيم معامل التباين التي بلغت 1.46 خلال مختلف فصول السنة بالمحطتين.

ب. لا يختلف توزيع البيانات المطرية الفصلية عن التوزيع الطبيعي بمحطتي تبوك والعقبة، كما يتسم توزيعها بتجانس التباين خلال فصل الخريف بمحطة تبوك، وخلال فصلي الخريف والشتاء بمحطة العقبة.

ج. دلت قيمة الفحص الاحصائي "ت" ستودنت المحسوبة وقيمة الفرق المطلق بين المتوسطين النصفيين وضعف قيمة الخطأ المعياري على وجود اتجاه متزايد وغير معنوي خلال فصل الشتاء واتجاهين متناقضين خلال فصلي الخريف والربيع بمحطة تبوك، وكذلك وجود اتجاهات متناقضة وغير معنوية خلال الفصول الثلاثة بمحطة العقبة.

3. على مستوى توزيع المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة

أ. يفوق المعدل السنوي لدرجات الحرارة المرصودة بمحطة العقبة بما يعادل 2.4 م° نظيره بمحطة تبوك. كما يفوق المعدل السنوي لدرجات الحرارة القصوى والدنيا المرصودين بمحطة العقبة نظيريهما المرصودتين بمحطة تبوك بما يعادل 2.1 م° و 2.7 م° على التوالي.

ب. على العكس من هذه التباينات، يفوق المدى بين المعدلات الحرارية السنوية المرصودة بمحطة تبوك نظيره المرصود بمحطة العقبة بما يعادل 0.6 م° 0. كما أن معامل التباين بمحطة تبوك يفوق نسبياً نظيره بمحطة العقبة.

ج. ولقد أظهر فحص كولموغوروف-سميرنوف لشكل توزيع البيانات أن توزيع المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة لا يختلف عن التوزيع الطبيعي بالمحطتين. كما دلت نتائج مؤشر هارتلي Fmax-ratio على أن تجانس التباين للمتوسطات السنوية لدرجات الحرارة معنوياً بالمحطتين.

د. كما أظهرت نتائج اختبار T-student لفحص الأهمية الاحصائية لاتجاه التغير العام بطريقة المتوسطات النصفية لدرجات الحرارة أن هناك اتجاهاً متزايداً ومعنوياً بالمحطتين.

4. على مستوى التوزيع الفصلي لمتوسطات درجات الحرارة

أ. أظهرت قيم اختبار "ت" ستودنت وجود اتجاهات متزايدة ومعنوية لدرجات الحرارة خلال فصلي الصيف والشتاء وأخرى غير متزايدة وغير معنوية خلال فصلي الخريف والربيع بمحطة العقبة.

ب. كما كشفت نتائج هذا الاختبار كذلك عن وجود اتجاهات متزايدة ومعنوية لدرجات الحرارة خلال جميع الفصول بمحطة تبوك.

ختامًا تقترح الدراسة الحالية بعض مقترحات من أجل تحسين سبل تحليل ومتابعة ورصد البيانات المناخية وصولاً لنتائج ومؤشرات هامة تتعلق بالتغيرات والذبذبات المناخية على النحو التالي:

أ. توسيع مجال هذه الدراسة باستخدام البيانات اليومية للأمطار ودرجات الحرارة لعدد أكبر من المحطات المناخية للحصول على نتائج أكثر تفصيلاً حول مؤشرات التغير المناخي بالأراضي السعودية والأردنية كمودج للأراضي الجافة الحارة.

ب. العمل على إنشاء قاعدة بيانات لعناصر الطقس اليومية مشتركة وتوظيف معلوماتها المناخية في دراسات تطبيقية مشتركة بين المملكة العربية السعودية والمملكة الأردنية الهاشمية.

ج. الاستفادة من بيانات النماذج المناخية وتقنيات الاستشعار عن بعد لمعايرة القياسات الأرضية للأمطار ودرجات الحرارة، وتقديم سيناريوهات مستقبلية للتغير المناخي المحتمل على مستوى المنطقة السعودية-الأردنية الجافة.

الاستفادة من مخرجات هذه الدراسة في دعم المشاريع البيئية والمناخية والهيدرولوجية لرؤية المملكة العربية

السعودية 2030.

Abstract

Analysis of climate change indicators in Tabuk and Aqaba governorates during the period 1978-2015 (A comparative study)

By Fahdah Falah Benhasher

And Yusra Al-Husban

This study aimed to analyze trends in the amount of rainfall and temperature during the period 1978-2015 at the Aqaba and Tabuk stations to infer them as an indicator of climate change. The study relied on the inductive approach based on analyzing the statistical characteristics of the distribution of rainfall and temperature, in addition to examining the homogeneity of variance.

The study concluded that there is a great similarity in the annual rainfall regime and an increase in the average annual rainfall of the Tabuk by 13.7% and there is an increase in the maximum annual rainfall amount and range by 12.6% and 12.8%, respectively at Aqaba.

The value of t-statistical test, the value of the absolute difference between the two half-means, and twice the value of the standard error indicated the presence of non-significant trends in the general change in annual rainfall at the Tabuk and Aqaba. The standard deviation also showed the extent of dispersion of seasonal rainfall amounts around the average and an increase in the average annual temperature observed at the Aqaba station by about 2.4°C over the Tabuk station. Calculating the general temperature change indicates that there is an increasing trend at the two stations. The t-test values also showed increasing and significant trends in temperature during the summer and winter seasons, and non-increasing and non-significant trends during the fall and spring seasons at Aqaba. While the results of this test revealed increasing and significant trends in temperature during all seasons at Tabuk station. The study recommends applying detailed studies for all stations and for the longest period to determine general trends in the characteristics of rainfall and temperature.

Keywords:

Annual rainfall, rainy days, Mann-Kendall, Tabuk, Aqaba

المراجع العربية والأجنبية

- الجراش، محمد عبد الله (1981): العوامل المؤثرة في كمية الأمطار على غرب وجنوب غربي المملكة العربية السعودية ، مجلة كلية الآداب ، جامعة الملك سعود ، المجلد 8 ، ص ص 239-266 ، الرياض.
- الجراش، محمد عبد الله (1983): نماذج تقدير المتوسط السنوي لكمية الأمطار على غرب المملكة العربية السعودية ، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية ، جامعة الملك عبد العزيز ، المجلد 3 ، ص ص 107-150 ، جدة.
- الحربي، سعيد بن عبد العالي (2009): خصائص الأمطار على غربي المملكة العربية السعودية ، رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير غير منشورة ، جامعة الملك عبد العزيز ، جدة ، المملكة العربية السعودية.
- السيد، حسن محمد (1981): هطول الأمطار في جنوب غرب المملكة العربية السعودية ، الجمعية السعودية لعلوم الحياة ، جامعة الملك سعود ، الرياض.
- السيد، عبد الملك قاسم (1995): احتمالات هطول الأمطار ودرجة الاعتماد عليها في المملكة العربية السعودية ، سلسلة بحوث جغرافية ، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض، العدد 21.

- الصالح، محمد عبد الله (1994): التحليل التكراري لكميات الأمطار في منطقة القويعة بالمملكة العربية السعودية ، سلسلة بحوث جغرافية ، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض، العدد 17.
- الصالح، محمد عبد الله (1997): التوزيع الزمني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض ، سلسلة رسائل جغرافية ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، وحدة البحث والترجمة ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الكويت، العدد 203.
- الكليب، عبد الملك علي (1982): الأمطار في شبه الجزيرة العربية، في كتاب : الندوة الأولى لمستقبل الموارد المائية بمنطقة الخليج وشبه الجزيرة العربية - الموارد المائية الطبيعية، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، جامعة الكويت، الكويت، المجلد الثاني، ص ص 108-131.
- بوروبة ، محمد فضيل (2012): التباينات الزمانية والمكانية والتحليل التكراري للأمطار بمنطقة غرب الرياض، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد 373 ، شعبان 1433 هـ (يونيو 2012 م) ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، وحدة البحث والترجمة ، جامعة الكويت.
- بوروبة ، محمد فضيل (2013): دراسة إحصائية تحليلية لاتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية ، مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية ، المجلد الخامس ، العدد (1).
- بوروبة ، محمد فضيل ، الدغيري ، أحمد عبدالله (2017): التحليل التكراري لاحتمالية الهطول في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية ، مجلة العلوم العربية والانسانية ، المجلد (11) ، العدد (1) ، جامعة القصيم ، محرم 1439 هـ (سبتمبر 2017) ، ص ص 435-489.
- بوروبة، محمد فضيل (2024): اتجاهات التغير في كميات الأمطار السنوية في منطقتي بريدة بالمملكة العربية السعودية، مجلة أبحاث اليرموك (سلسلة العلوم الانسانية والاجتماعية)، المجلد (32)، العدد 2: 475-513، جامعة اليرموك، الأردن.
- شحادة، نعمان (1986): فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، سلسلة رسائل جغرافية ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، وحدة البحث والترجمة ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الكويت، العدد 89.
- عزيز، خديجة بنت أحمد بن أمين (2002): أثر الخصائص المطرية في توزيع الغطاء النباتي للأراضي الجبلية في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية ، رسالة غير منشورة مقدمة لنيل درجة دكتوراه الفلسفة في الجغرافيا، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- محمد، أحمد بدر الدين يوسف (1993): مناخ المملكة العربية السعودية ، سلسلة رسائل جغرافية ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، وحدة البحث والترجمة ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الكويت، العدد 157.
- محمد، محمد محمود (1989): النمط الكمي والزمني للأمطار الرياض، في كتاب : حلقة الدراسات الصحراوية في المملكة العربية السعودية - مجالاتها والمهتمون بها ، ص ص 229-238.
- مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، (1970-2017م)، البيانات اليومية للأمطار، جدة، المملكة العربية السعودية.
- وزارة البيئة والمياه والزراعة (2020): نشرة الأمطار اليومية، الإدارة العامة لموارد المياه، الرياض.
- Al Belehed, S.A. (1985): Some characteristics of Precipitations in the High Lands of Assir, *Journal of College of Arts, King Saud University, Vol. (12), pp. 125-140.*
- Al Belehed, S.A. (1986): Rainfall Distribution and Variability in Saudi Arabia, *Journal of College of Arts, King Saud University, Vol. (13), pp. 17-39.*