

مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن

محمد عبد الكريم زيتون، نعمان عابد شحادة*

ملخص

تناولت الدراسة مؤشرات التغير المناخي من خلال تحليل اتجاه التغير في المتوسطات السنوية للحرارة وكميات الأمطار السنوية في شمال الأردن خلال الفترة (1970-2009). وقد استخدمت الدراسة البيانات الشهرية والسنوية للأمطار والحرارة في المحطات المناخية الممثلة لمنطقة الدراسة (رأس منيف، الباقورة، إربد، المفرق). وقامت الدراسة بتحليل اتجاه التغير في مناخ المنطقة لعنصري الحرارة والأمطار، من خلال استخدام عدد من الأساليب الإحصائية لدراسة الاتجاه العام في عنصري الحرارة والأمطار؛ كالانحدار الخطي البسيط، واختبار (t)، والمتوسطات المتحركة الثلاثية والخماسية، إضافة إلى استخدام الخرائط المكانية للمقارنة بين فترتين زمنيتين.

وقد كشفت جميع الطرق الإحصائية لتحليل مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن عن تزايد ملحوظ في الحرارة السنوية في شمال الأردن خلال الفترة (1970-2009)، ولا سيما الفترة الثانية من الدراسة (1989-2009). كما كشفت عن تناقص في الأمطار السنوية في محطتي (المفرق وإربد)، وتزايد طفيف في محطتي (رأس منيف والباقورة)، غير أن تلك الزيادة في الأمطار السنوية لم يكن لها أي دلالة إحصائية.

الكلمات الدالة: تغير المناخ، مناخ الأردن، شمال الأردن.

المقدمة

درجة الحرارة زيادة مطردة منذ بداية الثورة الصناعية في أوروبا (شحادة، 2009). ولا بد من التمييز بين ارتفاع متوسط درجة الحرارة لسنة واحدة، أو لبضع سنوات قليلة، وبين الزيادة المطردة لدرجة الحرارة خلال فترة طويلة من الزمن. فالحالة الأولى تعد تقلباً مناخياً تشير إلى التبدلات السريعة في الحالة الجوية خلال فترة زمنية قصيرة (موسى، 2006أ). فهي ظاهرة مؤقتة تمثل تقلباً لدرجة الحرارة (Fluctuation)، وهي من الخصائص الطبيعية للغلاف الجوي، بينما تمثل الحالة الثانية اتجاهاً مستمراً للتغيير (Trend) ناتج عن تلوث الإنسان للغلاف الجوي (شحادة، 2009). مثل هذا التغير يتم خلال فترة زمنية طويلة تزيد على الأقل عن دورة مناخية، (35 سنة، وقد تصل المدة إلى مئات السنين، حتى تظهر آثار ذلك التغير والتحول المناخي في الوسط الطبيعي والبيئة الجغرافية (موسى، 2006أ). من المتوقع أن يطال التغير المناخي خلال القرن الحالي معظم عناصر المناخ في الأردن (شحادة، 2012 ب)، وسيتم التركيز على تحليل التغير في درجة الحرارة والأمطار. توقعت كثير من الدراسات انخفاضاً في كميات الأمطار في شرقي البحر المتوسط، بنسبة تتراوح بين (15-25%) بسبب التغير المناخي (Pederson, 2008)، أما في الأردن، فيتوقع أن يصل الارتفاع في درجة الحرارة إلى (2) م°، وأن تتناقص

أظهرت الأمطار في الأردن اتجاهاً عاماً للتناقص للفترة (1937-1976) (شحادة، 1978). كما انخفضت الأمطار في الأردن بمعدل (5-20%)، وارتفع معدل درجة الحرارة العظمى ما بين (0.3-1.8) م° وذلك في العقود الخمسة الأخيرة (UNFCCC, 2009). وظهر اتجاه نحو التسخين في فلسطين للفترة (1970-2002)، إذ ارتفعت الحرارة نحو (1) م°، وكانت السنة المطرية (1998-1999)، والسنة المطرية (1991-1992) أكثر السنوات حرارة. كما ظهر انخفاض في الأمطار في الأجزاء الشرقية من فلسطين. (Kafle and Bruins, 2009). ويعزى ذلك إلى التغير المناخي في حوض البحر المتوسط الذي يعدّ الأردن جزءاً منه.

يستخدم التغير المناخي (Climate Change) للتعبير عن ظاهرة الاحتباس الحراري (Greenhouse Effect) وما يترتب عليها من تغيرات مناخية. والاحتباس الحراري مفهوم حديث، لم يكن معروفاً قبل منتصف القرن العشرين، ويقصد به زيادة

* وزارة التربية والتعليم الأردنية؛ وكلية الآداب، الجامعة الأردنية، عمان. تاريخ استلام البحث 2014/2/12، وتاريخ قبوله 2015/2/25.

وسوف تؤدي إلى اختلال التوازن بين الحاجة للمياه والمتوفر منها. ويمكن للتغير المناخي أن يزيد من تفاقم الجفاف والتصحر وتآكل التربة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 1991).

مشكلة الدراسة

لوحظ في السنوات الأخيرة من القرن العشرين، وبداية القرن الحالي انخفاضاً في كميات الأمطار السنوية في الأردن، وارتفاعاً في معدل درجات الحرارة السنوية المسجلة في المحطات المناخية، وتأخراً في الموسم المطري، مما كان له أكبر الأثر في ارتفاع معدلات التبخر، وتعاقب حالات الجفاف. لقد أدى ذلك التغير إلى تراجع كثافة الغطاء النباتي الطبيعي، وتناقص رقعة الزراعة البعلية، إضافة إلى زيادة استخدام المياه ذات المصادر المحدودة لإغراض الري. لذا ستحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

فرضيات الدراسة

- انخفضت كميات الأمطار السنوية في شمال الأردن خلال فترة الدراسة.
- ارتفعت درجات الحرارة في شمال الأردن خلال فترة الدراسة.

أهداف الدراسة

تمثل أهداف الدراسة في التعرف إلى الاتجاه العام للتغير في درجات الحرارة السنوية وكميات الأمطار السنوية في شمال الأردن للفترة (1970-2009). والتعرف على مقدار الانخفاض في كميات الأمطار السنوية في شمال الأردن، ومدى الارتفاع في درجات الحرارة السنوية في شمال الأردن خلال فترة الدراسة، في ظل التغير المناخي.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من الأردن، وتمتد على مساحة تبلغ نحو (3672 كم²)، وتشكل ما نسبته (4.11%) من مساحة الأردن، أما فلكياً فتقع بين دائرتي عرض (29°، 07'، 32°) و (25°، 45'، 32°) شمالاً، وخطي طول (58°، 32'، 35°) و (14°، 23'، 36°) شرقاً. تشمل محافظات: إربد، جرش، عجلون، والمفرق، بامتداد طولي يتراوح بين (67.5) كم في الوسط إلى (77.2) كم في الأجزاء الشرقية، ويعرض يتراوح بين (32.8) كم في الشمال إلى (77.4) كم في الأجزاء الجنوبية للمنطقة، شكل (1). وتضم أربع محطات مناخية هي: رأس منيف، الباقورة، إربد، والمفرق.

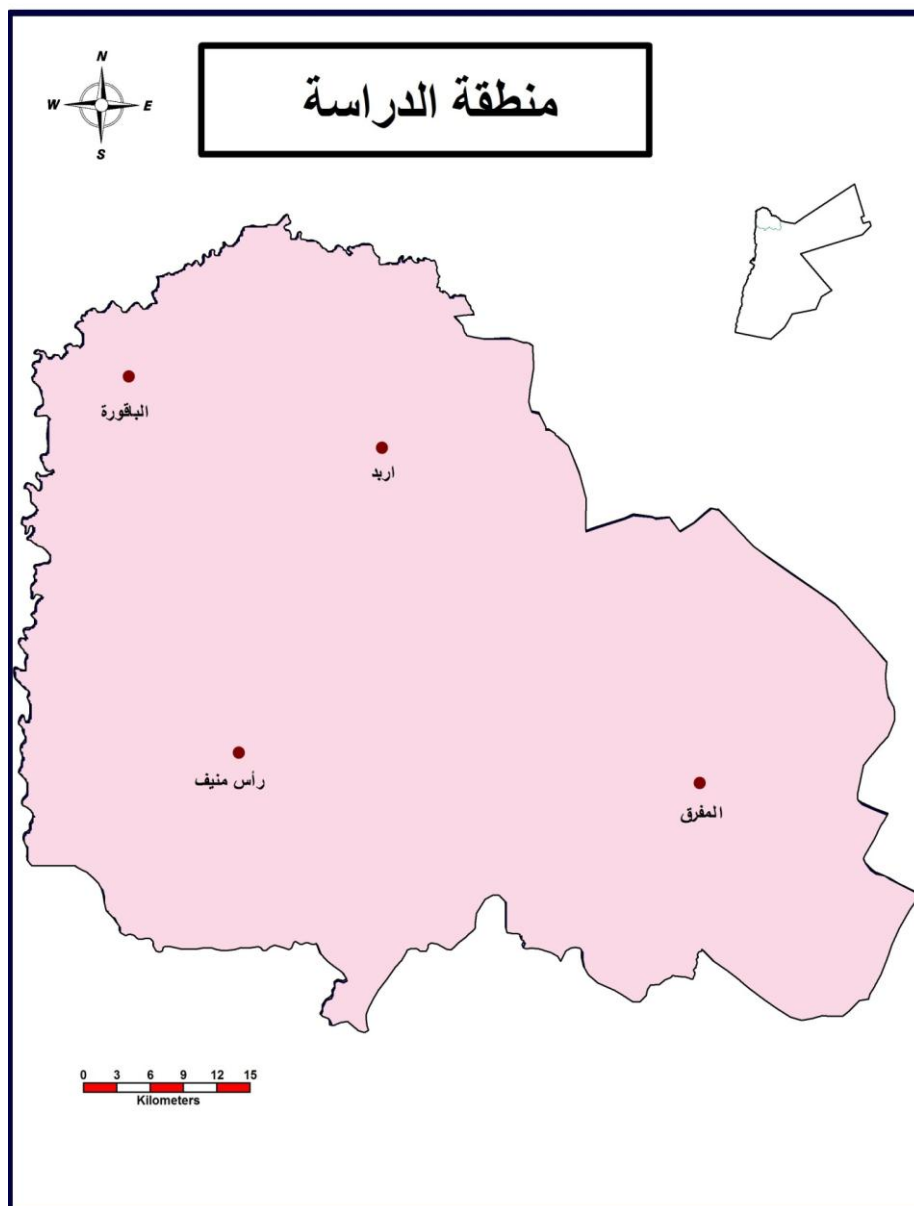
الأمطار بنسبة (10%)، مما سيسبب زيادة في العجز المائي في الأردن، وانخفاضاً في تجدد المياه الجوفية بنسبة تتراوح بين (45%-60%) (Oroud, 2008).

وكما يذكر العلماء، فإنه إذا استمرت الزيادة المتسارعة في نسبة الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، فإن درجة الحرارة ستزداد خلال القرن الحالي بمعدل يزيد عنه في فترة سابقة خلال العشرة آلاف سنة الماضية. وبالرغم من صعوبة التنبؤ بالاختلافات الإقليمية المتوقعة، فإن حوض البحر المتوسط سيكون من بين المناطق التي ستشهد زيادة ملحوظة في درجة الحرارة (شحادة، 2012 ب).

من المتوقع أن تصل الزيادة المتوقعة لدرجة الحرارة في العالم بحلول عام (2100) إلى (4) م° (Karas, J). وهي الزيادة المتوقعة للحرارة في حوض البحر المتوسط (IPCC, 2007). إن معظم الزيادة التي ستطرأ على درجة الحرارة في حوض البحر المتوسط ستطال بشكل خاص درجة حرارة الصيف، وستكون أعلى من أي زيادة تطرأ على درجة حرارة الصيف في أي مكان آخر من العالم (Christensen, J.H, et.al., 2007)؛ شحادة، 2012 ب).

تتوقع نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي أن تتناقص أمطار الشتاء في معظم مناطق حوض البحر المتوسط الواقعة جنوب خط عرض (40-45) شمالاً، كما يتوقع أن يزداد الجفاف من حيث الشدة والتكرار (Karas). إن المناخ المتوقع لحوض البحر المتوسط هو مناخ أكثر حرارة وأقل أمطاراً، ومن المتوقع أن تتناقص الأمطار فوق مناطق شاسعة من الحوض بما يتراوح بين (10% إلى 40%) بحلول عام 2100 (Karas). (شحادة، 2012 ب).

أن النتيجة الرئيسية المتوقعة للتغير المناخي على منطقة الشرق الأوسط هو المزيد من تناقص الأمطار، في الأردن وفلسطين والعراق وسوريا (Issar, 1996)؛ Onol and Semazzi, 2009). فالزيادة المتوقعة على أمطار أوروبية سيقابلها تناقص في أمطار الشتاء، وسيقابل الانخفاض المتوقع في أمطار الشتاء تزايد في الأمطار التي تسقط في الربيع والخريف، كما يتوقع أن يقل عدد الأيام الماطرة في حوض البحر المتوسط، (Christensen, J.H, et.al., 2007). ومن المتوقع أن تزداد حالات التطرف بمعنى حدوث حالات من المطر الغزير، الذي قد يؤدي إلى حدوث فيضانات ويتسبب في معدلات عالية من انجراف التربة، إلى جانب حالات كثيرة أخرى يسود فيها الجفاف (شحادة، 2012 ب). إن لتغير المناخ آثاراً سوف تتجاوز الإنتاج الزراعي، إذ يتوقع أن يكون لها انعكاسات على كل الأنظمة المنتجة للعناصر البيولوجية،



الشكل (1): موقع منطقة الدراسة في شمال الأردن

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات موضوع التغير المناخي وأثره في عناصر المناخ المختلفة، وخاصة درجات الحرارة وكميات التساقط على النحو الآتي:

1. كراون، (1966)، استخدمت الدراسة خرائط 500 ملليبار للفترة (1950-1964)، لإيجاد علاقة بين نمط الدورة العامة للغلاف الجوي والأمطار في شهر تشرين الأول حتى كانون الثاني في فلسطين، وقد وجدت الدراسة أن موقع الحوض العلوي فوق البحر المتوسط تحدّد فيما إذا كان الفصل رطباً أو جافاً، كما توصلت إلى أن زيادة طول موجة الحوض العلوي فوق المحيط الأطلسي، يعقبها فصل رطب، بينما

الأمواج القصيرة يعقبها فصل جاف.

2. شحادة، (1985)، تناولت الدراسة تناقص الأمطار في الأردن للفترة (1937-1976)، وكشفت عن تناقص ملحوظ في معدل الأمطار السنوي حتى منتصف الستينيات، فسّر بتزحزح الضغط المداري المرتفع الذي يقع الأردن على حافته الشمالية نحو الشمال؛ مما ترتب عليه زحزحة مماثلة لمسارات المنخفضات الجوية التي تعبر البحر المتوسط، كما أن المكونات القارية للرياح الجنوبية الغربية التي ترافق هذه المنخفضات تصبح أكثر قوة؛ مما يقلل من الرطوبة النسبية لهذه الرياح، ويؤدي إلى تناقص الأمطار.

3. تقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)،

فترة الثمانينيات وأوائل التسعينيات من القرن الماضي، كما شهدت المنطقة ذاتها تناقصا ملحوظا في الأمطار وصل إلى 5% من المعدل السنوي للأمطار، وذلك نتيجة التناقص المحتمل في عدد المنخفضات الجوية التي تتكون في الحوض الأوسط للبحر المتوسط، خاصة التي تسلك مسارا شرقيا.

منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة استخدام المنهج التجريبي لتحليل خصائص التغيرات المناخية لمعدلات الأمطار ودرجات الحرارة.

إجراءات الدراسة

استخدمت الدراسة عددا من الإجراءات، وذلك على النحو الآتي:

- استخدام الأسلوب الكمي:

أ. الانحدار الخطي البسيط (Simple linear Regression): لتحديد الاتجاه العام للتغير (General Trend) في درجات الحرارة وكميات الأمطار، باعتبار السنة متغيرا مستقلا، والأمطار ودرجات الحرارة متغيرا تابعا.

ب. المتوسطات المتحركة (Moving Avere): تم استخدام المتوسطات المتحركة السنوية الخماسية للحرارة والأمطار، للتخلص من التقلبات قصيرة المدة (Short Period Fluctuations). استخدم هذا الأسلوب للكشف عن أيّ تغيرات متصلة تحدث في السلسلة الزمنية للأمطار والحرارة والجفاف في محطات الدراسة للفترة (1970-2009)، من خلال المنحنيات التي تمثل الجمع التراكمي للانحرافات عن المتوسط الحسابي لكميات الأمطار السنوية، والمعدلات السنوية لدرجة الحرارة. ويعدّ أسلوب المتوسطات المتحركة من أكثر الأساليب الإحصائية المستخدمة لدراسة طبيعة التغيرات في العناصر المناخية ووجهة سيرها (موسى، 2006 ب). فهو من أكثر الوسائل الإحصائية لإظهار الاتجاه العام لكميات التساقط ودرجات الحرارة السنوية، والتخلص من الذبذبات المناخية (Climatic Fluctuations) القصيرة التي تعمل على تشويه شكل الاتجاه العام، وتطغى على الذبذبات الطويلة فتطمسها وتخفي، إلا أنها لا تؤدي إلى رقم محدد لمعدل التغير يمكن قياس أهميته (شحادة، 1978).

تم حساب أربعة وثلاثين متوسطا متحركا للأمطار وثمان وثلاثين متوسطا متحركا للحرارة لكل محطة مناخية في هذه الدراسة للفترة (1970-2009). حيث يشير المتوسط المتحرك إلى الوسط الحسابي البسيط لعدد فردي من قيم متتالية لسلسلة

(2000)، أشار التقرير إلى ارتفاع معدل درجة الحرارة في إقليم غرب آسيا والشرق الأوسط نحو (0.5) °م، وذلك للفترة (1955-1994)، وقد بلغ الارتفاع نحو (0.25) °م في أشهر الشتاء: كانون الأول، كانون الثاني، وشباط، بينما بلغ نحو درجة مئوية واحدة في: أيلول، تشرين أول، وتشرين ثاني. وقد توقعت النماذج المناخية انخفاضاً في رطوبة التربة في معظم أجزاء الإقليم، وزيادة طفيفة في الأمطار، وزيادة في التبخر ناتجة عن زيادة في درجة الحرارة التي سوف تزداد نحو (1-2) درجة مئوية للفترة (2030-2050).

4. تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2007)، الذي يوضح انخفاض الهطول في الساحل والبحر المتوسط وجنوب إفريقيا وأجزاء من جنوب آسيا خلال الفترة (1900-2005)، إضافة إلى زيادة الجفاف منذ السبعينيات. من المتوقع بحسب الإسقاطات أن تتردى الأحوال في جنوب أوروبا بسبب تغير المناخ (ارتفاع درجات الحرارة والجفاف) وهذه منطقة تعتبر حالياً عرضة لتقلب المناخ، كما يتوقع أن يؤدي التغير المناخي إلى تناقص توفير المياه وإنتاجية المحاصيل بشكل عام.

5. التقرير الثاني لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ في الأردن (UNFCCC)، (2009)، قامت الدراسة بتحليل الخصائص المكانية والزمانية للمتغيرات المناخية لتسع عشرة محطة مناخية، لمعرفة اتجاهات التغير للفترة الزمنية الممتدة (1961-2005)، وتوصلت إلى وجود ارتفاع في المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى تراوحت بين 0.3-1.8 درجة مئوية، وأظهرت درجة الحرارة الصغرى ارتفاعاً أكبر تراوح بين 0.4-2.8 درجة مئوية. أما المعدلات السنوية للأمطار فقد شهدت انخفاضاً بنسبة تراوحت بين 5-20% لمعظم المحطات المناخية، مع ارتفاع طفيف لكميات التساقط بنسبة تراوحت بين 5-10% في محطتي الرويشد ورأس منيف. وتوقعت الدراسة من خلال النماذج المناخية زيادة درجة الحرارة نحو درجتين مؤويتين حتى عام 2050.

6. حمدي، (2009)، تناولت الدراسة تحليل بيانات درجة الحرارة والأمطار والرطوبة النسبية لست محطات مناخية في وسط وشمال الأردن، مستخدمة أساليب إحصائية عدة كالانحدار الخطي واختبار t، وتوصلت الدراسة إلى عدم وجود اتجاه واضح يدل على زيادة أو انخفاض معدلات الأمطار السنوية، كما بينت أن هناك اتجاهها واضحاً في زيادة معدل درجة الحرارة الصغرى، مع انخفاض في المدى السنوي لدرجات الحرارة.

7. شحادة، (2012، أ)، أشارت إلى أن منطقة حوض البحر المتوسط شهدت فيها درجة الحرارة تزايداً ملموساً، خلال

الرئيسة للمناخ في منطقة الدراسة ممثلة بدرجات الحرارة وكميات الأمطار السنوي بتباينها المكاني والزمني، فصليا وشهريا، والتي تفسر بتباين المنسوب والموقع الفلكي، إضافة إلى تباين العوامل السينوبتيكية المرتبطة بالدورة العامة للغلاف الجوي فوق الحوض الشرقي للبحر المتوسط التي تؤثر في مناخ الأردن (البحيري، 1991).

المعدل السنوي لدرجة الحرارة

يتراوح المعدل السنوي لدرجة الحرارة بين (14.4) °م في رأس منيف في الجنوب الغربي، و(22.4) °م في الباقورة في أقصى الشمال الغربي، ويلاحظ من الجدول (1) أن أعلى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة سجلت في الباقورة لجميع الشهور والتي تفوق المعدلات الشهرية في المحطات الأخرى، إذ تمثل الباقورة الأجزاء الشمالية لودي الأردن. أما أدنى المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة فقد سجلت في رأس منيف التي تشكل الأجزاء الجنوبية الغربية لمنطقة الدراسة، والتي يبلغ منسوبها نحو (1150) مترا فوق مستوى سطح البحر. ويمكن تفسير الفروق الحرارية بين محطات الدراسة بالتباين التضاريسي والموقع الفلكي لتلك المحطات.

يؤثر عامل المنسوب في توزيع عنصر الحرارة في منطقة الدراسة، فخطوط الحرارة المتساوية تتوافق إلى حد كبير مع خطوط الكنتور التي تتجه بصفة عامة من الشمال إلى الجنوب (البحيري، 1991)، فمحطة إريد التي تقع على منسوب (616) مترا فوق مستوى سطح البحر، بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة فيها نحو (17.8) °م، وبلغ معدل درجة الحرارة فيها (25.6) °م لأعلى شهور السنة في شهر آب، بينما بلغ معدل أدنى شهور السنة حرارة (8.9) °م في شهر كانون الثاني، أما في الباقورة الواقعة على درجات العرض نفسها لمدينة إريد، فقد بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة فيها (22.4) °م؛ ولكن على منسوب (170) مترا تحت مستوى سطح البحر، إذ تسجل قيما متباينة لدرجة الحرارة، أما معدل أعلى شهور السنة حرارة فقد بلغ (30.8) °م، في حين بلغ معدل أقل شهور السنة حرارة (13.3) °م.

المتوسط السنوي للأمطار

تتميز الأمطار في منطقة الدراسة بتباين معدلاتها السنوية، إذ تتراوح معدلاتها بين (153) ملم في المفرق و (580) ملم في رأس منيف، الجدول (2)، وبالرغم من أن الفصل المطير يمتد من تشرين الأول إلى أيار، إلا أن نحو (62%) من كمية الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة تتركز في أشهر الشتاء:

زمنية معينة (موسى، 2006 ب)، وفي هذه الدراسة تم استخدام العدد (5) كمتوسط متحرك للأمطار والعدد (7) كمتوسط متحرك للحرارة، حيث تعبر قيمة المتوسط المتحرك عن قيمة المتغير للسنة الوسطى، فهو يظهر التناقص أو التزايد في الأمطار والحرارة السنوية بعد تسوية الذبذبات السنوية والتخلص منها باستخدام المتوسطات المتحركة.

ج. اختبار (t): استخدم هذا الاختبار لدراسة الفرق بين المتوسط الحسابي للحرارة والأمطار لفترتين زمنيتين مختلفتين؛ الفترة الأولى: (1970-1989)، والفترة الثانية: (1990-2009)، لتحديد فيما إذا كان هناك فروق ذات دلالة إحصائية للكشف عن وجود اتجاه عام نحو التناقص أو الزيادة في الأمطار أو الحرارة ذي دلالة إحصائية.

استخدام نظام المعلومات الجغرافي (Geographic Information System)

تم تحويل بيانات الحرارة والأمطار إلى خرائط الراستر - المساحية الكمية لشمال الأردن؛ لإجراء التحليل المكاني لفترتين زمنيتين الأولى: الفترة (1970-1989) والثانية: الفترة (1990-2009)، للاستدلال منها على مؤشرات التغير المناخي، وذلك باستخدام أسلوب الاستكمال الداخلي (Interpolation) في برمجية نظم المعلومات الجغرافية (ARC GIS-ESRI, 2006).

مناخ منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن مناخ حوض البحر المتوسط الحار الجاف صيفا، والبارد الماطر شتاء، إلى الجنوب من المسارات الرئيسية للمنخفضات الجوية القادمة من أوروبا والتي تتجه نحو الشمال أو الشمال الشرقي، والتي تعتبر المسؤولة عن نحو (85%) من الأمطار السنوية (شحادة، 1990). تتصف منطقة الدراسة بوجود تباين في الظروف المناخية، ففي حين تمثل رأس منيف المناطق المرتفعة، تمثل الباقورة المناطق الغورية، وإريد مناطق السهوب، أما المفرق فهي تمثل المنطقة الانتقالية بين مناطق البادية الشرقية والمرتفعات الغربية. وتعد منطقة الدراسة جزءا من حوض البحر المتوسط، الذي يمتاز بأمطاره الشتوية وصيفه الحار الجاف، وتمتاز الخصائص البيئية لمنطقة الدراسة بتباينها المكاني والزمني رغم صغر مساحتها، إذ يتباين فيها المناخ، والتربة، والنبات الطبيعي. وتسود فيها أقاليم مناخية عدة، تمثل أقاليم بيئية تتفق في حدودها مع حدود الأقاليم الفيزيوجرافية والنباتية ونطاقات الترب والأقاليم الرعوية والزراعية (شحادة، 1990). تمتاز العناصر

الواقعة على منسوب (1150) متراً فوق مستوى سطح البحر بنحو (114) ملم عنها في إربد الواقعة على منسوب (616) متراً فوق مستوى سطح البحر، ونحو (191) ملم عنها في الباقورة الواقعة على منسوب (170) متراً تحت مستوى سطح البحر. ويمكن أثر عامل الموقع الفلكي في الفرق بين معدل الأمطار في كل من إربد والمفرق، فرغم أنهما تقعان على المنسوب نفسه تقريباً، إلا أن المعدل السنوي للأمطار في إربد يفوق المعدل السنوي للأمطار في المفرق - الواقعة إلى الشرق منها - بنحو (312) ملم، مما جعل المفرق أكثر بعداً عن تأثير البحر، والمسار الذي تسلكه المنخفضات الجوية.

كانون أول، كانون ثاني، وشباط. ويبدأ موعد موسم الأمطار مع بداية تكوّن المنخفضات الجوية في البحر المتوسط، وانحسار المرتفع الأوروبي نحو الجنوب، وتطوّر الجبهة المتوسطية (شحادة، 1990). كما تقل معدلات الأمطار في المفرق التي تقع إلى الشرق من منطقة الدراسة والتي تكون أكثر بعداً عن مسار المنخفضات الجوية، بينما تزداد الأمطار في الأجزاء الشمالية والغربية في كل من رأس منيف وإربد والباقورة. على الرغم من تماثل خطوط العرض لكل من إربد ورأس منيف والباقورة إلا أن ذلك لم يحلّ دون تباين كميات الأمطار في كل منها، إذ يزيد المعدل السنوي للأمطار في رأس منيف

الجدول (1)

المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجة الحرارة في شمال الأردن للفترة (1970-2009)

المحطة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
المفرق	7.4	8.7	11.7	16.3	20.3	22.9	24.6	24.6	23.1	19.5	13.6	8.8	16.8
الباقورة	13.3	14.1	16.6	20.9	25.0	28.4	30.4	30.8	29.0	25.4	19.8	14.9	22.4
رأس منيف	5.3	6.0	8.8	13.2	17.4	20.0	21.7	21.8	20.7	17.8	12.0	7.4	14.3
إربد	8.9	11.2	12.4	16.6	20.7	23.7	25.3	25.6	24.2	21.1	15.1	10.7	17.8

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية

الجدول (2)

المتوسطات الشهرية والسنوية للأمطار في محطات الدراسة للفترة (1970-2009):

المحطة	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
المفرق	34.1	32.2	25.1	7.8	1.7	0.1	0.0	0.0	0.3	5.8	18.9	27.8	153.8
الباقورة	90.0	78.3	54.7	20.7	4.7	0.3	0.0	0.0	0.4	14.2	45.0	80.5	388.8
رأس منيف	125.3	127.2	95.9	29.9	6.3	1.2	0.1	0.0	1.0	17.8	67.5	107.8	580.0
إربد	102.8	107.2	81.9	26.2	5.5	1.0	0.0	0.0	0.6	12.9	47.5	80.6	466.2

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأردنية

تحليل النتائج

استخدمت الدراسة الأمطار والحرارة السنوية لتحديد طبيعة الاتجاه العام للمعدلات السنوية للحرارة والأمطار في محطات الدراسة للفترة (1970-2009). وللحصول على النتائج السليمة استخدمت أكثر من طريقة إحصائية واحدة لتحديد الاتجاه العام وقياسه؛ لتكون كل طريقة اختباراً لمدى صحة الطرق الأخرى. فأى اتجاه عام حقيقي في الحرارة والأمطار، لا بد أن يظهر في أكثر من محطة مناخية واحدة، وإلا كان ناتجاً عن عامل الصدفة أو بفعل ظروف محلية خاصة، لهذا فإن ظهور الاتجاه

العام في محطات الدراسة يعتبر دليلاً على حقيقة ذلك الاتجاه (شحادة، 1978). أما أهم الطرق التي استخدمت في هذه الدراسة لتحديد الاتجاه العام في الكميات السنوية للأمطار وقياسه، والمعدلات السنوية لدرجة الحرارة، للفترة (1970-2009) في منطقة الدراسة، فهي على النحو الآتي:

1. المتوسطات السنوية المتحركة (Moving Averages)

المتوسطات السنوية المتحركة للأمطار

يلاحظ من خلال الأشكال (2، 3، 4، 5) لمنحنيات المتوسطات السنوية المتحركة للأمطار في شمال الأردن، أن

(1998-1999)، كما شهدت هبوطاً آخر منذ عام (2003) حتى نهاية فترة الدراسة.

- إريد: بقيت الأمطار حول المعدل من بداية فترة الدراسة حتى بداية عقد التسعينيات، حيث شهدت هبوطاً في كمياتها حتى عام (2003)، ثم أظهرت تناقصاً في كمياتها بعد عام (2003) حتى نهاية فترة الدراسة.

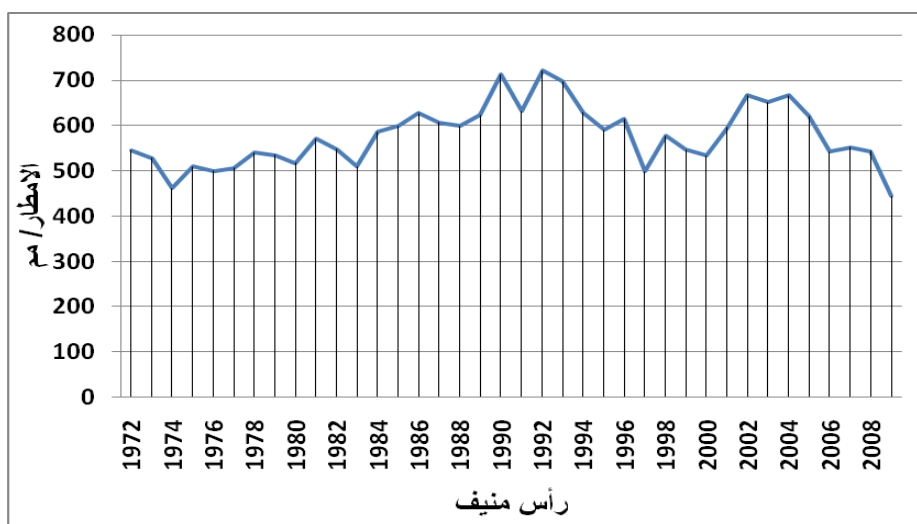
- المفرق: فقد شهدت أمطارها ارتفاعاً طفيفاً من بداية عقد السبعينيات حتى عام (1991) تخلصاً صعوداً وهبوطاً المنحني، ثم شهدت تراجعاً واضحاً من بداية عقد التسعينيات وتحديداً منذ عام (1989) حتى نهاية فترة الدراسة.

هناك انخفاضاً في الأمطار السنوية في محطات الدراسة خلال عقد التسعينيات وتحديداً في الفترة (1998-1999)، كما تبين أن هناك انخفاضاً آخر منذ عام (2003) حتى نهاية فترة الدراسة لجميع محطات الدراسة.

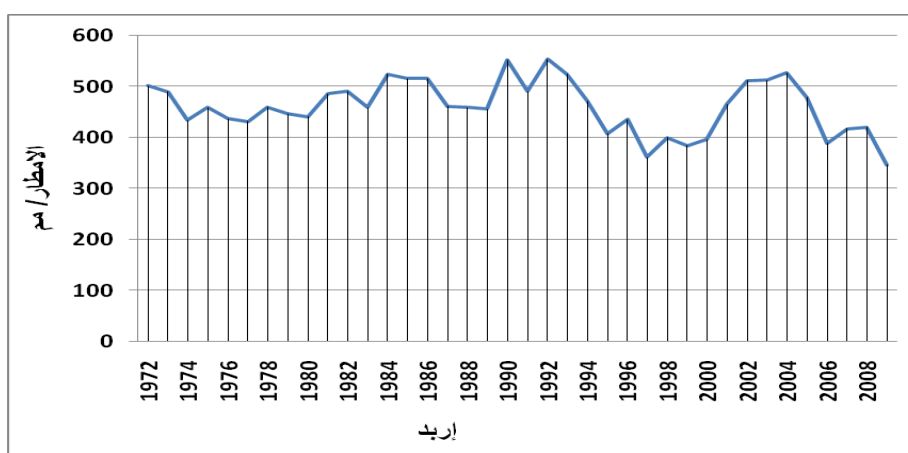
وذلك على النحو الآتي:

- رأس منيف: شهدت الأمطار ارتفاعاً طفيفاً في بداية فترة الدراسة حتى بداية عقد التسعينيات، ثم تناقصت خلال التسعينيات، ثم أظهرت تناقصاً آخر بعد عام (2003) حتى نهاية فترة الدراسة.

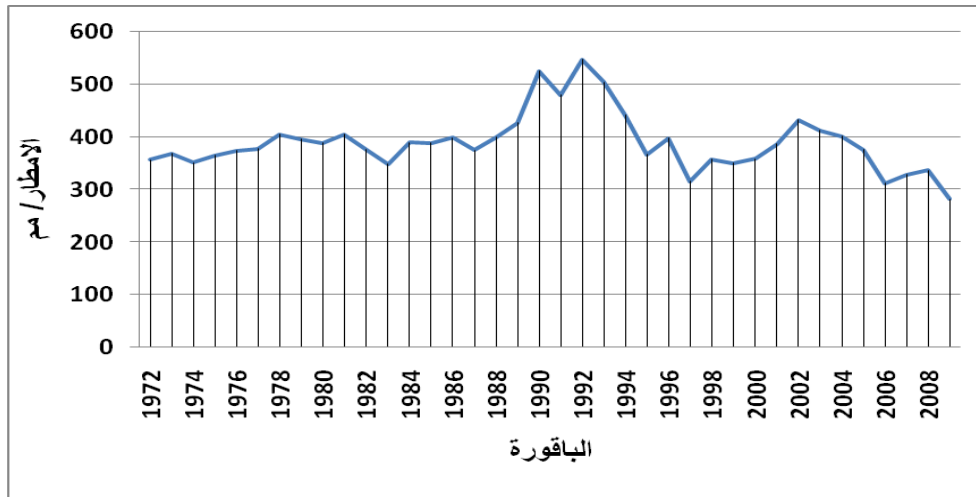
- الباقورة: بقيت الأمطار حول المعدل من بداية الفترة حتى عام (1987)، ثم شهدت هبوطاً في كمياتها للفترة



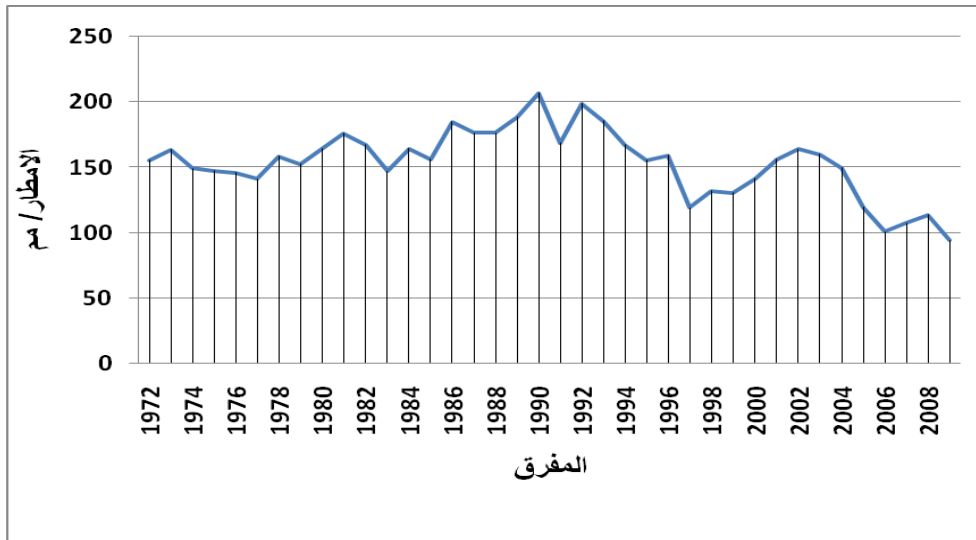
الشكل (2): المتوسطات المتحركة للأمطار السنوية في رأس منيف للفترة (2009-1970)



الشكل (3): المتوسطات المتحركة للأمطار السنوية في إربد للفترة (2009-1970)



شكل (4): المتوسطات المتحركة للأمطار السنوية في الباقورة للفترة 2009-1970



شكل (5): المتوسطات المتحركة للأمطار السنوية في المفرق للفترة (2009-1970).

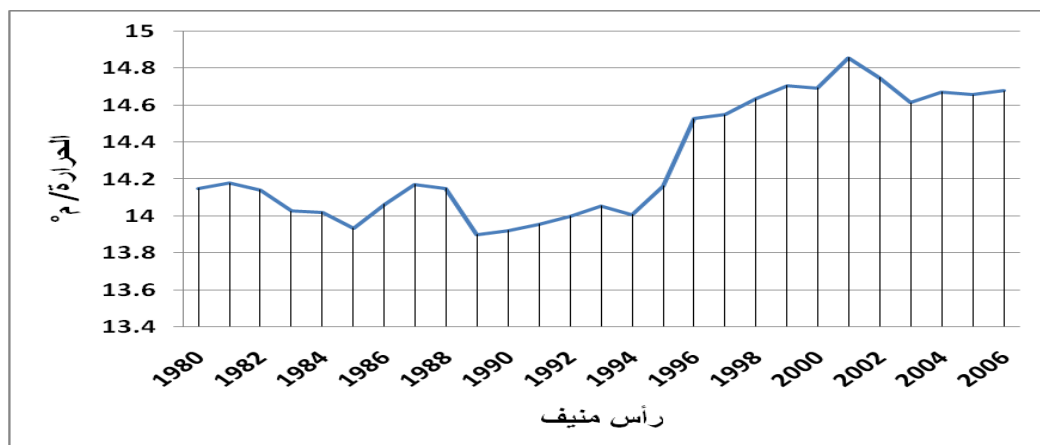
- يلاحظ من شكل (14) أن منطقة رأس منيف قد شهدت ارتفاعاً في معدلها السنوي لدرجة الحرارة خلال فترة الدراسة، ويظهر بوضوح خلال العقد الأخيرين من فترة الدراسة، اعتباراً من عام (1989) إذ ارتفع المعدل السنوي للحرارة من (13.9م°) إلى (14.8م°).
- وفي الباقورة يلاحظ من الشكل (15) أن ارتفاع المتوسط السنوي لدرجة الحرارة يبدو واضحاً اعتباراً من عقد التسعينيات، إذ ارتفع المعدل خلال الفترة (2001-1990) من (22م°) إلى (23.2م°).
- يلاحظ من شكل (16) ارتفاع المعدل السنوي لدرجة الحرارة في إربد ارتفاعاً طفيفاً من بداية فترة الدراسة حتى بداية عقد

المتوسطات المتحركة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة

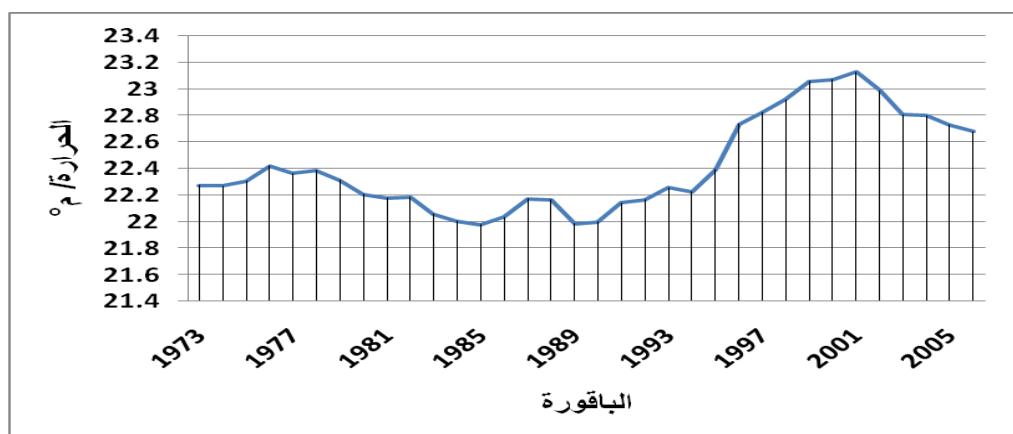
يلاحظ من الأشكال (6، 7، 8، 9) لمنحنيات المتوسطات المتحركة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة أن هناك اتجاهها واضحاً لارتفاع درجة الحرارة في جميع محطات الدراسة في شمال الأردن، إذ تبين أن هناك ارتفاعاً طفيفاً للحرارة منذ عام (1970) حتى بداية عقد التسعينيات، حيث شهدت ارتفاعاً ملحوظاً، استمر حتى نهاية الفترة الزمنية للدراسة (2009)، ويمكن القول إن بداية عقد التسعينيات شهدت تحولاً واضحاً في تزايد درجة الحرارة السنوية في مناطق الدراسة جميعها في شمال الأردن، وتحديدًا منذ عام (1989)، وذلك على النحو الآتي:

في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة يبدو واضحا للعيان منذ منتصف الثمانينيات حتى نهاية فترة الدراسة، إذ ارتفع المعدل من (14.4م°) إلى (17.3م°).

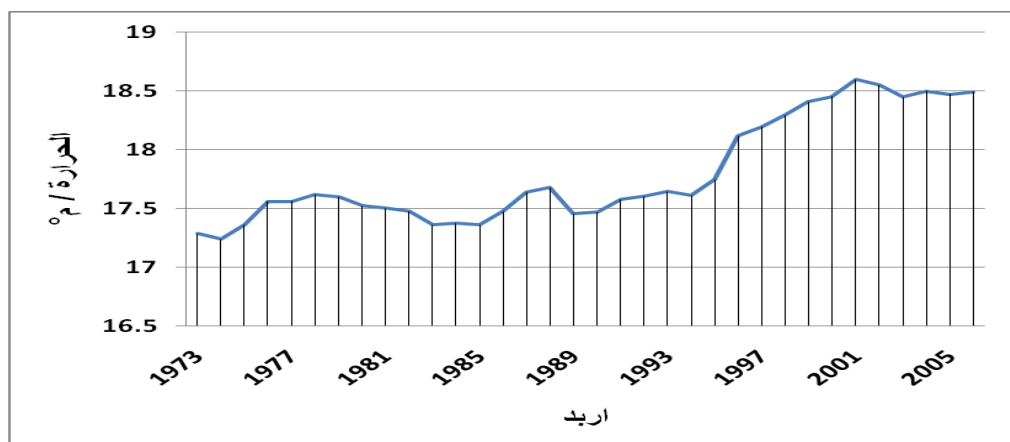
التسعينيات، حيث شهدت الحرارة ارتفاعا ملحوظا منذ عام (1989) وحتى نهاية فترة الدراسة، إذ ارتفع المعدل السنوي لدرجة الحرارة من (17.5م°) إلى نحو (20.3م°).
-أما في المرفق فيتبين من الشكل (17) أن الارتفاع



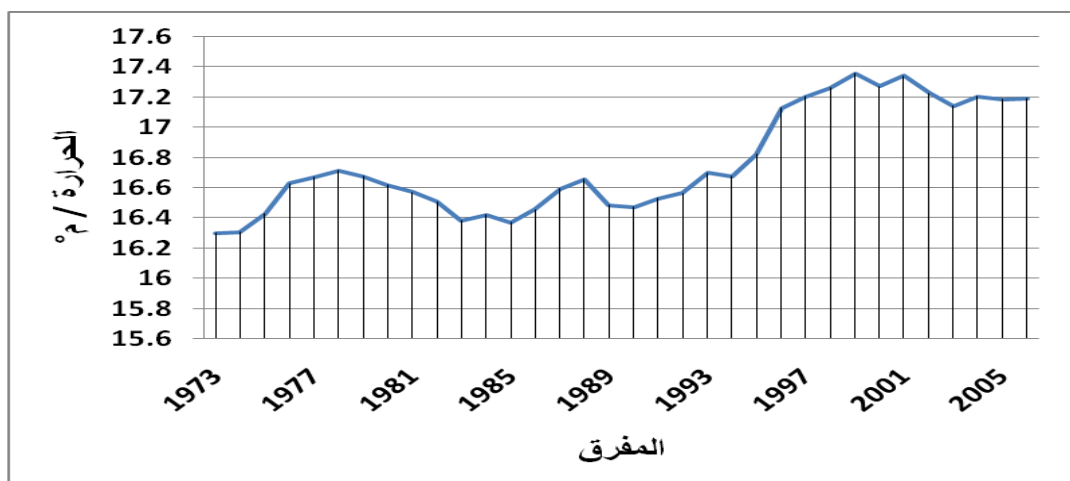
شكل (6). المتوسطات المتحركة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة في رأس منيف للفترة (1977-2009).



شكل (7): المتوسطات المتحركة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة في الباقورة للفترة (1977-2009).



شكل (8): المتوسطات المتحركة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة في إربد للفترة (1977-2009).



شكل (9): المتوسطات المتحركة للمعدل السنوي لدرجة الحرارة في المفرق للفترة (1970-2009).

أو للتناقص في كميات الأمطار، فمستوى الدلالة الإحصائية كان يفوق (0.05)، كما أن نسبة التباين المفسر (R^2) التي تتراوح قيمتها بين (0-1) كانت متدنية جداً لجميع الحالات، ففي الباقورة بلغت (0.000)، وهذا يعني وجود تفسير ضئيل لنموذج الانحدار في جميع محطات الدراسة.

يلاحظ من خلال الأشكال (10، 11، 12، 13) الاتجاه العام لكميات الأمطار السنوية للفترة (1970-2009)، الذي يمثل العلاقة الخطية بين المتغير التابع والمتغير المستقل على شكل خط انحدار للعلاقة الخطية بين السنة كمغير مستقل وكمية الأمطار كمغير تابع، والتي يتبين منها انخفاض الأمطار في كل من إربد، والمفرق، كما يتبين منها ارتفاع طفيف للأمطار في رأس منيف والباقورة.

2. نموذج الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression)

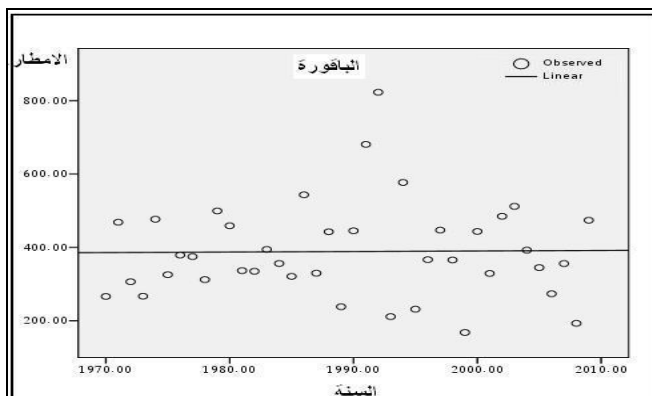
درجة التغير في كميات الأمطار السنوية

يبين الجدول (3) قيم الانحدار الخطي لكميات التساقط السنوية في محطات الدراسة (رأس منيف، إربد، الباقورة، المفرق)، ويتبين من خلال تحليل نموذج الانحدار الخطي لتلك المحطات وجود قيمة موجبة للتغير (b) تدل على زيادة الأمطار في كل من رأس منيف والباقورة، بمعدل (1.889) و (0.144) في السنة على التوالي، كما يبين أن هناك قيمة سالبة للتغير (b) تشير إلى تناقص الأمطار في كل من إربد، والمفرق، بمعدل (1.066)، (0.791) ملم في السنة على التوالي خلال فترة الدراسة. لكن ذلك ليس له أي دلالة إحصائية، سواء للزيادة

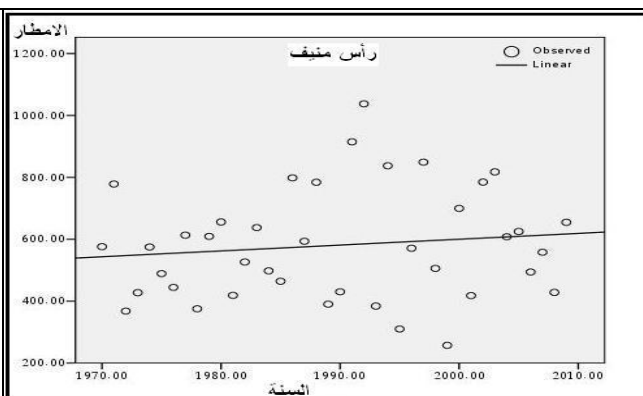
الجدول (3)

درجات تغير خط الانحدار البسيط في كمية الأمطار السنوية في محطات الدراسة للفترة (1970-2009):

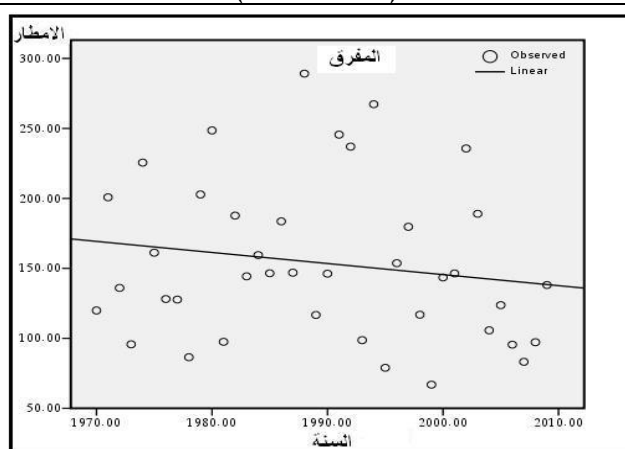
المحطة	درجة التغير (b)	قيمة t	نسبة التباين المفسر (R^2)	مستوى الدلالة (sig)
رأس منيف	1.889	0.768	0.015	0.447
إربد	-1.066	-0.536	0.008	0.595
الباقورة	0.144	0.080	0.000	0.937
المفرق	-0.791	-1.024	0.027	0.312



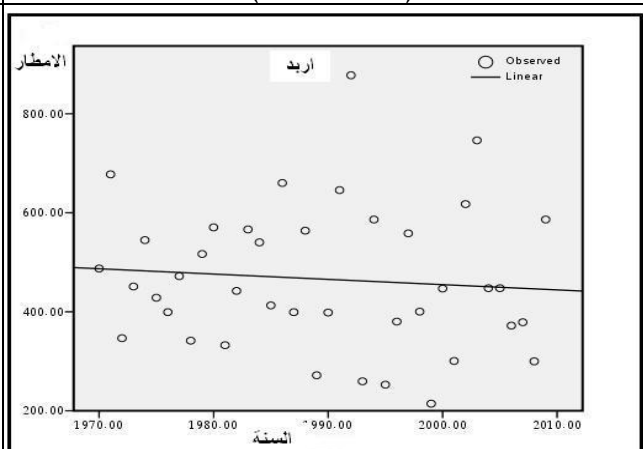
شكل 11. الاتجاه العام للأمطار السنوية في الباقورة للفترة (2009-1977)



شكل 10. الاتجاه العام للأمطار السنوية في رأس منيف للفترة (2009-1977)



شكل 13. الاتجاه العام للأمطار السنوية في المفرق للفترة (200-1977)



شكل 12. الاتجاه العام للأمطار السنوية في إربد للفترة (2009-1977)

الإحصائية باستخدام اختبار t (t test)، التي حسبت للتأكد من الدلالة الإحصائية لدرجات تغير الاتجاهات العامة في الحرارة السنوية، حيث يبدو الاتجاه الحديث بأنه ذو دلالة إحصائية في محطات الدراسة جميعها.

تبين من خلال تحليل نموذج الانحدار الخطي البسيط لمحطات الدراسة وجود قيم موجبة للتغير في معامل الانحدار (b)، تدل على زيادة درجة الحرارة السنوية في جميع محطات الدراسة في شمال الأردن، بمستوى دلالة إحصائية أقل من (0.05) لجميع المحطات، إذ بلغت (0.24) م²، (0.017) م²، (0.020) م²، (0.028) م²، في السنة على التوالي خلال فترة الدراسة، في كل من (رأس منيف، إربد، الباقورة، المفرق) على التوالي، وهي بذلك تدل على أن هناك زيادة في درجة الحرارة السنوية ذات دلالة إحصائية. كما أن نسبة التباين المفسر (R^2) تراوحت قيمها بين (0.171) في رأس منيف، وهي بذلك تدل على وجود تفسير لنموذج الانحدار في جميع محطات الدراسة.

درجة التغير في المعدل السنوي لدرجة الحرارة

يمثل خط الانحدار المستقيم معدل الزيادة أو التناقص في الاتجاه العام، حيث تم حساب خط الانحدار المستقيم للمعدل السنوي لدرجة الحرارة في محطات الدراسة كل محطة على حدة. وتدل نتائج تحليل خطوط الانحدار المستقيمة للحرارة السنوية على أنه قد طرأ ارتفاع ملحوظ على المعدل السنوي لدرجة الحرارة في شمال الأردن في الأربعين سنة الماضية للفترة (2009-1970)، وأن معدل التزايد يبدو أكثر وضوحاً في بعض المناطق منه في بعض الآخر.

يظهر من الجدول (4) الذي يبين درجات تغير الاتجاهات الحرارية السنوية في العقود الأربعة الأخيرة- أنه يوجد اتجاه حراري واحد يتمثل في تزايد الحرارة خلال هذه الفترة تزايداً واضحاً في شمال الأردن، وهذا الانتشار الواسع لهذا الاتجاه الحديث في الحرارة دليل قوي على وجود الاتجاه فعلاً في جميع المحطات المدروسة. إن درجات التغير في الاتجاهات الحرارية الحديثة في محطات الدراسة قد جرى اختبار دلالاتها

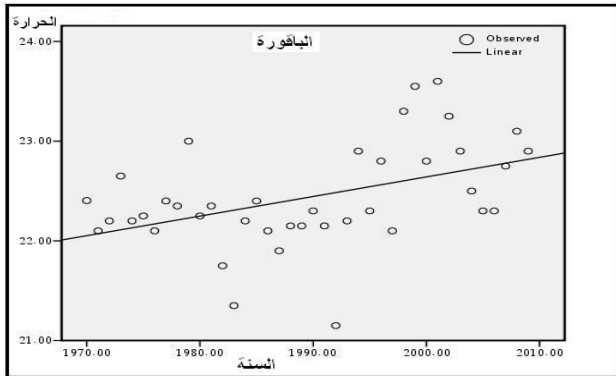
الجدول (4)

درجات تغير خط الانحدار البسيط في المعدل السنوي لدرجة الحرارة في محطات الدراسة للفترة (1970-2009)

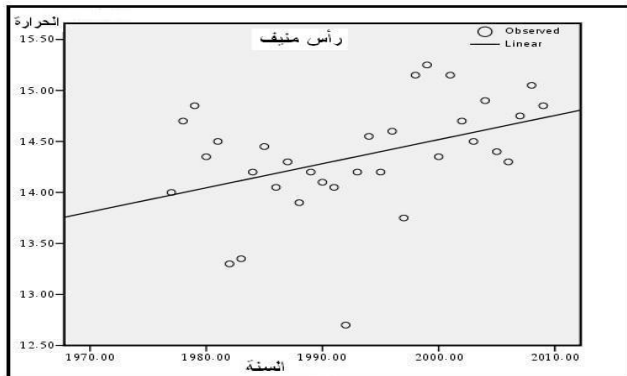
المحطة	درجة التغير (b)	قيمة (t)	نسبة التباين المفسر (R^2)	مستوى الدلالة (sig)
رأس منيف	0.024	2.525	0.171	0.017
إربد	0.017	3.762	0.271	0.001
الباقورة	0.020	3.044	0.196	0.004
المفرق	0.028	4.532	0.351	0.000

التابع- درجة الحرارة، وهو اتجاه صاعد في جميع محطات الدراسة وذلك يدل على أن هناك تزايداً واضحاً في درجة الحرارة السنوي في شمال الأردن.

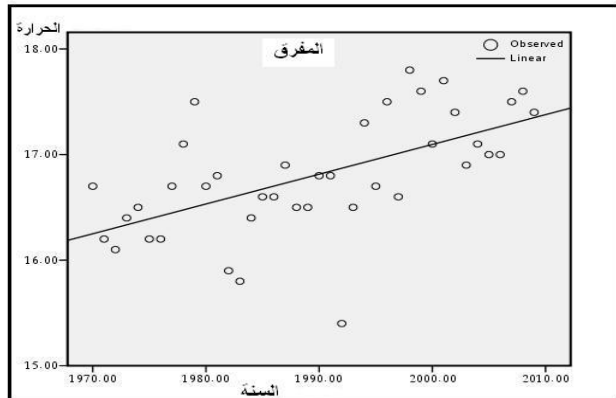
وتظهر الأشكال (14، 15، 16، 17) الاتجاه العام للمعدل السنوي لدرجة الحرارة في شمال الأردن للفترة (1970-2009)، الذي يمثل العلاقة الخطية بين المتغيرين على شكل خط انحدار للعلاقة الخطية بين المتغير المستقل- السنة والمتغير



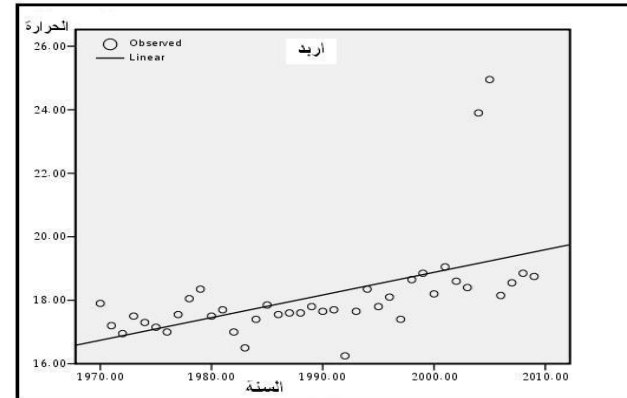
شكل 15. الاتجاه العام للحرارة السنوية للباقورة للفترة (2009-1970)



شكل 14. الاتجاه العام للحرارة السنوية في رأس منيف للفترة (2009-1970)



شكل 17. الاتجاه العام للحرارة السنوية في المفرق للفترة (2009-1970)



شكل 16. الاتجاه العام للحرارة لسنوية في إربد للفترة (2009-1970)

الفرق بين المتوسطات الحسابية في فترات زمنية مختلفة (اختبار t)

يمكن الكشف عن وجود اتجاه عام نحو التناقص أو الزيادة في الأمطار أو الحرارة عند قسمة البيانات المناخية في كل محطة إلى قسمين أو فترتين، ثم حساب المعدل العام لكل فترة للمقارنة بين المعدلين، فإذا كان الفرق بينهما ذا دلالة إحصائية، فإنه يمكن القول إنه يوجد اتجاه حقيقي للتغير في الحرارة أو الأمطار. وقد قسمت البيانات السنوية الحرارة والأمطار في كل محطة من محطات الدراسة إلى فترتين؛ الأولى: (1970-1989)، والفترة الثانية: (1990-2009)، وقد اختير عام (1990) كنقطة قطع بين الفترتين، بعدما تبين من تحليل منحنيات المتوسطات المتحركة احتمال أن تكون بداية عقد التسعينيات من القرن الماضي قد شهدت تحولا ملحوظا في الاتجاه العام للحرارة والأمطار في شمال الأردن. كما استخدم اختبار (t) للمقارنة بين المتوسطات الحسابية لكميات الأمطار ودرجات الحرارة للفترة (1970-2009).

الفرق بين المتوسطات الحسابية للأمطار السنوية

يلاحظ من الجدول (5) إن المتوسط السنوي لكميات التساقط بين الفترتين، قد ارتفع في محطتي رأس منيف والباقورة خلال الفترة الثانية، ليكون الفرق بين المتوسطين للفترتين (58.105) و (34.33) على التوالي. أما المحطات الأخرى؛ إربد، المفرق، فيلاحظ انخفاض المتوسط السنوي لكميات الأمطار في الفترة الثانية عنه في الفترة الأولى، حيث بلغ الفرق بين المتوسطات لتلك المحطات (10.35)، (12.795)، على التوالي.

يستدل من خلال اختبار ت (t) أن ازدياد الفرق بين

المتوسطات الحسابية للأمطار في رأس منيف وإربد، أو تراجعها في المحطات الأخرى ليس له أي دلالة إحصائية، حيث إن مستوى الدلالة الإحصائية لجميع الاختبارات كان أكبر من (0.05)، أما فيما يتعلق بمعامل الاختلاف (Coefficient of Variation) الذي يستخدم في تقدير مدى تفاوت الأمطار، فإنه ازداد في الفترة الثانية عنه في الفترة الأولى للأمطار لجميع المحطات، ويمكن أن يستدل من ذلك على ظهور زيادة طفيفة في تفاوت الأمطار خلال فترة الدراسة في شمال الأردن.

الفرق بين المتوسطات الحسابية لدرجة الحرارة السنوية

يلاحظ من الجدول (6) الذي يبين الفترتين الأولى والثانية، أن هناك فروقا في متوسط درجة الحرارة السنوية في جميع محطات الدراسة تعزى إلى الفترة الثانية، إذ ازداد متوسط الحرارة السنوية في الفترة الثانية عنه في الفترة الأولى، فقد بلغ أعلاه في إربد ليبلغ (1.3175م°)، بينما في بقية المحطات كانت الفروق أقل من درجة مئوية واحدة في كل من رأس منيف، والباقورة، إذ بلغت (0.5825) م°، (0.4448) م° على التوالي.

وجميع الفروق كانت ذات دلالة إحصائية، إذ كان مستوى الدلالة أقل من (0.05)، فبلغ (0.001) في رأس منيف، (0.010) في إربد، (0.006) في الباقورة، (0.001) في المفرق، مما يعني أن هناك ارتفاعا ملحوظا في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في جميع محطات الدراسة. أما بالنسبة لمعامل الاختلاف (CV) فإنه يظهر ارتفاعا لصالح الفترة الثانية لجميع محطات الدراسة باستثناء رأس منيف، ليصبح دليلا آخر على ارتفاع متوسط درجة الحرارة، وزيادة تفاوتها في شمال الأردن خلال فترة الدراسة (1970-2009).

الجدول (5)

الفرق بين معدلات الأمطار في الفترة الأولى (1970-1989) والفترة الثانية (1990-2009):

المحطة	الفترة	عدد السنوات	المتوسط السنوي للأمطار	معامل الاختلاف	قيمة t	درجات الحرية	مستوى الدلالة	فرق المتوسط
رأس منيف	الأولى	20	551.08	24.47	-1.029	32.087	0.311	58.105
	الثانية	20	609.18	35.03				
إربد	الأولى	20	471.24	23.16	0.225	31.868	0.824	10.35-
	الثانية	20	460.89	37.92				
الباقورة	الأولى	20	371.65	22.79	-0.834	28.506	0.411	34.33
	الثانية	20	405.98	40.28				
المفرق	الأولى	20	160.24	33.22	0.712	38	0.481	12.795-
	الثانية	20	147.45	40.83				

الجدول (6)

الفرق بين المتوسطات السنوية لدرجة الحرارة للفترتين الزمنية (1989-1970) و (2009-1990)

المحطة	الفترة	عدد السنوات	المتوسط السنوي لدرجة الحرارة	معامل الاختلاف	قيمة (t)	درجات الحرية	مستوى الدلالة	فرق المتوسط
رأس منيف	الأولى	17	14.071	2.76	3.52-	31	0.001	0.5825
	الثانية	16	14.653	3.63				
إربد	الأولى	20	17.473	2.46	2.828-	20.687	0.01	1.3175
	الثانية	20	18.79	3.85				
الباقورة	الأولى	20	22.213	1.48	2.971-	30.008	0.006	0.4448
	الثانية	20	22.658	2.57				
المفرق	الأولى	20	16.493	2.39	3.797-	38	0.001	0.5725
	الثانية	20	17.065	3.20				

وفي الأجزاء الممتدة لوادي الأردن، يتراوح المتوسط بين (20-25) م°.

أما الشكل (21) فيلاحظ منه ارتفاع المتوسط السنوي لدرجة الحرارة للفترة (2009-1990) في أجزاء المنطقة كافة، كما يلاحظ تراجع مساحة النطاق الممثل لأقل المتوسطات التي تراوحت بين (12-14) م°، الذي يتركز في وسط المنطقة قرب رأس منيف. كما يلاحظ أن بقية النطاقات قد ازدادت قيم المتوسطات التي تمثلها درجة مئوية واحدة، كما يلاحظ اتساع وامتداد النطاقات الممتدة لأعلى المتوسطات في الأجزاء الشمالية الغربية والشرقية، الأمر الذي يدل على زيادة المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في منطقة الدراسة في الفترة الثانية للدراسة.

عدد السنوات التي تزيد أو تقل عن المعدل العام

دلّت الطرق الإحصائية التي استخدمت في هذه الدراسة لتحليل منحنيات الحرارة والأمطار السنوية في شمال الأردن؛ بقصد الكشف عن اتجاه عام مشترك أو اتجاهات محلية على تزايد ملحوظ في الحرارة السنوية في شمال الأردن في الأربعين سنة الأخيرة للفترة (2009-1970). كما كشفت عن تناقص في الأمطار السنوية في محطتي (المفرق وإربد)، وتزايد طفيف في محطتي (رأس منيف والباقورة)، غير أن تلك الزيادة في الأمطار السنوية، لم يكن لها أي دلالة إحصائية.

لقد كان لذلك انعكاسات مهمة على عدد السنوات التي تكون فيها الأمطار السنوية أعلى من المعدل العام للفترتين، بحيث تناقص عددها تناقصا ملحوظا بالنسبة للفترة الثانية (2009-1990) في إربد، المفرق. ويبين الجدول (7) عدد السنوات التي كانت الأمطار السنوية فيها أعلى من المعدل في

الفرق بين المتوسطات السنوية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

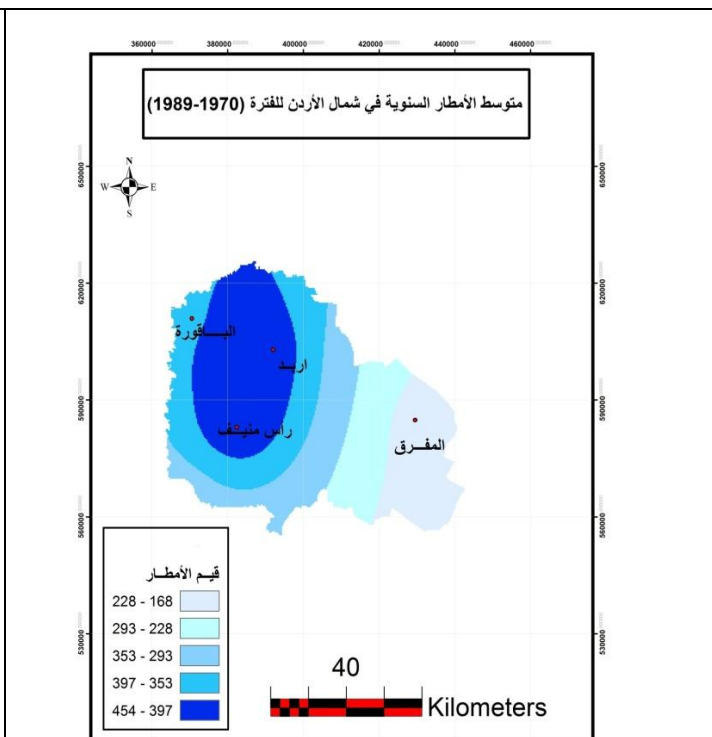
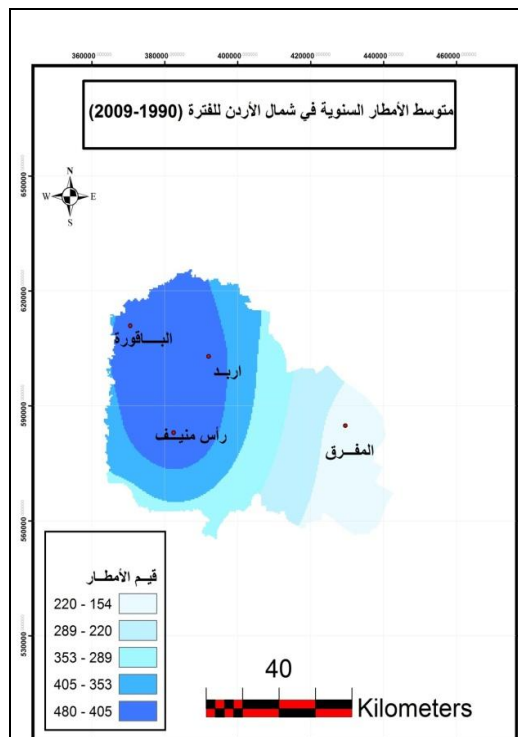
1. المتوسط السنوي للأمطار لفترتين زمنيتين (1970-1989) و (2009-1990)

يلاحظ من الشكل (18) الذي يمثل الفترة الأولى (1970-1989) أن النطاقات الممتدة لأعلى قيم الأمطار، تتركز في الأجزاء الوسطى والشمالية التي تتراوح كمياتها المقدرة بين (397 و 425) ملم، ويلاحظ انخفاض كمياتها بالاتجاه جنوبا أو شرقا، حيث تصل أقل كمياتها في الأجزاء الجنوبية الشرقية في المفرق، إذ تراوحت كمياتها بين (168 و 228) ملم. أما في الفترة الثانية (2009-1990) فيلاحظ من الشكل (19) زيادة النطاق الممثل لأعلى كميات الأمطار؛ ليشمل الأجزاء الشمالية الغربية التي تراوحت كمياتها بين (405 و 480) ملم، وبالانتقال جنوبا وشرقا فيلاحظ تناقص كمياتها عن الفترة الأولى في المفرق التي تراوحت كمياتها بين (154 و 220) ملم، الأمر الذي يدل على تناقص الأمطار في معظم أجزاء منطقة الدراسة، مع تزايد كمياتها في الأجزاء الوسطى والشمالية الغربية بشكل طفيف.

2. المتوسط السنوي لدرجة الحرارة لفترتين زمنيتين (1970-1989) و (2009-1990)

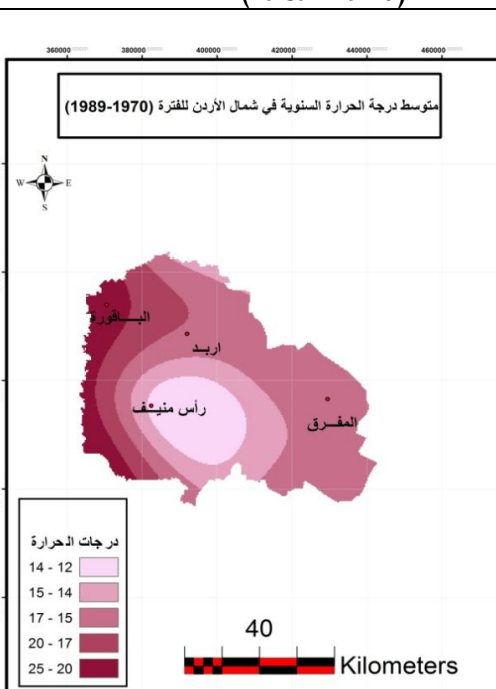
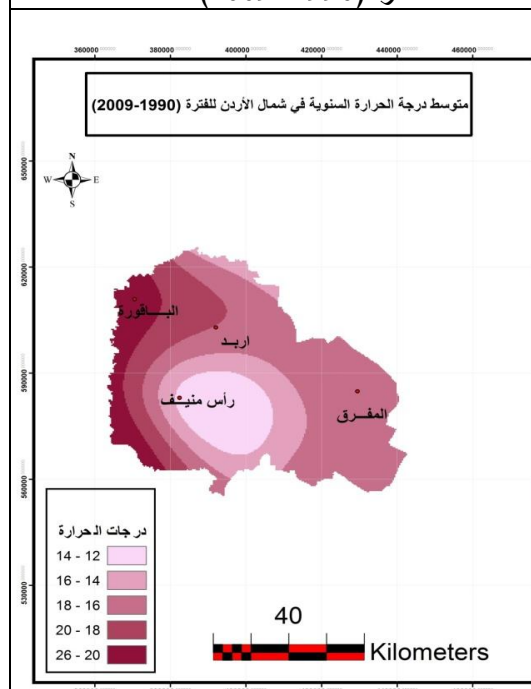
يلاحظ من الشكل (20) أن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة للفترة (1989-1970) ينخفض في وسط المنطقة قرب رأس منيف؛ إذ يتراوح بين (12-14) م°، ثم يرتفع المتوسط بالابتعاد عن الأجزاء الوسطى لمنطقة الدراسة، ففي الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية، يتراوح المتوسط بين (15-17) م°،

الفترتين الأولى والثانية، وتبدو النسبة المئوية لعدد السنوات التي كانت الأمطار فيها أعلى من المعدل العام.



شكل (18): المتوسط السنوي للأمطار في شمال الأردن للفترة (1989-1970)

شكل (19): المتوسط السنوي للأمطار في شمال الأردن للفترة (2009-1990)



شكل (20): المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في شمال الأردن للفترة (1989-1970)

شكل (21): المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في شمال الأردن للفترة (2009-1990)

الأخيرة في محطات الدراسة في شمال الأردن دون استثناء. إن يمكن القول إن العشرين سنة الأخيرة (النصف الثاني) من فترة الدراسة، قد شهدت تحولاً ملحوظاً في الأمطار والحرارة السنوية في المحطات المدروسة في شمال الأردن. فالأساليب الإحصائية المتعددة التي استخدمت في هذه الدراسة كشفت عن تناقص في الأمطار السنوية في (إربد والمفرق)، كما شهدت ارتفاعاً في الحرارة السنوية في جميع المحطات المدروسة دون استثناء، مما يدل على أن هناك اتجاهًا واضحاً نحو التغير في المناخ في شمال الأردن فيما يتعلق بعنصري الحرارة والأمطار.

إذا كان المعدل السنوي للحرارة قد أصبح في العشرين سنة الأخيرة أعلى منه في العشرين سنة الأولى للفترة (1970-2009)، فلا بد أن يكون له انعكاسات مهمة على عدد السنوات التي تكون فيها الحرارة أعلى من المعدل العام للفترة؛ بحيث تزايد عددها تزايداً ملحوظاً. ويبدو من جدول (8) عدد السنوات التي كانت الحرارة فيها أعلى من المعدل في الفترتين الأولى والثانية، كما تبدو النسبة المئوية لعدد السنوات التي كانت الحرارة فيها أعلى من المعدل العام. ويظهر أيضاً من الجدول نفسه أن عدد السنوات التي كانت فيها الحرارة السنوية أعلى من المعدل، قد تزايد تزايداً كبيراً في العشرين سنة

الجدول (7)

عدد السنوات التي تزايد فيها الأمطار عن المعدل العام في الفترة الأولى والثانية ونسبها المئوية:

المحطة	عدد السنوات 40		النسبة المئوية (%)	
	الفترة الأولى 1989-1970	الفترة الثانية 2009-1990	الفترة الأولى	الفترة الثانية
رأس منيف	8	10	40	50
إربد	10	7	50	35
الباقورة	7	10	35	50
المفرق	9	7	45	35

الجدول (8)

عدد السنوات التي تزايد فيها الحرارة عن المعدل العام في الفترة الأولى والثانية ونسبها المئوية:

المحطة	عدد السنوات 40		النسبة المئوية (%)	
	الفترة الأولى 1989-1970	الفترة الثانية 2009-1990	الفترة الأولى	الفترة الثانية
رأس منيف	4	12	23.5	75
إربد	1	13	5	65
الباقورة	2	12	10	60
المفرق	4	15	20	75

ملخص النتائج والتوصيات

يمكن إجمال أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة على النحو الآتي

1. هناك تزايد ملحوظ في الحرارة السنوية في شمال الأردن خلال الفترة (1970-2009)، كما إن (النصف الثاني) من فترة الدراسة، شهد تحولاً ملحوظاً في الأمطار والحرارة السنوية في المحطات المناخية في شمال الأردن. فالأساليب الإحصائية المتعددة التي استخدمت في هذه الدراسة كشفت عن

تناقص في الأمطار السنوية في محطتي (المفرق وإربد)، وتزايد طفيف في محطتي (رأس منيف والباقورة)، غير أن تلك الزيادة في الأمطار السنوية لم يكن لها أي دلالة إحصائية. كما شهدت ارتفاعاً في الحرارة السنوية في جميع المحطات المدروسة دون استثناء؛ مما يدل على أن هناك اتجاهًا واضحاً نحو التغير في المناخ في شمال الأردن فيما يتعلق بعنصري الحرارة والأمطار.

2. بينت منحنيات المتوسطات السنوية المتحركة

سنة الأخيرة في محطتي إربد و المفرق، بينما ارتفع في محطتي رأس منيف والباقورة.

ازداد عدد السنوات التي تكون فيها الحرارة أعلى من المعدل العام في الفترة الثانية (1990-2009)، عنها في الفترة الأولى (1970-1989)؛ مما يؤكد الزيادة في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة.

التوصيات

تقترح الدراسة وتوصي بما يأتي:

1. زيادة عدد المحطات المناخية في الأردن، مع تسهيل الحصول على البيانات المناخية للدارسين والباحثين. وتوفير البيانات الدقيقة، كالبيانات المناخية، وبيانات التربة، والنباتات، والمياه، بحيث تكون متاحة للدارسين والباحثين والمهتمين وأصحاب العلاقة، وتوجيه الدراسات نحو الدراسات البيئية والمناخية المعنية بتغير المناخ والجفاف، والعجز المائي والموارد المائية والجفاف والتصحر.

2. تبني برامج توعية مجتمعية حول استثمار الموارد المائية المتاحة في المنطقة وخاصة الأمطار من خلال إنشاء المشاريع المائية الصغيرة، ومشاريع الحصاد المائي، كالبرك والسدود الترابية والآبار، وذلك للاستفادة أكثر ما يمكن من مياه الأمطار، مع ضرورة التعاون والتنسيق بين الجهات المختصة في هذا المجال كوزارة الزراعة، ووزارة المياه والري، ووزارة البيئة، والقوات المسلحة، ودائرة الأرصاد الجوية، وسلطة المصادر الطبيعية، والجامعات الأردنية. وتعاون تلك المؤسسات والهيئات ذات العلاقة على تبني سياسة مائية تعمل على تنظيم الموارد المائية وإدارتها بكفاءة؛ بما يتناسب مع المتطلبات المائية.

3. تغيير أساليب الري المتبعة لتصبح أكثر كفاءة وفاعلية، وذلك باستخدام أفضل أساليب الري التي تقلل من الفاقد المائي بالتبخّر كالري بالتنقيط، إضافة إلى تبني برامج توعية دورية حول أساليب التعامل مع الجفاف بأنواعه المختلفة، وحول كيفية استخدام المياه بكفاءة وفاعلية في الأغراض المختلفة.

4. إعادة تدوير المياه المستخدمة في الزراعة والمنازل والصناعة في شمال الأردن، وتحديد الأوقات المناسبة للري بحيث يفيد النبات من الري، ويقلل من الفاقد.

للأمطار في شمال الأردن، أن هناك انخفاضاً في الأمطار السنوية في محطات الدراسة خلال عقد التسعينيات، وتحديدًا في الفترة (1983-1998)، كما تبين أن هناك انخفاضاً آخر منذ عام (2003) حتى نهاية فترة الدراسة لجميع محطات الدراسة.

3. دلت نتائج اختبار ت (t test)، على وجود اتجاه عام نحو الزيادة في درجة الحرارة السنوية ذي دلالة إحصائية في محطات الدراسة جميعها، وخاصة في الفترة الثانية (1989-2009). إذ زادت المتوسطات السنوية للحرارة نحو درجة مئوية واحدة في إربد، بينما ازدادت نحو نصف درجة مئوية في بقية المحطات.

4. تبين من خلال تحليل نموذج الانحدار الخطي عن وجود قيم موجبة للتغير (b) تدل على زيادة الأمطار في كل من رأس منيف والباقورة، بمعدل (1.889) و (0.144) ملم في السنة على التوالي، وأن هناك قيمًا سالبة للتغير (b) تشير إلى تناقص الأمطار في إربد والمفرق بمعدل (1.066) ملم و (0.791) ملم في السنة، من دون أن يكون لذلك أي دلالة إحصائية سواء للزيادة أو للتناقص في كميات الأمطار.

5. تبين من خلال تحليل نموذج الانحدار الخطي البسيط وجود قيم موجبة للتغير في معامل الانحدار (b)، تدل على زيادة درجة الحرارة السنوية في جميع محطات الدراسة في شمال الأردن، بمستوى دلالة إحصائية، بلغت ؛ (0.24)، (0.017)، (0.020) مه، (0.028) في السنة في كل من (رأس منيف، إربد، الباقورة، المفرق) على التوالي.

6. تبين من تحليل الفرق بين المتوسطات الحسابية للأمطار السنوية (اختبار t)، أن المتوسط السنوي لكميات التساقط بين الفترتين، قد ارتفع في رأس منيف والباقورة خلال الفترة الدراسة الثانية (1989-2009)، بينما انخفض المتوسط السنوي لكميات الأمطار في الفترة الثانية عنه في الفترة الأولى في إربد و المفرق من دون أن يكون له أي دلالة إحصائية.

7. ازداد معامل الاختلاف (CV) في الفترة الثانية (1990-2009) عنه في الفترة الأولى (1970-1989) لجميع المحطات لكل من الحرارة والأمطار، ويمكن أن يستدل من ذلك على تفاوت درجة الحرارة، مع ظهور زيادة طفيفة في تفاوت الأمطار خلال فترة الدراسة في شمال الأردن.

8. تناقص عدد السنوات التي كانت الأمطار السنوية فيها أعلى من المعدل في الفترتين الأولى والثانية في العشرين

المصادر والمراجع

المراجع العربية

- X., Held. I., Jones. R., Kolli. R.K., Kwon. W-T., Laprise. R., Rueda.V.M., Mearns. L., Menéndez. C.G., Räisänen. J., Rinke. A., Sarr. A. and Whetton. P. (2007). *Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Hamdi.M.,Abu-Allaban.M., Al-Shayeb.A., Jaber.M., and Momani.N. (2009). Climatic Change in Jordan: A Comprehensive Examination Approach, *American Journal of Environmental Sciences*, 5(1): 58-68.
- Issar, A. (1996). Climate Change: Is It a Positive or Negative Process, A Presentation made at the UNU Headquarters on July 15th, 1996, 13 pages.
- Kafle. H.and Bruins.H. (2009). *Climatic trends in Israel 1970–2002: warmer and increasing aridity inland, Climatic Change*: 96:63–77.
- Karas, J. Climatic Change and the Mediterranean.
- Krown. (1966). An Approach to Forecasting Seasonal Rainfall in Israel , *Journal of Applied Meteorology*, v (1).
- Ministry of Irrigation, (2009). *Jordan Water Strategy 2008-2022- Water for Life*, Amman.
- O'noI.B. and Semazzi.F. (2009). Regionalization of Climate Change Simulations over the Eastern Mediterranean, *Journal of Climate*, Volume 22: 1944-1961.
- Oroud. IM. (2008). The impacts of climate change on water resources in Jordan. In: Zereini F. Hotzl H (eds) *Climate changes and water resources in the Middle East and North Africa*. Springer, Environmental Science and Engineering, Berlin.
- Pederson.D. (2008). *Will climate change reduce or Increase Middle East Rainfall, Green Report*, H.44.
- Shehadeh. Numan. (1995). Simulation of Water Requirement and Moisture Consumption in Northern Jordan, *Bulletin of Arab Research and Studies*, Vol.24.
- بحيري، صلاح الدين، (1991)، *جغرافية الأردن*، الطبعة الثانية، عمان، الأردن.
- برنامج الأمم المتحدة للبيئة، تغير المناخ، (1991)، بالتعاون مع المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم- دار العلوم، تونس.
- دائرة الأرصاد الجوية، (2000)، *السلاسل الزمنية للمعدلات الشهرية لبعض عناصر الطقس في الأردن*، عمان الأردن.
- دائرة الأرصاد الجوية، (2010)، *النشرة السنوية للمعلومات المناخية في الأردن*، الأعداد (2000-2009) عمان، الأردن.
- شحادة، نعمان، (2012، ب)، *مناخ الأردن في القرن الحادي والعشرين*، كتاب قيد الطباعة.
- شحادة، نعمان، (2012، أ)، *مناخ الأردن: الماضي والحاضر والمستقبل*، دراسة معدة للنشر.
- شحادة، نعمان (1985)، *فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط و آسيا العربية*، دراسات، المجلد 12، العدد 7.
- شحادة، نعمان (1991، ب)، *مناخ الأردن*، الطبعة الأولى، عمان، الأردن.
- شحادة، نعمان، (1978) *الاتجاهات العامة و الحديثة للحرارة في بلاد الشام*، دراسات، مجلد 5، عدد 2، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- شحادة، نعمان، (1991، أ)، *الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن*، دراسات، مجلد 5، عدد 1، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- شحادة، نعمان، (1997)، *الأساليب الكمية في الجغرافية باستخدام الحاسوب*، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، دار صفاء للنشر والتوزيع.
- شحادة، نعمان، (2009)، *علم المناخ*، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، دار الصفاء للطباعة والنشر.
- شحادة، نعمان، (2011)، *التحليل الإحصائي في الجغرافيا والعلوم الاجتماعية*، الطبعة الأولى، عمان، الاردن، دار الصفاء للطباعة والنشر.
- موسى، علي، (2006، أ)، *موسوعة الطقس والمناخ*، الطبعة الأولى، دمشق، سوريا، نور للطباعة والنشر والتوزيع.
- موسى، علي، (2006، ب)، *الأساليب الكمية في الجغرافية*، دمشق، سوريا، منشورات جامعة دمشق.

المراجع الأجنبية

Christensen, J.H., Hewitson. B., Busuioc. A., Chen. A., Gao.

Climate Change Indicators in the North of Jordan

*Mohammad A. Zytoon, No'man A. Shehadeh**

ABSTRACT

This study investigates the indicators of climate change through analyzing of the direction of change in the annual temperature and rainfall averages in the north of Jordan during the period (1970 – 2009). The researcher used monthly and annual data of rainfall and temperatures averages in the climate stations mainly in (Rass Muneef, Al-Bakura, Irbid and Mafraq). The direction of climate change in region in terms of temperature and rainfall was investigated through using a number of statistical methods such as simple linear regression, T-test, triple and quintet moving averages, annual accumulative differences as well as using geographic information system and spatial maps to compare between two periods of time.

All of the statistical methods that were used in analyzing the climate change in the north of Jordan revealed that there was a noticeable increase in the annual temperature averages during the period (1970 – 2009), specifically; during the next phase of the study i.e. (1989 – 2009). In addition, the study demonstrated that there was an annual decrease in rainfall in Mafraq and Irbid climate stations, and a slight increase in Rass Muneef and Al-Baqura climate stations, however the increase in the annual rainfall was not statistically significant.

Keywords: climate change, the climate of Jordan, the north of Jordan.

*Ministry of Education; and Faculty of Arts, The University of Jordan, Amman. Received on 12/2/2014 and Accepted for Publication on 25/2/2015.