

اتجاهات التغير في سلاسل الهطولات السنوية والفصلية في بعض مواقع المنطقة الساحلية في سورية

الدكتور طاهر شيخو*

(تاريخ الإيداع 16 / 12 / 2013. قبل للنشر في 21 / 9 / 2014)

□ ملخص □

تم في هذه الدراسة تقدير التغير في الكميات السنوية والفصلية للهطل للفترة (1971-2006) في ثلاث محطات ميثيورولوجية (اللاذقية، طرطوس وصافيتا) تقع في المنطقة الساحلية من سورية، باستخدام اختباري الانحدار الخطي ومعامل سبيرمان لارتباط الرتب.

أظهرت النتائج اتجاهاً نحو تناقص المعدلات السنوية للهطل في محطتي اللاذقية وطرطوس، ونحو تزايدها في محطة صافيتا. وعلى المستوى الفصلي، لوحظ اتجاه نحو تناقص معدلات الهطل لفصل الشتاء في محطة اللاذقية، والربيع في جميع المحطات. في حين لوحظ اتجاه نحو تزايد معدلات الهطل لفصل الشتاء في محطتي طرطوس وصافيتا، والخريف في جميع المحطات. على الرغم من أن جميع هذه الاتجاهات الخطية السالبة والموجبة على كلا المستويين السنوي والفصلي ليست معنوية إحصائياً عند مستوى 5%، إلا أنه يمكن أن يكون لها تأثيرات حادة على موارد المياه، ونظم جريان الأنهار ونجاح المحاصيل البعلية في مناطق الدراسة.

الكلمات المفتاحية: المنطقة الساحلية من سورية، الهطل، اتجاهات الهطل، اختبار الانحدار الخطي، اختبار معامل سبيرمان لارتباط الرتب.

*مدرس - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Trends of annual and seasonal precipitation times series in some locations of the Syrian Coastal region

Dr. Taher Cheikho*

(Received 16 / 12 / 2013. Accepted 21 / 9 / 2014)

□ ABSTRACT □

In this study, trends of annual and seasonal precipitation time series for the period of (1971–2006) were analysed for three meteorological stations (Lattakia, Tartous and Safita) located in the coastal region of Syria, by linear regression and Spearman's rho tests.

The results showed a decreasing trend of annual precipitation in Lattakia and Tartous stations and increasing trend in Safita station. At the seasonal time scale, a decreasing trends of winter precipitation in Lattakia station and of spring precipitation in all stations were observed. While an increasing trends of winter precipitation in Tartous and Safita stations and of autumn precipitation in all stations were observed. Although, all of these negative and positive linear trends, both at the annual and seasonal time scales are not statistically significant at 5% level, but they can have severe effects on water resources, rivers regimes and success of rain-fed crops in the study areas.

Key words: Syrian coastal region, precipitation, precipitation trends, linear regression test, Spearman's rho test.

*Assistant Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعد التغيرات المناخية وتبعاتها المحتملة إحدى أبرز التحديات التي تواجه التنمية البشرية في القرن الحادي والعشرين، وأكثر الظواهر إثارة للجدل بين أوساط العلماء والباحثين وصناع القرار السياسي على المستوى العالمي، بسبب تأثيراتها المباشرة وغير المباشرة في الوسط الحيوي.

تعد منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA¹) التي تتميز بقلّة وندرة مواردها المائية من أكثر المناطق حساسية لتأثيرات التغيرات المناخية (Giorgi, 2006; IPCC, 2007a). ويرجح بحسب السيناريوهات المختلفة، ازدياد متوسط درجات الحرارة السنوية فوق هذه المنطقة بمقدار يصل إلى 1.5 درجة مئوية في السنوات 15-20 القادمة وأكثر من 4 درجات مئوية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين، مع تراجع الكميات السنوية للهطل بنسبة تفوق 20% (IPCC, 2007b).

إن هذه التغيرات المتوقعة ستؤدي إلى انخفاض الجريان في معظم أجزاء منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة 20-30% بحلول العام 2050 (Milly *et al.*, 2005)، وانخفاض مستوى تغذية خزانات المياه الجوفية بنحو 30-70% في المناطق الواقعة على الساحل الشرقي والجنوبي لحوض البحر المتوسط، الأمر الذي سينعكس سلباً على كمية ونوعية المياه الجوفية (Döll and Flörke, 2005). لذا من المرجح جداً أن تتعرض دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى حالات من الجفاف الشديد في العقود المقبلة، مع توقع ازدياد درجة الحرارة في فصل الصيف بمعدل يزيد عن 4 درجات مئوية في أقصى الشمال الأفريقي (المغرب)، وانخفاض الأمطار بنسبة تزيد عن 30% في بعض أجزاء المنطقة وفقاً للسيناريو (A1B²) (Elasha, 2010). من جهة أخرى، يمكن أن تؤدي هذه التغيرات إلى تراجع الرطوبة المتاحة للمزروعات مما يؤدي إلى تراجع إنتاجيتها كما ونوعاً. ففي دراسة للمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في محافظة الحسكة، وجد أن زيادة درجات الحرارة بمقدار 2.5 درجة مئوية وانخفاض كميات الهطولات المطرية بمقدار 12% سيؤدي إلى خفض إنتاجية القمح البعل بمقدار 14%، والقمح المروي بمقدار 10% والقطن بمقدار 5% إذا لم يتم تقديم كميات ري إضافية (الدروي وآخرون، 2008).

أهمية البحث وأهدافه:

تعد التغيرات في خصائص الهطل أحد أهم التغيرات البيئية المرتبطة بالتغيرات المناخية المتوقعة في مختلف مناطق العالم ومنها سورية، والتي يتوقع أن تؤثر بشكل مباشر في إدارة الموارد المائية والنظم البيئية. إن تحديد اتجاه ومقدار التغير في الكميات السنوية والفصلية للهطل في بعض مناطق حوض الساحل الذي يعد أكثر المناطق هطلاً في سورية، باستخدام الأدوات الإحصائية الملائمة، يعد أمراً بالغ الأهمية لاتخاذ التدابير والسبل المناسبة للتخطيط الزراعي وإدارة موارد المياه.

¹ MENA :Middle East and North Africa .

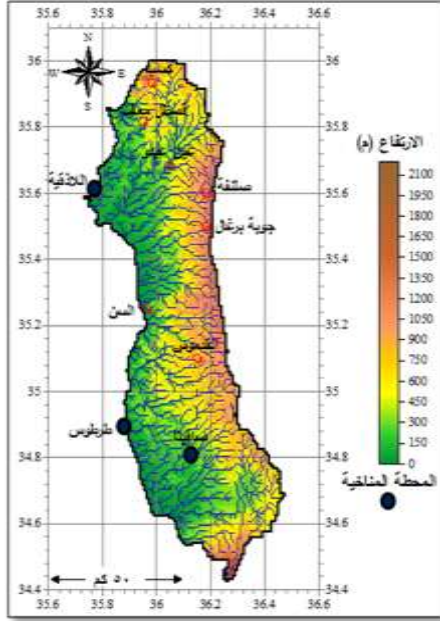
² السيناريو A1B: أحد سيناريوهات الزمرة (A1) الذي يتميز بالاستخدام المتوازن لمصادر الطاقة وعدم الاعتماد على مصدر بعينه. وتصف زمرة السيناريوهات (A1) التي تضم ثلاث مجموعات (A1F1، A1T، و A1B)، عالماً مستقبلياً يتسم بالنمو الاقتصادي السريع ويصل فيه عدد سكان العالم إلى ذروته في منتصف القرن ثم يأخذ بالتناقص بعد ذلك، والتطبيق السريع للتكنولوجيا الجديدة الأكثر كفاءة.

هدف هذا البحث إلى تحديد اتجاه ومقدار التغير في الكميات السنوية والفصلية للهطل ، واختبار معنوية هذا التغير في ثلاث محطات ساحلية (اللاذقية، وطرطوس وصافيتا) باستخدام اختباري الانحدار الخطي ومعامل سبيرمان لارتباط الرتب.

طرائق البحث ومواده:

1. مواد البحث:

ارتكز البحث على البيانات الشهرية للهطولات المسجلة خلال 36 عاماً (من تشرين الأول 1970 وحتى أيلول 2006) في ثلاث محطات ميثيورولوجية تقع في المنطقة الساحلية من سورية هي: اللاذقية، وطرطوس وصافيتا (الشكل 1). تم الحصول على هذه البيانات من المديرية العامة للأرصاد الجوية بدمشق. يبين الجدول (1) الموقع الجغرافي لهذه المحطات وارتفاعها عن سطح البحر.



الشكل (1) موقع محطات الدراسة في حوض الساحل السوري.

الجدول (1) الموقع الجغرافي والارتفاع عن سطح البحر للمحطات الميثيورولوجية المستخدمة في البحث.

المحطة	دائرة العرض (°)	خط الطول (°)	الارتفاع (م)
اللاذقية	35.6	35.8	9
طرطوس	34.9	35.9	5
صافيتا	34.8	36.1	370

2. طرائق البحث:

رتبت ونظمت البيانات الشهرية للهطولات وتم التأكد من خلوها من القيم المفقودة باستخدام البرنامج الحاسوبي (Microsoft Excel). ثم تم تشكيل المتغيرات موضوع الدراسة وهي: كميات الهطل المتساقطة خلال السنة الهيدرولوجية (من 1 تشرين الأول إلى 30 أيلول)، والفصول المطيرة من السنة (الخريف، والشتاء والربيع). تم تحديد اتجاه ومقدار التغير في الكميات السنوية والفصلية للهطل باستخدام اختبار الانحدار الخطي (طريقة المربعات الصغرى)، وذلك بعد التحقق من عشوائية البيانات عن طريق حساب معامل الارتباط الذاتي من المرتبة الأولى، وتوزعها وفق القانون الطبيعي باستخدام اختبار Kolmogorov-Smirnov (Deheuvels, 1981; Meylan et Musy, 1999). وتم تقييم معنوية الاتجاه إحصائياً عند المستوى (5%) عن طريق حساب النسبة بين الانحدار المقدر بطريقة المربعات الصغرى وانحرافه المعياري، واستخدام اختبار معامل سبيرمان لارتباط الرتب (Siegel and Castellan, 1988; WMO, 2000).

1.1. اختبار الانحدار الخطي (Linear regression test):

يفترض هذا الاختبار أن البيانات تتوزع وفق القانون الطبيعي، وأن الأخطاء (الانحراف عن الاتجاه) مستقلة وتتبع نفس القانون الطبيعي بمتوسط يساوي الصفر. تعطى معادلة الانحدار الخطي البسيط بالعلاقة الآتية:

$$(1) \quad y_i = a + b \times x_i + \varepsilon_i \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, n$$

حيث:

y_i : المتغير التابع ويمثل كمية الهطل (مم).

x_i : المتغير المستقل ويمثل الزمن (سنة).

ε_i : بواقي الانحدار الخطي (الخطأ العشوائي).

a : الثابت أو معلمة تقاطع خط الانحدار مع المحور الصادي، ويحسب بالعلاقة التالية:

$$(2) \quad a = \bar{y} - b \bar{x}$$

b : معامل الانحدار الخطي بين المشاهدات والزمن، ويحسب بالعلاقة التالية:

$$(3) \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

حيث:

\bar{x} : متوسط المتغير المستقل (x).

\bar{y} : متوسط المتغير التابع (y).

تحسب إحصائية الاختبار (S) بالعلاقة التالية:

$$(4) \quad S = b / \sigma$$

حيث:

σ : الانحراف المعياري لمعامل الانحدار الخطي، ويحسب بالعلاقة التالية:

$$(5) \quad \sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - b x_i)^2}{n(n-2)(n^2-1)}}$$

حيث (n) هي حجم العينة.

نقوم باختبار فرضية العدم (H_0) التي تنص بعدم وجود اتجاه في السلسلة الزمنية المدروسة ($b = 0$)، أي عدم وجود علاقة خطية بين المشاهدات والزمن، باستخدام إحصائية الاختبار (S) التي تتبع توزيع (Student-t) بدرجات حرية ($n - 2$). تقبل فرضية العدم عند مستوى المعنوية المحدد (5%) من أجل اختبار ثنائي الجانب، إذا كانت القيمة المطلقة للمقدار (S) أصغر من القيمة الجدولية التي يمكن الحصول عليها من جداول توزيع (Student-t) والتي تساوي 2.03، وعدا ذلك فإنها ترفض.

2.2. اختبار معامل سبيرمان لارتباط الرتب (Spearman's rho test):

يستخدم هذا الاختبار لتحديد فيما إذا كان الارتباط بين متغيرين معنوياً أم لا. يمثل المتغير الأول الزمن (x)، في حين يمثل المتغير الثاني بيانات السلسلة الزمنية (y). لحساب معامل سبيرمان لارتباط الرتب (ρ_s) تستبدل قيم السلسلة الزمنية برتبها ضمن العينة وفق العلاقة الآتية:

$$(6) \quad \rho_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

حيث:

x_i : رتبة العنصر (x) ضمن سلسلة المتغير المستقل.

y_i : رتبة العنصر (y) ضمن سلسلة المتغير التابع.

\bar{x} و \bar{y} : متوسط رتب المتغيرين (x) و (y)، ولهما نفس القيمة.

n: حجم العينة.

نقوم باختبار فرضية العدم التي تنص بعدم وجود اتجاه في السلسلة الزمنية المدروسة ($\rho_s = 0$). بالنسبة للعينات الكبيرة ($n > 30$)، يتوزع المقدار $Z\rho_s = \rho_s \times \sqrt{n-1}$ بشكل تقريبي وفق القانون الطبيعي بمتوسط يساوي الصفر وتباين يساوي الواحد. تقبل فرضية العدم عند مستوى المعنوية المحدد (5%) من أجل اختبار ثنائي الجانب، إذا كانت القيمة المطلقة للمقدار $Z\rho_s = \rho_s \times \sqrt{n-1}$ أصغر من القيمة الجدولية التي يمكن الحصول عليها من جداول التوزيع الطبيعي والتي تساوي 1.96، وعدا ذلك فإنها ترفض.

النتائج والمناقشة:

1. الخصائص الإحصائية للهطولات السنوية:

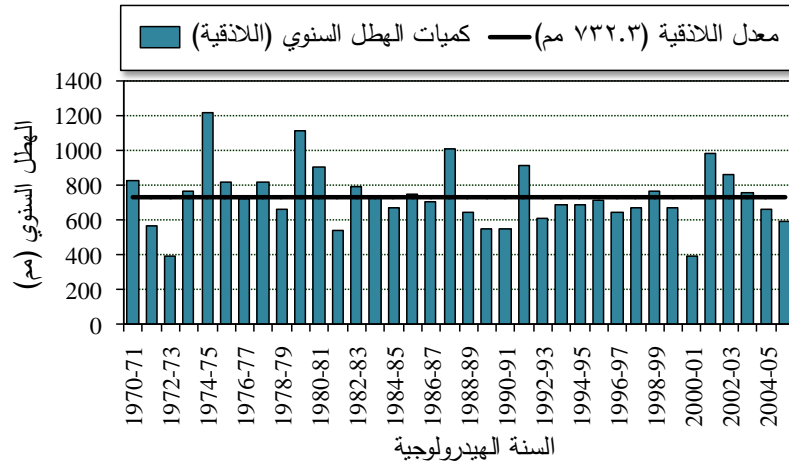
بلغ المعدل السنوي للهطل في محطة اللاذقية، وطرطوس وصافيتا خلال الفترة (06/2005-71/1970)، 732.3 و 813.8 و 1075.8 مم على التوالي (الجدول 2). وأظهرت النتائج عدم انتظام توزع الهطل في المحطات الثلاث وتشنت كمياتها بشكل ملحوظ حيث تراوح معامل الاختلاف بين 22.3 و 23.9%. وكانت قيمة الوسيط أكثر قريباً من قيمة المتوسط في محطة طرطوس مقارنة بمحطتي اللاذقية وصافيتا، وهذا ما يؤكد أمثال الانعراج الذي بلغ 0.18 في محطة طرطوس و 0.63 في محطتي اللاذقية وصافيتا.

الجدول (2) الخصائص الإحصائية للهطولات السنوية في محطات الدراسة خلال الفترة (06/2005-71/1970).

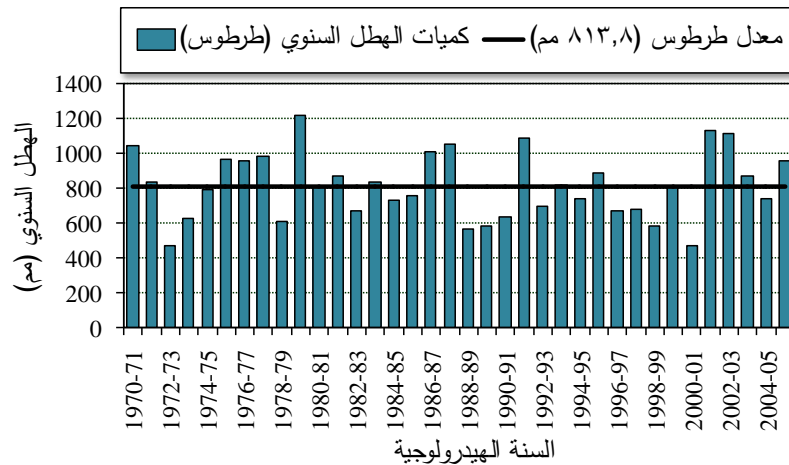
المحطة	المتوسط الحسابي (مم)	الوسيط (مم)	الانحراف المعياري (مم)	معامل الاختلاف (%)	أمثال الانعراج
اللاذقية	732.3	711.2	174.8	23.9	0.63
طرطوس	813.8	807.2	191.5	23.5	0.18
صافيتا	1075.8	1060.6	240.2	22.3	0.63

شهدت محطات الدراسة خلال الفترة (06/2005-71/1970) عدداً من السنوات التي انخفضت فيها كميات الهطل عن معدلها العام (الأشكال 2، 3 و 4). وكانت السنة الهيدرولوجية 1973/1972 أكثر عجزاً في هطولاتها في محطتي اللاذقية وصافيتا وبلغت كمياتها 389.0 و 699.9 مم على التوالي، والسنة 2001/2000 في محطة طرطوس وبلغت كمياتها 472.4 مم. أما كميات الهطل الأكثر ارتفاعاً فقد سجلت في السنة 1975/1974 في محطة

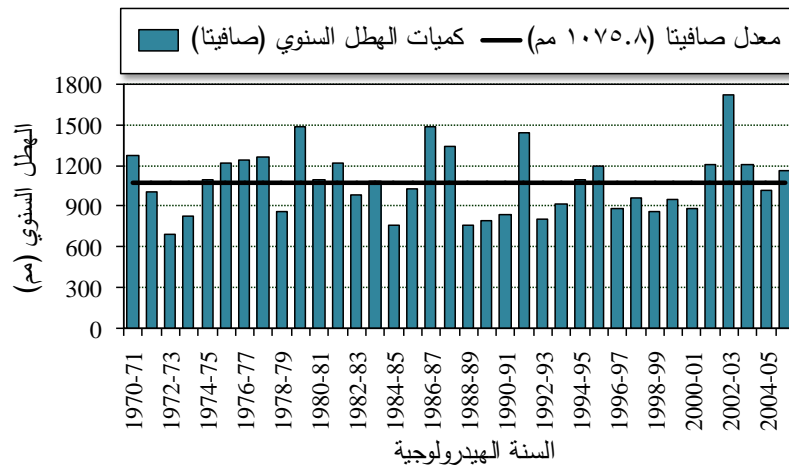
اللاذقية وبلغت 1218.5 مم، وفي السنة 1980/1979 في محطة طرطوس وبلغت 1217.1 مم وفي السنة 2003/2002 في محطة صافيتا وبلغت 1724.8 مم.



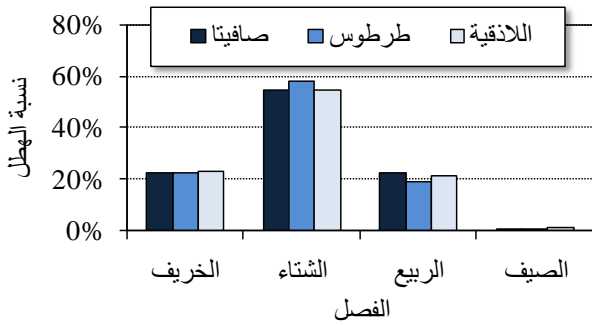
الشكل (2) تذبذب الكميات السنوية للهطل في محطة اللاذقية خلال الفترة (1970/71-2005/06).



الشكل (3) تذبذب الكميات السنوية للهطل في محطة طرطوس خلال الفترة (1970/71-2005/06).



الشكل (4) تذبذب الكميات السنوية للهطل في محطة صافيتا خلال الفترة (1970/71-2005/06).



الشكل (5) التوزيع الفصلي للهطولات (%) في مناطق الدراسة خلال الفترة (1971-2006).

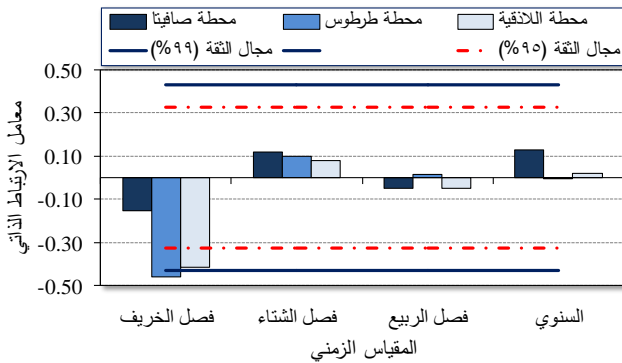
2. الخصائص الإحصائية للهطولات الفصلية:

تظهر الهطولات توزعاً فصلياً واضحاً (الشكل 5)، ويعد فصل الشتاء الفصل الرئيس للهطل بنسبة تقارب 55% في محطتي اللاذقية وصافيتا و 58% في محطة طرطوس من إجمالي الهطولات السنوية، يليه فصلي الخريف والربيع. وأما فصل الصيف فيكاد يخلو من الهطولات في المحطات الثلاث. وتبدي الهطولات خلال فصلي الربيع والخريف تشتتاً أكبر في كمياتها مقارنة بفصل الشتاء (الجدول 3).

الجدول (3) الخصائص الإحصائية للهطولات الفصلية في محطات الدراسة خلال الفترة (1971-2006).

الفصل	الخصائص الإحصائية	اللاذقية	طرطوس	صافيتا
الخريف	المتوسط الحسابي (مم)	167.8	183.1	241.5
	الوسيط (مم)	168.0	166.4	230.5
	معامل الاختلاف (%)	50.3	46.8	44.1
الشتاء	المتوسط الحسابي (مم)	399.5	472.1	586.5
	الوسيط (مم)	376.1	478.7	568.3
	معامل الاختلاف (%)	37.8	29.2	29.3
الربيع	المتوسط الحسابي (مم)	154.4	153.9	243.3
	الوسيط (مم)	158.2	157.0	247.1
	معامل الاختلاف (%)	44.9	51.7	47.7

3. تحليل الاتجاهات الخطية للهطولات السنوية والفصلية:



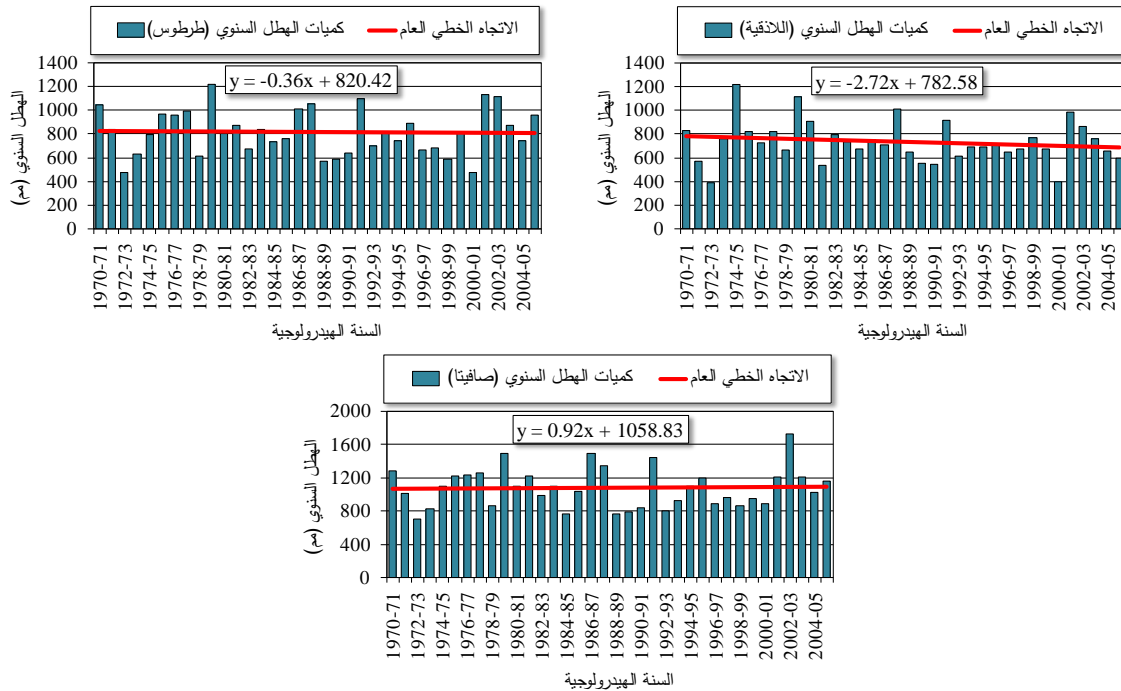
الشكل (6) معامل الارتباط الذاتي من المرتبة الأولى لسلاسل الهطولات

أظهرت نتائج الارتباط الخطي من المرتبة الأولى بين القيم المتتالية في سلاسل الهطولات السنوية والفصلية، وقوع معظم قيم الارتباط ضمن مجال الثقة (95%) باستثناء هطولات الخريف في محطتي اللاذقية وطرطوس (الشكل 6). كذلك أظهرت نتائج تطبيق اختبار Kolmogorov-Smirnov أن جميع سلاسل الهطولات تتبع التوزيع الطبيعي.

السنية والفصلية في محطات الدراسة خلال الفترة (1971-2006).

1.3. الاتجاهات الخطية للهطولات السنوية:

أظهرت نتائج تحليل الاتجاهات الخطية لسلاسل الهطولات السنوية خلال الفترة (1970/71-06/2005) التي يوضحها الشكل (7)، اتجاهاً نحو التناقص في محطتي اللاذقية وطرطوس بمقدار -2.72 و -0.36 مم/سنة على التوالي، واتجاهاً نحو التزايد في محطة صافيتا بمقدار 0.92 مم/سنة.

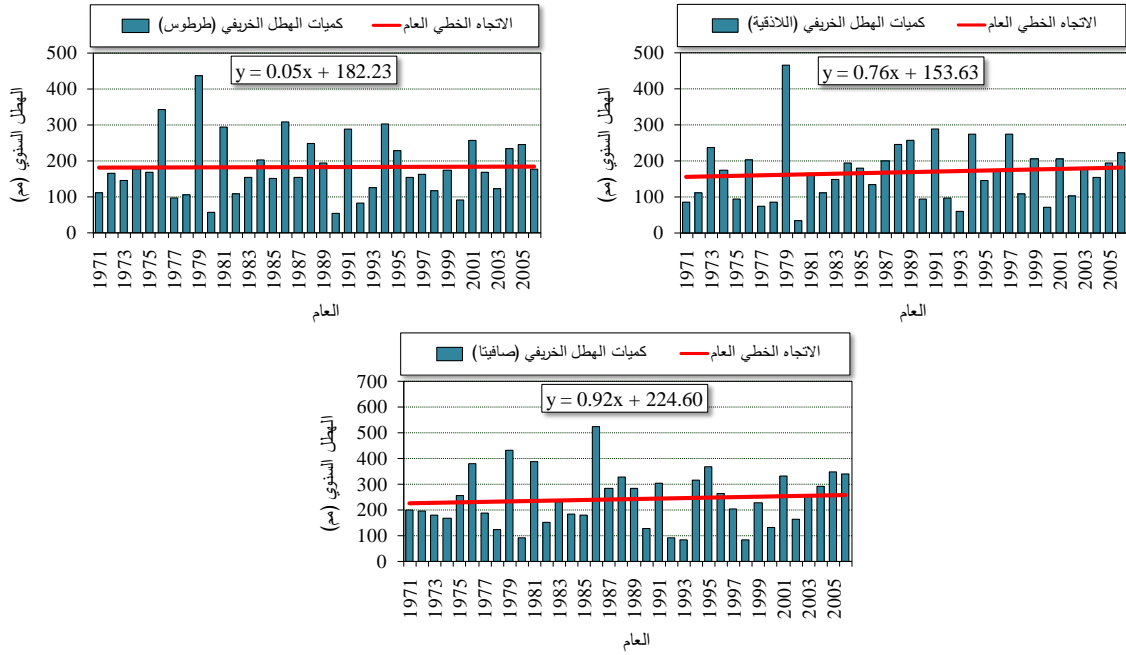


الشكل (7) الاتجاه الخطي لسلاسل الهطولات السنوية في محطات الدراسة خلال الفترة (1970/71-06/2005).

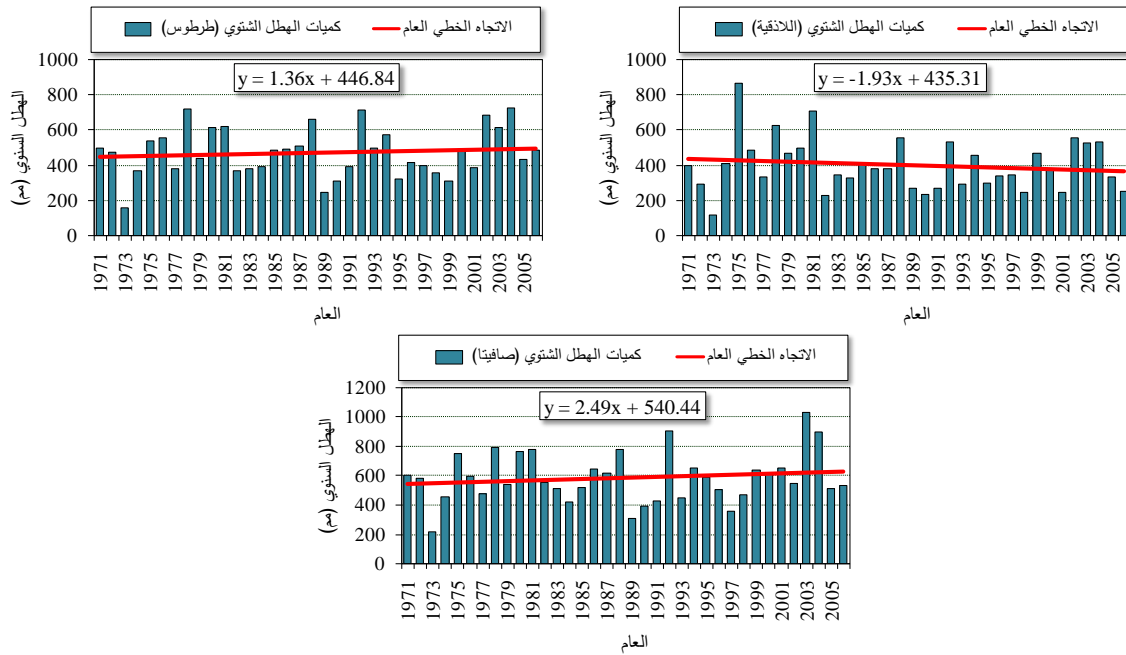
2.3. الاتجاهات الخطية للهطولات الفصلية:

نلاحظ من خلال الأشكال (8، 9 و 10) التي تعرض نتائج تحليل الاتجاهات الخطية لسلاسل الهطولات الفصلية خلال الفترة (1971-2006) ما يلي:

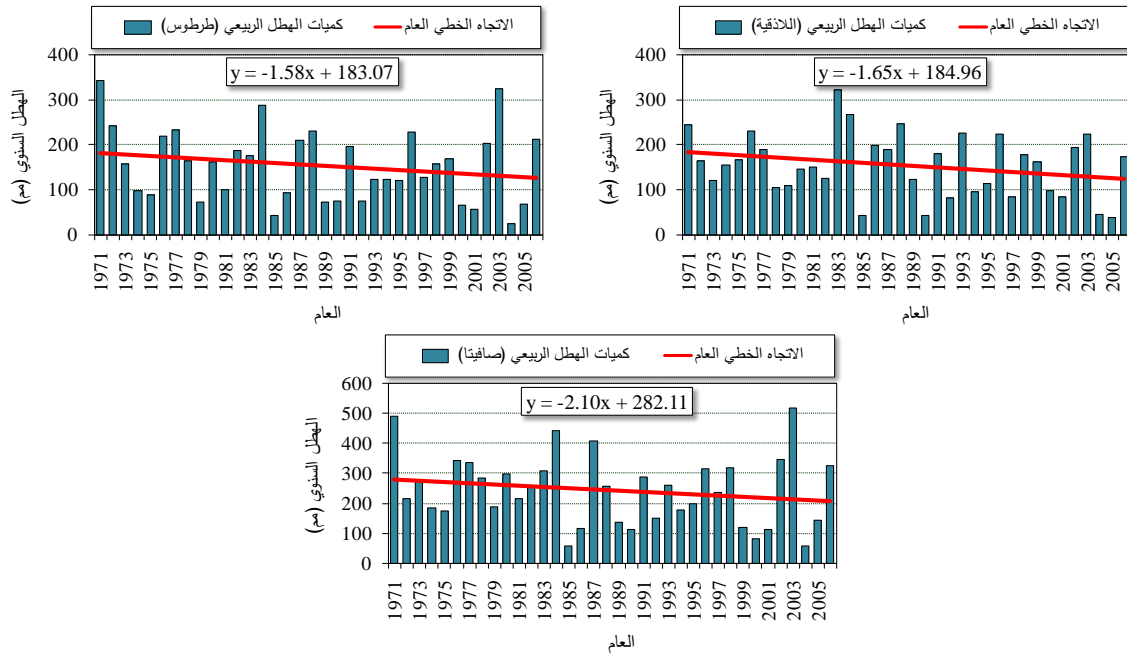
- وجود اتجاه نحو تزايد معدلات الهطل لفصل الخريف في المحطات الثلاث بمقدار 0.76 مم/سنة في محطة اللاذقية و 0.05 مم/سنة في محطة طرطوس و 0.92 مم/سنة في محطة صافيتا.
- وجود اتجاه نحو تراجع معدلات الهطل لفصل الشتاء في محطة اللاذقية بمقدار -1.93 مم/سنة، وتزايدها بمقدار 1.36 و 2.49 مم/سنة في محطتي طرطوس وصافيتا على التوالي.
- وجود اتجاه نحو تراجع معدلات الهطل لفصل الربيع في المحطات الثلاث بمقدار -1.65 مم/سنة في محطة اللاذقية و -1.58 مم/سنة في محطة طرطوس و -2.10 مم/سنة في محطة صافيتا.



الشكل (8) الاتجاه الخطي لسلاسل الهطولات الخريفية في محطات الدراسة خلال الفترة (1971-2006).



الشكل (9) الاتجاه الخطي لسلاسل الهطولات الشتوية في محطات الدراسة خلال الفترة (1971-2006).



الشكل (10) الاتجاه الخطي لسلاسل الهطولات الربيعية في محطات الدراسة خلال الفترة (1971-2006).

3.3. معنوية اتجاهات الهطولات السنوية والفصلية:

أظهرت نتائج تطبيق اختباري الانحدار الخطي ومعامل سبيرمان لارتباط الرتب (الجدول 4)، أن القيم المطلقة لإحصائيتي الاختبار ($Z\rho_s$ و S) أصغر من القيم الجدولية عند مستوى المعنوية 5%، ما يعني أن التغير في سلاسل الهطولات السنوية والفصلية في محطات الدراسة خلال الفترة (1971-2006) غير معنوي. ولكن على الرغم من عدم معنوية التناقص من الناحية الإحصائية، فإن هذه التغيرات قد تمتلك تأثيرات حادة على موارد المياه ونظم جريان الأنهار ونجاح الزراعات البعلية في المنطقة. فتراجع كميات الهطل السنوي في محطة اللاذقية بمعدل -2.72 مم/سنة خلال فترة الدراسة، يعني انخفاضاً مقداره 97.8 مم وهو ما يعادل نحو 13.4% من قيمة المتوسط السنوي للهطل.

الجدول (4) نتائج اختبار الاتجاه ($Z\rho_s$ و S) للهطولات السنوية والفصلية في محطات الدراسة خلال الفترة (1971-2006).

السنة الهيدرولوجية	الربيع		الشتاء		الخريف		المحطة	
	$Z\rho_s$	S	$Z\rho_s$	S	$Z\rho_s$	S		
اللاذقية	0.99	-0.97	1.40	1.51-	0.63	-0.79	1.12	0.56
طرطوس	0.18	-0.11	1.37	1.25-	0.27	0.61	0.57	0.03
صافيتا	0.12	0.23	1.09	1.13-	0.49	0.90	0.76	0.53

الاستنتاجات والتوصيات:

- بينت نتائج البحث الحالي الذي ركز على دراسة وتحليل اتجاهات التغير في سلاسل الهطولات السنوية والفصلية في محطة اللاذقية، وطرطوس وصافيتا في المنطقة الساحلية خلال الفترة (1971-2006)، الآتي:
- التباين الكبير للهطل على المستويين السنوي والفصلي وخاصة في الربيع والخريف.
 - وجود اتجاه غير معنوي إحصائياً نحو تراجع معدلات الهطل السنوي في محطتي اللاذقية وطرطوس، وتزايدها في محطة صافيتا.
 - وجود اتجاه غير معنوي إحصائياً نحو تراجع معدلات الهطل لفصل الشتاء في محطة اللاذقية والربيع في جميع المحطات. وكذلك نحو تزايد معدلات الهطل لفصل الشتاء في محطتي طرطوس وصافيتا والخريف في جميع المحطات.
 - انطلاقاً مما تقدم نرى أنه من الضروري متابعة البحث ليشمل عدداً أكبر من محطات الهطل والتي تتميز بفترات قياس طويلة نسبياً، بما يسمح بالكشف عن الاتجاهات الحقيقية للهطولات ويساعد في الإدارة السليمة للموارد المائية.

المراجع:

- 1- الدروبي، عبدالله؛ جناد، ايهاب؛ السباعي، محمود. التغير المناخي وتأثيره على الموارد المائية في المنطقة العربية. المؤتمر الوزاري العربي للمياه- القاهرة 14-16/7/2007، 2008، 32.
- 2- DEHEUVELS, P. A. *Kolmogorov-Smirnov type test for independence and multivariate samples*. Rev. Roum. Math. Pure. A., 26, 213-226, 1981.
- 3- DÖLL, P.; FLÖRKE, M. *Global-scale estimating of diffuse groundwater recharge*. Frankfurt Hydrology paper 03, Institute of Physical Geography, Frankfurt University, 2005.
- 4- ELASHA, B. O. *Mapping of Climate Change Threats and Human Development Impacts in the Arab Region*. UNDP, AHDR, Research Paper Series, 2010, 51.
- 5- GIORGI, F. *Climate Change Hotspots*. Geophysical Research Letters 33, L08707, Implementation of Decision 1/CP.10 of the UNFCCC Convention, 2006.
- 6- IPCC. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. PARRY, O.F. CANZIANI, J.P. PALUTIKOF, P.J. VAN DER LINDEN and C.E. HANSON, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007a, 976.
- 7- IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR and H.L. MILLER, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 2007b, 996.
- 8- MEYLAN, P.; MUSY, A. *Hydrologie Fréquentielle*. Edition HGA Bucarest, 1999, 413.
- 9- MILLY, P.C.D.; DUNNE, K.A.; VECCHIA, A.V. *Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate*. Nature, 438: 347-350, 2005.
- 10- SIEGEL, S.; CASTELLAN, N.J. *Non Parametric Statistics for The Behavioural Sciences*. McGraw -Hill, 1988, 399.
- 11- WMO (World Meteorological Organisation). *Detecting trend and other changes in hydrological data*. WCDMP-45, WMO/TD-No. 1013, 2000, 158.