

تأثير تذبذب دورة شمال الأطلسي على كميات الأمطار في الأردن خلال الفترة (1960-2013)

فاطمة عبده مفلح الطراونه*

ملخص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير تذبذب دورة شمال المحيط الأطلسي على كميات الأمطار في الأردن خلال الفترة الممتدة بين عامي (1960-2013)؛ وذلك لتحديد الاتجاه العام لكميات الأمطار في الشتوية، والاتجاه العام لقرينة (NAO)، وكذلك تحديد طبيعة العلاقة بين التقلبات في ذبذبة شمال المحيط الأطلسي (NAO) والتقلبات في كميات الأمطار، إذ تبين وجود تناقص في الاتجاه العام لمجموع كميات الأمطار الفصلية خلال فترة الدراسة، وتناقص في اتجاه قرينة الناو بشكل عام مع بقائها في الطور الموجب، وذلك باستخدام عدد من الأساليب الإحصائية كتحليل السلاسل الزمنية (Time Series)، المتوسطات المتحركة (Moving Averages) والفروقات المتجمعة (Cumulated Sums)، لتحليل البيانات الخاصة بقرينة الناو وكميات الأمطار خلال فترة الشتاء في عدد من المحطات المناخية الأردنية (رأس منيف، ومطار عمان، والجامعة الأردنية، والسلط، ومعان، والمفرق، والشويك وإربد). كما أوصت الدراسة بدعم برامج البحث والتطوير وزيادة الدراسات الخاصة بتذبذب شمال المحيط الأطلسي والتوسع في دراسته لما لها من أهمية على مستوى العالم.

الكلمات الدالة: تذبذب شمال المحيط الأطلسي، مؤشر الناو، الناو السالبة، الناو الموجبة.

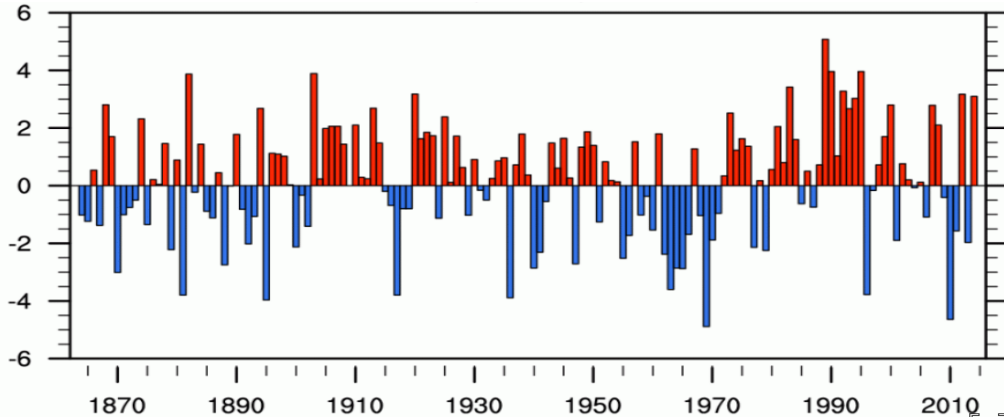
المقدمة

يشهد المناخ في شمال المحيط الأطلسي تقلبات كبيرة؛ لذا من الضروري فهم تلك التغيرات لتقييم التقلبات المناخية المحتملة في المستقبل، وإلى أي مدى يمكن التنبؤ بهذه التقلبات، وبالتالي تقييم الآثار المحتملة لتغير المناخ، حيث أثبتت الدراسات أن جزءاً كبيراً من تقلب المناخ على حوض المحيط الأطلسي مرتبط بدورة المحيط الأطلسي الشمالي North Atlantic Oscillation (NAO)، وتحظى دورة المحيط الأطلسي الشمالي باهتمام واسع في ظل الاهتمام بالتغيرات المناخية سواء على مستوى سطح الأرض أو على مستوى طبقات الجو العليا.

وبالرغم من أن هذه الظاهرة ليست في شهرة ظاهرة النينو المدمرة في آسيا وأمريكا، فقد بدأت لافتة لأنظار الباحثين في السنوات الماضية؛ لما لها من تأثير على دول أوروبا وشمال أفريقيا وشمال شرق أمريكا ومؤخراً تأثيرها على دول شرق البحر المتوسط. وظاهرة (الناو) ليست جديدة على العلماء، فقد اكتشفها عام 1920 اثنان من علماء المناخ، النمساوي فريدريش إكسندر Friedrich Exner والإنجليزي جيلبرت ووكر Gilbert walker (Greene 2002)، وذلك في أثناء محاولة للكشف عن أهم مراكز الضغط المرتفع والمنخفض. وقد سميت بتذبذب المناخ Fluctuation of Climate تعبيراً عن انتقال تيارات الهواء من مركز لآخر. ويرى العلماء أن ظاهرة (NAO) تُفسر أيضاً سبب التغير المناخي الشتوي في أوروبا، وتمتد آثارها إلى القطب الشمالي وشمال إفريقيا. وهذه الظاهرة قد تكون إيجابية أو سلبية. فعندما كانت إيجابية، تميز شتاء بريطانيا بتيارات هواء شديدة أكثر من المعتاد، وهطلت الثلوج بمعدل أكبر على الدول الاسكندنافية، كما جاءها فصل الربيع قبل موعده بـ 20 يوماً. وعلى النقيض، تؤدي (الناو) السلبية إلى زيادة إنتاج محاصيل الزيتون والعنب في إسبانيا والبرتغال. (مطر، 2012)

ويوضح الشكل (1) مؤشر الناو خلال أشهر الشتاء من كانون الأول إلى شهر آذار حيث يبين المؤشر باللون الأزرق الناو في حالتها السالبة أما اللون الأحمر فيشير إلى الناو بحالته الموجبة.

* الجامعة الأردنية. تاريخ استلام البحث 2016/8/30، وتاريخ قبوله 2016/12/8.



المصدر: (NOAA,2014)

شكل (1) مؤشر الناو (NAO) لأشهر الشتاء كانون الأول - آذار للفترة 1870-2014

مشكلة الدراسة وأهميتها وأهدافها:**مشكلة الدراسة:**

يعد مناخ شمال المحيط الأطلسي (North Atlantic Oscillation) من العوامل الرئيسية المؤثرة على الأمطار السنوية في الأردن، فعندما تكون دورة المحيط الأطلسي قوية ونشطه وذات معدل قرينة عالي، فإنها توجه المنخفضات الجوية نحو الشمال، ولا يصل إلى حوض البحر المتوسط منها الا القليل النادر، أما عندما تكون دورة المحيط الأطلسي ضعيفة وذات معدل قرينة منخفض واتجاهها من الغرب إلى الشرق فإنها تسمح للاضطرابات الجوية بالوصول إلى الحوض الشرقي للبحر المتوسط، وبالتالي فإن التقلبات (Fluctuations) التي تتعرض لها دورة المحيط الأطلسي الشمالي تنعكس بوضوح على تقلبات الأمطار في الأردن.

أهمية الدراسة:

يعد المنخفض العلوي الأطلسي أحد أهم العوامل السينوبتيكية الرئيسية التي تؤثر ليس فقط على حالة الطقس في غرب أوروبا، بل على حالة الطقس في بلاد الشام وحوض البحر المتوسط بمجمله، ومن هنا تأتي أهمية هذه الدراسة، حيث يمكن من خلال الدراسة تحديد سنوات الرطوبة وسنوات الجفاف في الأردن، حيث إذا كانت (NAO) قوية يسود في الأردن سنوات جفاف، والعكس إذا كانت ضعيفة يسود في الأردن سنوات رطوبة.

وتعد هذه الدراسة الأولى من نوعها التي تعالج العلاقة بين ظاهرة الناو (NAO) وكميات الأمطار في الأردن، خاصة الأمطار المرتبط بالمنخفضات الجوية التي يغلب تأثيرها على المناطق الشمالية والوسطى من الأردن، بينما يزداد تأثير حالات عدم الاستقرار الجوي في المناطق الجنوبية وفي البادية الشرقية، وتكتسب هذه الدراسة جانبا تطبيقيا مهما لعلاقتها بالتغير المناخي حيث ستحسن من عمليات التنبؤ الجوي.

أهداف الدراسة:

- 1- تحديد التقلبات في قرينة الناو خلال فصل الشتاء.
- 2- تحديد التقلبات في الأمطار الفصليه للأردن.
- 3- تحديد طبيعة العلاقة بين التقلبات في دورة المحيط الأطلسي الشمالي والتقلبات في مجموع كميات الأمطار في الأردن خلال الفترة (1960-2013).

منطقة الدراسة:

يقع الأردن على بعد حوالي 80 كيلو متر عن البحر المتوسط بين دائرتي عرض 11 29° إلى 22 33° شمالاً، وخطي طول 19 34° إلى 18 39°، ومعنى هذا أن الأردن يقع على الطرف الشمالي للإقليم الصحراوي والطرف الجنوبي لإقليم البحر المتوسط. وتتراوح الارتفاعات من -400 م (تحت متوسط مستوى البحر) في البحر الميت إلى 1750 م في رم. " وتمتد المظاهر التضاريسية في الأردن امتداً طويلاً من الشمال إلى الجنوب حيث أن المؤثرات البحرية تأتي من الغرب أي من البحر المتوسط، وهو المسطح المائي الوحيد الذي له أثر على الأحوال المناخية في الأردن أما المسطحات المائية الأخرى مثل البحر الأحمر في خليج العقبة أو البحر الميت فإن تأثيرهما معدوم تقريباً " (فايد، 1971).

منهج البحث:

اعتمدت هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع الاستعانة ببعض الأساليب الكمية كالسلاسل الزمنية والمتوسطات المتحركة والفروقات المتجمعة، إذ إن المنهج الوصفي التحليلي يقوم على أساس تحديد خصائص الظاهرة ووصف طبيعتها ونوعية العلاقة بين المتغيرات وأسباب اتجاهاتها، ومن خلال الأسلوب الكمي تم الكشف عن العلاقة بين تذبذب دورة المحيط الأطلسي الشمالي ومجموع الأمطار في كافة محطات الدراسة.

إجراءات التحليل

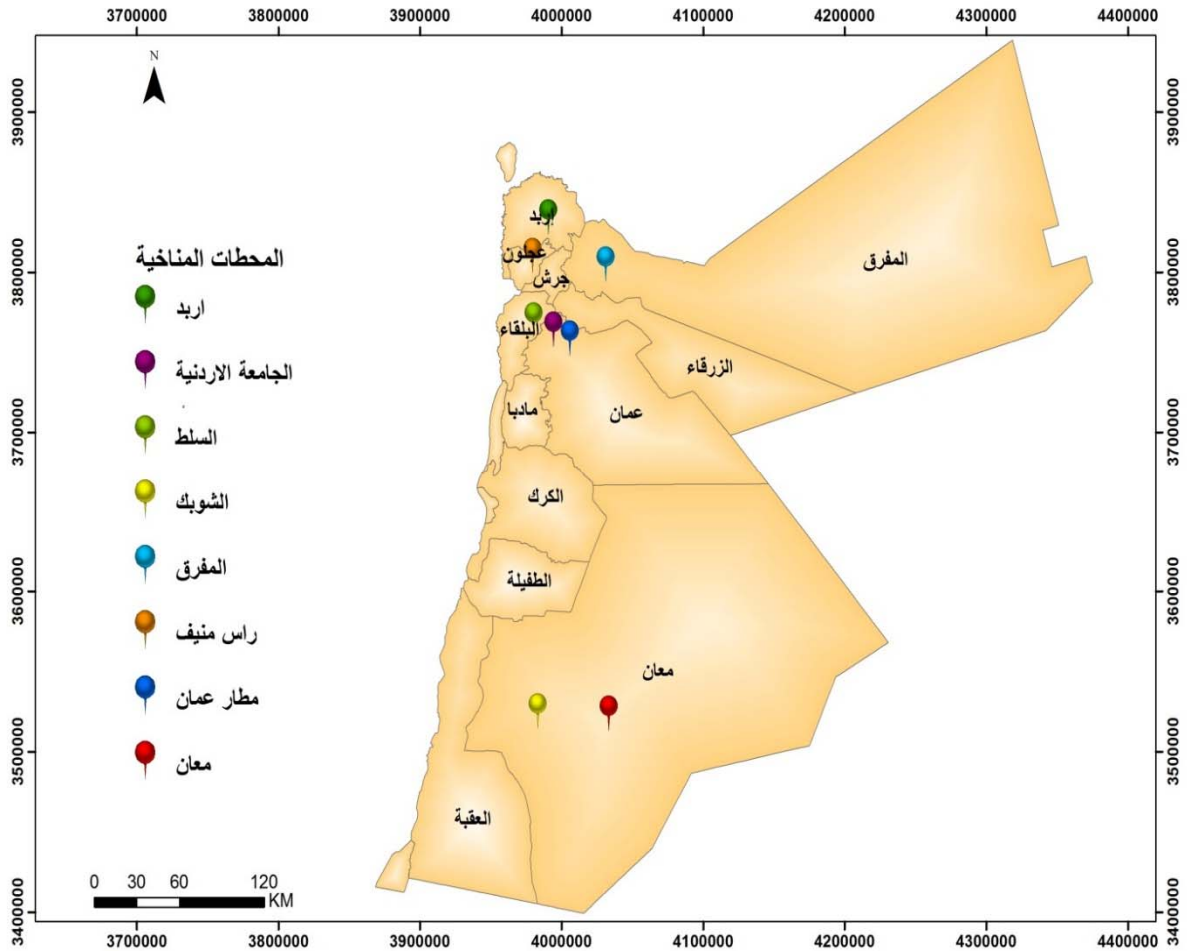
أ. البيانات المستخدمة

- بيانات خاصة بكميات الأمطار في الأردن خلال الفترة الممتدة من (1960-2013) لمجموعة من المحطات التي تمثل المملكة: (إربد، والسلط ويرمز لها في وزارة المياه والري بـ (AM0001)، والجامعة الأردنية ويرمز لها في وزارة المياه والري بـ (AL0018)، والشوبك، ومعان، ومطار عمان، والمفرق، ورأس منيف). المتوفرة في دائرة الأرصاد الجوية الأردنية ووزارة المياه والري، التي تمتاز بسجل طويل من البيانات المناخية، وتمثل المناطق التي يكون تأثير المنخفضات الجوية كبيراً.

وتم اختيار محطات مناخية في المناطق الجنوبية للمملكة، على الرغم من ضعف تأثير الظاهرة على تلك المناطق، وسيادة حالات عدم الاستقرار الجوي، وقلة المنخفضات فيها لتغطي منطقة الدراسة كاملة وتوضيح الفرق في تأثير الظاهرة على أجزاء المملكة.

- بيانات خاصة بقرينة الناو (تذبذب المحيط الأطلسي الشمالي) للفترة الممتدة من (1960-2013)

.Www.northatlantoscillation.com



المصدر: إعداد الباحثة

شكل (2) الموقع الجغرافي لمحطات الدراسة

الجدول (1) إحدائيات المحطات المناخية المختارة لتمثيل مناطق المملكة المختلفة المحطة

الارتفاع عن مستوى البحر/ متر	دائرة العرض		خط الطول		
	درجة	دقيقة	درجة	دقيقة	
1150	32	22	35	45	رأس منيف
616	32	33	35	51	إربد
683	32	22	36	15	المفرق
915	32	02	35	44	السلط
980	32	01	35	53	الجامعة الأردنية
779	31	59	35	59	مطار عمان
1465	30	31	35	32	الشوبك
1069	30	10	35	47	معان

ب- أسلوب التحليل

أهم الطرق الإحصائية التي سيتم استعمالها في هذا البحث لتحديد تأثير التقلبات في قرينة الناو على مجموع الامطار في الأردن هي:

المتوسطات المتحركة

المتوسطات المتحركة لفترة الدراسة (1960-2013) حيث تعتبر المتوسطات المتحركة من أفضل الأساليب الإحصائية لتحديد اتجاه التذبذب العام لدرجة الحرارة، وتمتاز بأنها تعطي فكرة واضحة عن طبيعة الاتجاه العام لدرجة الحرارة والتقلبات الحرارية طويلة المدى التي ترافقه، وقد استخدم في هذه الدراسة متوسطات متحركة طولها 7 سنوات وذلك لطول السجل المناخي للمحطات المستخدمة في الدراسة واستخدم هذا النوع من التحليل في الدراسة لتحديد الاتجاه العام لأمطار الشتاء في الأردن وقرينة الناو خلال اشهر الشتاء (كانون الاول - آذار) وإبراز الشكل العام للاتجاه دون تشوهات حيث يعمل على التخلص من الذبذبات قصيرة المدى.

الفروقات المتجمعة (المنحني التراكمي)

- استخدام أسلوب الفروقات المتجمعة لكافة المحطات المستخدمة في الدراسة للفترة (1960-2013)

تم استخدام هذا الأسلوب للكشف عن أية تغيرات متصلة تحدث في السلسلة الزمنية، وتقوم على أساس رسم منحني يمثل جمعاً تراكمياً للانحرافات عن المتوسط الحسابي للسلسلة الزمنية، لذا تم استخدام متوسط حسابي لفترة طويلة من الزمن (1960-2013) وتم تطبيق هذا الأسلوب باتباع الخطوات التالية:

- استخراج الوسط الحسابي لسلسلة الزمنية.
- استخراج الفرق بين كل مشاهدة والمتوسط الحسابي.
- جمع الفروقات عن المتوسط الحسابي جمعاً تراكمياً.
- تمثيل السلسلة الزمنية للفروقات عن المتوسط.

تحليل السلاسل الزمنية

يعد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية Time Series Analysis من الأساليب الإحصائية الجديرة بالاهتمام، التي تطورت كثيراً، ويعتمد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية على تتبع الظاهرة (أو المتغير) على مدى زمني معين (عدة سنوات مثلاً)،

- نموذج الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression).

نموذج الانحدار الخطي يستخدم لدراسة العلاقة السببية بين متغيرين، إحداهما يعرف بالمتغير المستقل (Independent) وهو المتغير الذي يستخدم في عملية التنبؤ، ويعرف المتغير الآخر الذي يتم التنبؤ به بالمتغير التابع (Dependent). وهنا تم تمثيل قرينة الناو كمتغير مستقل ومجموع امطار الشتاء (كانون الأول - آذار) كمتغير تابع في جميع محطات الدراسة.

الدراسات السابقة

دراسة Richard التي تبين أن ظاهرة الناو (NAO) أكثر العوامل المناخية تأثيراً على التباين المناخي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. وتعتمد قوة الناو على الدورة الجوية وقوة الرياح الغربية بين خطي عرض 40-60 شمالاً، كما تبين الدراسة إن الناو ليست

ظاهرة محلية في شمال المحيط الأطلسي بل هي ظاهرة كبرى تؤثر على المناخ في كل النصف الشمالي من الكرة الأرضية (Richard,2000).

دراسة Wilby لتذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO) وتقلبات المناخ في الجزر البريطانية، حيث شهدت أوروبا مؤخراً تغيرات مناخية عديدة منها حالات الجفاف والفيضانات على نطاقات واسعة، وهذا يؤثر مخاوف بشأن الآثار المحتملة للتغير المناخي. وناقشت تلك الدراسة العلاقات بين التقلبات المناخية السنوية وقياسها على مؤشر تذبذب شمال الأطلسي، حيث أظهرت النتائج أن العلاقة بين (NAO) وفصل الشتاء (هطول الامطار) عالية. (Wilby, 1997)

دراسة Cullen وآخرون تأثير دورة المحيط الأطلسي الشمالي على مناخ الشرق الاوسط، حيث تعكس الدراسة تقلبات الناو السنوية والتأثير المباشر لتلك الدورة على درجة الحرارة والأمطار في الشرق الأوسط فقد تبين من المقارنة دورات الناو مع دورات الجريان النهري في الشرق الاوسط وجود ارتباط قوي بينهما. (Cullen,et,2002)

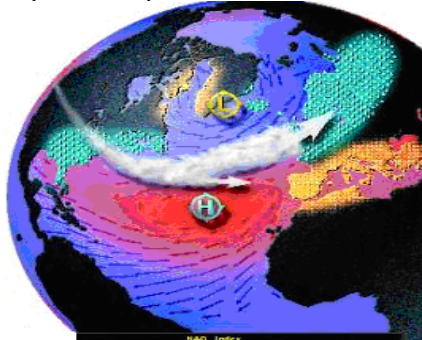
دراسة Krichak التي تكشف العلاقة بين مؤشر الناو وهطول الأمطار والتي يمكن من خلالها التنبؤ الموسمي لحالة الناو (NAO)، كما يمكن أيضاً الاستعانة بها في إظهار التنبؤات المناخية الموسمية في المناطق القريبة من البحر الأبيض المتوسط إيشيل وآخرون (2000) وتظهر الدراسة أنه ينبغي عدم تجاهل الأنماط المناخية (EA) و(EM) شرق المحيط الأطلسي حيث لها تأثير قوي على حركة الهواء الأفقية من الكتل الهوائية الرطبة أو الأكثر دفئاً إلى مناطق معينة، فريناديز وآخرون (2003) وهذا النمط هو المسؤول أيضاً عن تشكل هطول الأمطار في شرق البحر المتوسط (Krichak,2004).

تذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO) وآثاره المناخية

يجمع علماء المناخ على أن المنخفض العلوي الأطلسي (*) في طبقات الجو العليا هو العامل السينو-تكتيكي الرئيسي الذي يؤثر على مسار وشدة تذبذب شمال الأطلسي وعلى حالة الطقس ليس فقط في غرب أوروبا وحوض البحر المتوسط بمجمله بل أيضاً يؤثر على حالة الطقس في بلاد الشام، ولهذا فإن فهم الدور الرئيسي الذي يقوم به ذلك المنخفض ضروري جدا لتفسير التغيرات المناخية التي حدثت في الماضي أو التغيرات المتوقع حدوثها مستقبلا بفعل تأثير الإنسان على الغلاف الجوي (anthropogenic forcing). وكما يذكر توماس فيليز (Felis, et. al, 2004)، فإن تأثير المنخفض العلوي الأطلسي على مناخ منطقة الشرق الأوسط في الماضي والحاضر تأثير كبير.

المنخفض العلوي الأطلسي

هو المنخفض الجوي الذي يظهر في خرائط الطقس العليا _ خاصة خرائط (500 ميلليبار) في الجزء الشمالي من المحيط الأطلسي. ويظهر هذا المنخفض على خرائط الطقس العليا على شكل حوض علوي (Trough) يمتد باتجاه الشمال، ومرتفع علوي (Ridge) يمتد باتجاه الجنوب. ويظهر هذا المنخفض على خرائط الطقس السطحية على شكل مركزين رئيسيين للنشاط الجوي وهما المنخفض الجوي الأيسلندي الذي يقع اسفل الحوض العلوي ومركز الضغط الأزوري المرتفع الذي يقع اسفل المرتفع العلوي، ويبين الشكل (3) المنخفض العلوي الأطلسي الذي يمتد نحو أوروبا ويتكون نتيجة لتحدد الضغط الجوي بين مركزي الضغط المنخفض والضغط المرتفع.

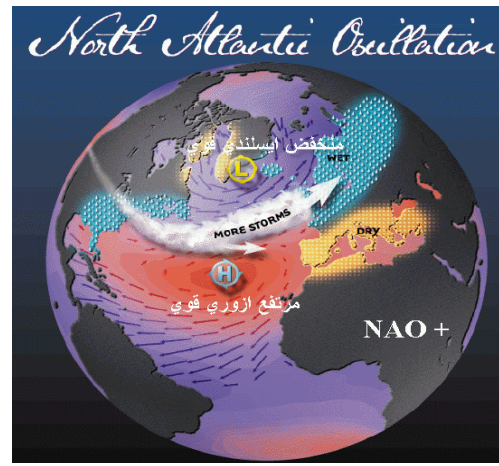
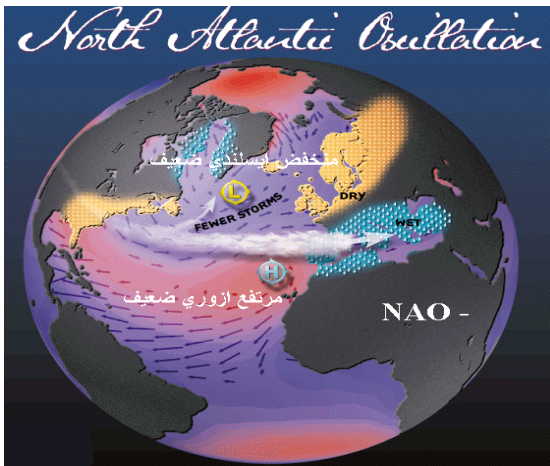


المصدر: (NOAA,2012)

شكل (3) المنخفض العلوي الأطلسي

(*) المقصود بالمنخفض العلوي الأطلسي هو المنخفض الجوي العلوي الذي يظهر في خرائط الطقس العليا - خاصة خرائط ال500 ميلليبار - في النصف الشمالي من المحيط الأطلسي.

والواقع أن المنخفض العلوي الأطلسي يشكل المركز الرئيسي للنشاط الجوي الذي يؤثر على الأحوال الجوية في أوروبا وأمريكا الشمالية وشمال المحيط الأطلسي. ويعد فهم طبيعة عمل ذلك المنخفض والطريقة التي يؤثر فيها على الدورة العامة للغلاف الجوي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ضروريا لفهم التغيرات المستقبلية المتوقعة للمناخ. وعندما يكون مركز الضغط الأيسلندي والضغط الأزوري قويين يكون المنخفض العلوي قوياً ويؤدي ذلك إلى توغل الكتل الهوائية القطبية جنوباً، واندفاع الكتل الهوائية المدارية الدافئة إلى حوض البحر المتوسط. ويقترن ذلك أيضاً بزحزحة التيار النفاث جنوباً ليقع فوق البحر المتوسط. يؤدي ذلك كله إلى تكون منخفضات جوية عميقة يكون مسارها في الغالب من الغرب إلى الشرق والشمال الشرقي كما هو مبين في الشكل (4). أما عندما يكون المنخفض العلوي ضعيفاً، فإن مركزي الضغط الأيسلندي والضغط المداري يكونا ضعيفان وتسود الرياح الغربية. ويقفل في هذه الحالة وصول الكتل الهوائية القطبية إلى حوض البحر المتوسط ويقع التيار النفاث إلى الشمال من حوض البحر المتوسط ويقترن ذلك بحدوث عدد قليل من المنخفضات الجوية الضعيفة التي تسلك في الغالب مسارات تقع إلى الشمال من حوض البحر المتوسط كما هو مبين في الشكل (5) الذي يوضح مسار المنخفض الضعيف من الغرب إلى الشرق.



المصدر: (NOAA,2012)

شكل (4) منخفض علوي أطلسي قوي (NAO+) شكل (5) منخفض علوي أطلسي ضعيف (NAO-)

التيارات النفاثة (Jet Stream)

ومن العوامل السنيويينكية التي تؤثر على المناخ بشكل عام وعلى تذبذب شمال الأطلسي بشكل خاص التيار النفاث وهو مصطلح مناخي يطلق على نطاق طولي من الرياح العليا شديدة السرعة تتجاوز سرعة بعضها 385 كم / الساعة. ويزيد سمك التيار النفاث على 1000 متر، ويتراوح عرضه بين 500 - 650 كيلو متر ويقترن ظهوره في السماء بنطاق طويل من السحب شديدة الارتفاع، ويتغير المستوى الذي توجد عليه التيارات النفاثة بين الصيف والشتاء وهو يزيد عموماً على سبعة كيلومترات، إلا أن بعض التيارات النفاثة التي تزيد سرعة الرياح فيها على 100 كم / الساعة تظهر أحياناً بشكل مفاجئ على ارتفاعات منخفضة جداً لا يزيد على 300 متر. وتؤثر هذه التيارات في حركة المنخفضات واتجاهاتها والتعرجات التي تظهر في مساراتها وتؤثر على سقوط الأمطار وكثير من مظاهر الطقس كما وجد أن موقع التيارات وحركتها تؤثر على التوزيع الجغرافي للأمطار في جنوب غرب اسيا، فهي تؤثر على تحديد المناطق المفضلة لنشأة المنخفضات الجوية وتوزيع الضغط الجوي. (شحادة، 2009)

مناقشة النتائج وتحليلها

لقد تعددت وتوعدت الأساليب الإحصائية المستخدمة في هذه الدراسة وذلك بهدف تحديد طبيعة العلاقة بين تذبذب شمال الأطلسي (NAO) والمجموع الفصلي للأمطار لأشهر الشتاء (كانون الأول، وكانون الثاني، وشباط، وأذار) خلال فترة الدراسة (1960-2013)، من خلال تحليل البيانات الخاصة بقرينة الناو وبالأمطار الفصلية والسنوية لمجموعة من المحطات المناخية المختارة والموزعة على جميع انحاء المملكة وهي: (معان، مطار عمان، الجامعة الأردنية، المفرق، الشوبك، إربد، رأس منيف، السلط) وفي هذا الدراسة تم

تحليل البيانات الشهرية ودراستها الخاصة بقريئة الناو والأمطار في الأردن لأشهر الشتاء من خلال تحليل السلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرين السابقين وتحليل نموذج الانحدار الخطي لتحديد الاتجاه العام للتساقط ومقارنة نتائج التحليل بنتائج دراسات سابقة خاصة بمنطقة الحوض الشرقي للبحر المتوسط والتي أثبتت وجود تناقص في تساقط الأمطار وتأثير دورة المحيط الأطلسي على أمطار المنطقة. ومن هذه الدراسات التي أثبتت نتائجها تناقص كبير في هطول الأمطار وخاصة في فصل الشتاء دراسة إيميلي وبلاك للأمطار الشهرية واليومية في فلسطين والأردن. ودراسة (Heidi,2002) لتذبذب شمال المحيط الأطلسي وتأثيره على الامطار في منطقة الحوض الشرقي للبحر المتوسط.

- الخصائص الإحصائية العامة لقريئة الناو والامطار الفصلية

يبين الجدول (2) بعض الخصائص العامة لمجموع الأمطار الفصلية لثمان محطات مناخية ونلاحظ من خلاله قيم المتوسط الحسابي حيث كانت أعلى هذه القيم في(محطة السلط، رأس منيف، الجامعة) وهي على التوالي (473.36، 458.53، 402.95) ملم، كما يلاحظ أن المحطات نفسها سجلت خلال الأربعة شهور أعلى تساقط مطري وبنفس الترتيب (محطة السلط، رأس منيف، الجامعة الأردنية، إريد). حيث سجلت محطة السلط ورأس منيف خلال فترة الدراسة أقصى هطول مطري بلغ خلال أشهر الشتاء (1046)ملم من الفترة 1960-2013 في السلط يليها رأس منيف (920) ملم، كما سجلت محطة معان أقل هطول مطري خلال فترة الدراسة. من الجدول التالي نلاحظ التباين بين المحطات في الخصائص الإحصائية العامة للأمطار الفصلية في الأردن خلال فترة الدراسة (1960-2013)، وكذلك معامل التغير في محطات معان المفرق الشوبك مطار عمان عالي جداً بعكس بقية المحطات مما يدل على ان هناك عوامل اشد تأثيراً من هذا المؤشر في هذه المحطات خصوصاً انها تقع في مناطق جافة وشبه جافة وتبعد كثيراً عن مسارات المنخفضات الجوية. مما يجعل عوامل الاستقرار وعدمها والقارية والبعد عن مسار المنخفضات الجوية هي المؤثرة بشكل كبير على كميات امطارها.

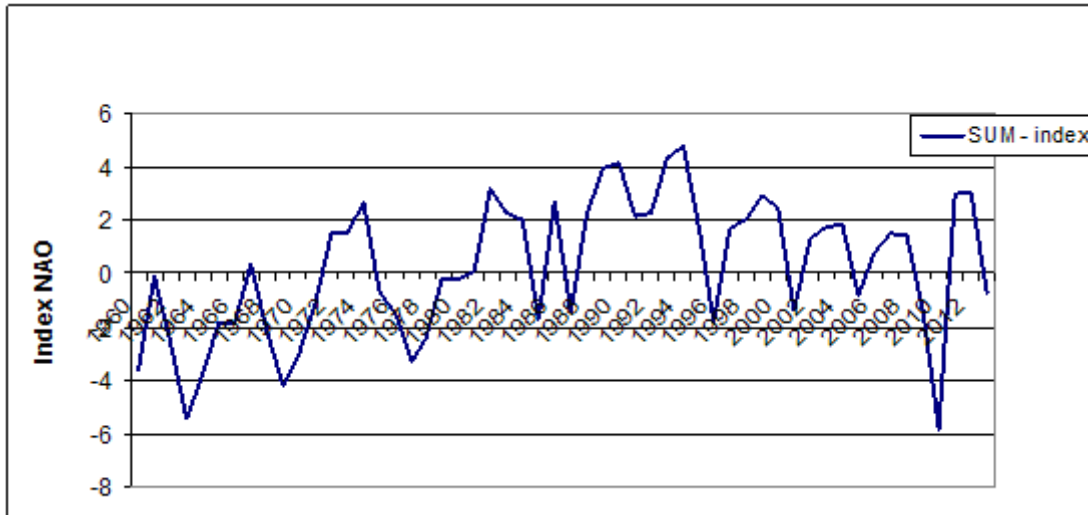
الجدول (2) الخصائص الإحصائية العامة لمجموع أمطار الشتاء في محطات الدراسة خلال الفترة (1960-2013)

اسم المحطة	الوسط الحسابي Mean	الانحراف المعياري Std.dev	أقصى هطول مطري / 1960-2013 Maximum	أدنى هطول مطري / 1960-2013 minimum
رأس منيف	458.53	152.12	920	192
إريد	374.24	120.44	783	144
المفرق	117.13	47.172	262	52
السلط	473.36	160.01	1046	185
الجامعة الأردنية	402.95	148.279	830	172
مطار عمان	209.37	83.13	403	75
الشوبك	226.78	115.985	524	75.50
معان	94.54	60.38	262	4.1

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية الأردنية ووزارة المياه والري

أما بالنسبة لقريئة الناو (NAO) فقد تم جمع البيانات الخاصة بالمؤشر خلال أشهر الشتاء والمنشورة في الموقع الخاص بالناو. (www.northatlanticslillation.com)

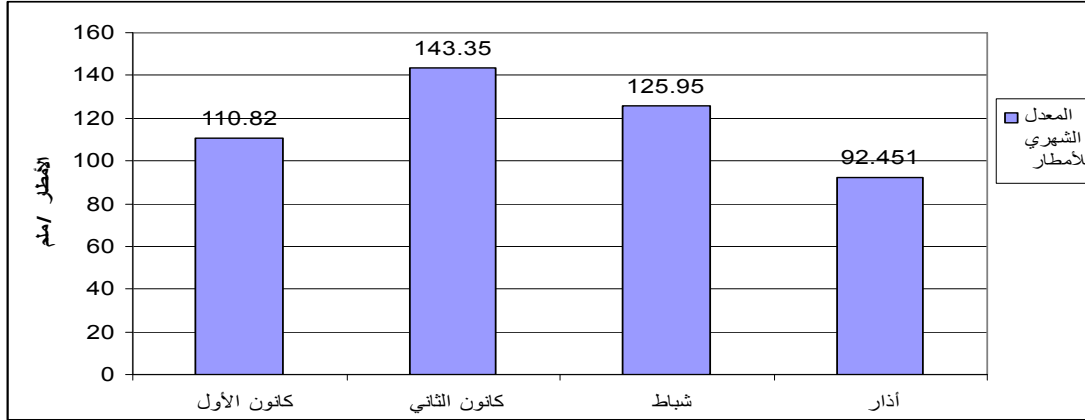
وكانت الخصائص الإحصائية العامة لقريئة الناو خلال أشهر الشتاء لجميع المحطات كالتالي: الوسط الحسابي (0.289)، الانحراف المعياري(2.476)، القيمة العظمى (4.78)، اما القيمة الصغرى (-5.82)



المصدر: إعداد الباحثة

شكل (6) المجموع الشهري (أشهر الشتاء من كانون الأول الى آذار) لقرينة الناو (NAO) للفترة (1960-2014)

يلاحظ من خلال الشكل (7) تذبذب واضح في مؤشر الناو بين السالب والموجب خلال مدة الدراسة لتكون NAO سالبة لبعض السنوات وموجبة في سنوات أخرى كما في سنة 1989 إلى 1995 حيث استمرت الناو موجبة في هذه السنوات لتعود لطورها السالب خلال الفترة 1996-1998، لتتباين بعد ذلك قيمة مؤشر الناو بين السالب والموجب لتعود في الفترة الأخيرة للقيمة الموجبة التي استمرت من 2012-2013.



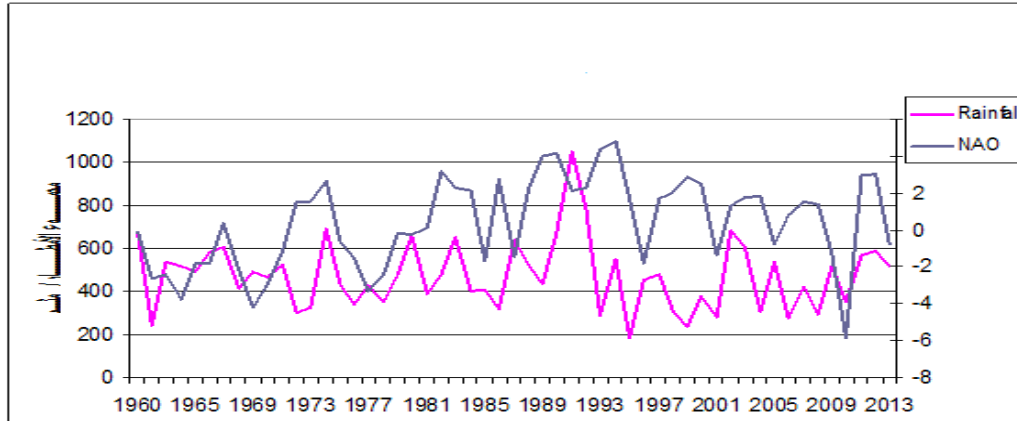
شكل (7) المعدل الشهري لكميات الأمطار الهائلة في محطة السلط خلال الفترة (1960-2013)

لقد شهدت محطة إريد، ورأس منيف، والسلط أكثر هطولاً مطرياً خلال فترة الدراسة، وذلك يعود لوجودها في المناطق الشمالية ولتضاريسها المرتفعة، ولتأثيرها بالمنخفضات المتوسطة.

السلاسل الزمنية لقرينة الناو والأمطار في الأردن

من خلال دراسة السلاسل الزمنية للأمطار الشتوية وقرينة الناو للمحطات المناخية كافة، نلاحظ أن تلك المحطات قد شهدت تقلبات قصيرة المدة ذات مدى (Magnitude) متفاوت خلال فترة الدراسة سواء أكان في كمية الأمطار أم في قرينة الناو. فالشكل (8) يبين مؤشر الناو ومجموع الأمطار في محطة السلط. ونلاحظ من خلال الشكل إن قرينة الناو ومجموع الأمطار في هذه المحطة أخذتا مساراً عكسياً بعد سنة 1969؛ أي كلما ازدادت قرينة الناو (موجبة) تناقصت الأمطار، حيث ظهرت عدة فترات تبين الارتباط العكسي لمؤشر الناو ومجموع الأمطار، فالفترة من 1969 - 1974 شهدت ارتفاعاً في مؤشر الناو يقابله تناقصاً في مجموع الأمطار وكذلك الفترة

(1984-1980) والفترة (1992-2000) كانت NAO موجبة، أما في الفترة التي امتدت من 2010 - 2011 كانت النوا (سالبة) وقابلها زيادة في مجموع الأمطار في محطة السلط وخلال عام 2012 انحبس المطر كلياً في جميع مناطق المملكة ونلاحظ في هذه الفترة صعود مؤشر النوا ليصل إلى 3.

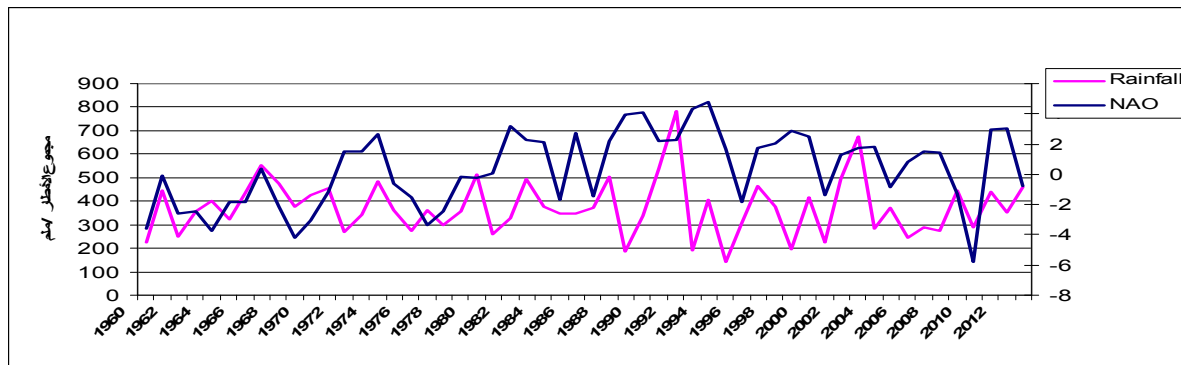


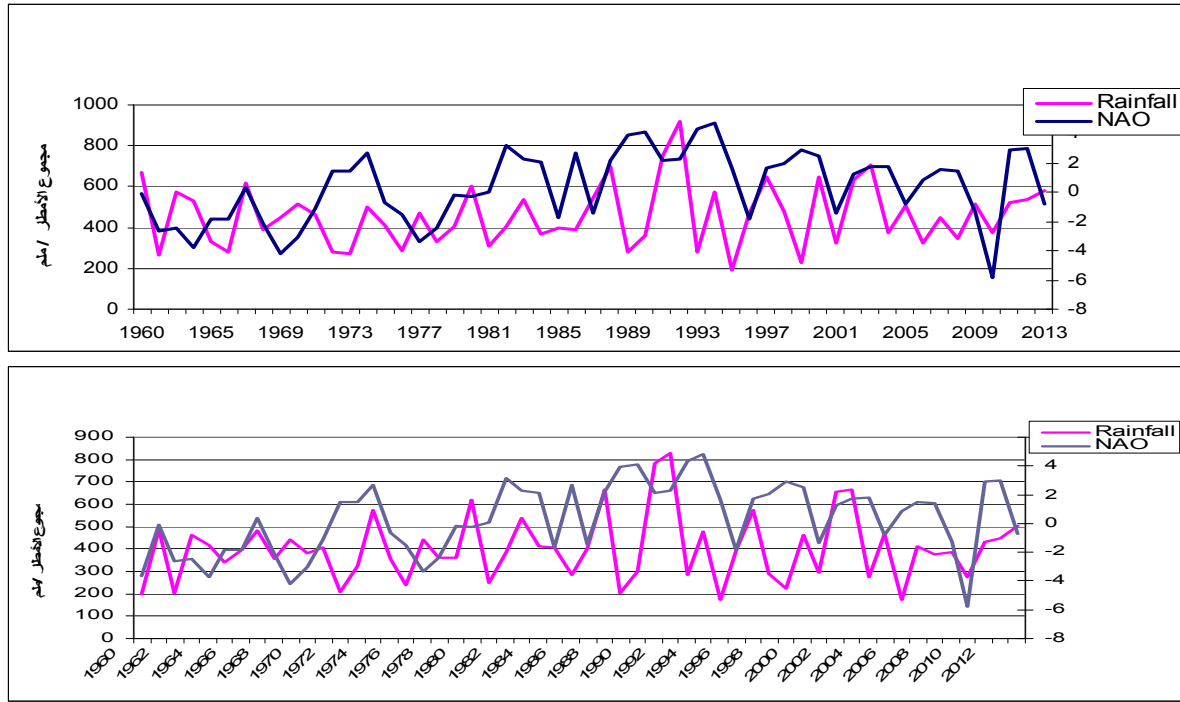
المصدر: إعداد الباحثة

شكل (8) قرينة النوا ومجموع أمطار الشتاء في محطة السلط (1960-2013)

ومن خلال تحليل الأشكال الخاصة بمجموع أمطار الشتاء وقرينة النوا في محطة إربد، ورأس منيف، والجامعة الأردنية شكل رقم (9) يتبين لنا تقارب هذه المحطات من حيث مجموع أمطار الشتاء خلال (كانون الأول - وأذار)، حيث نلاحظ وجود تقلبات كبيرة بين الزيادة والنقصان في الثلاث محطات قبل عام 2003، إلا أن تناقص الأمطار كان أكثر وضوحاً بعد سنة 2003 ليستمر إلى سنة 2010.

كما يلاحظ من مؤشر النوا استمراريته في الطور الموجب لفترات طويلة ليصل إلى القيمة (+ 5) فأكثر مع ذبذبته في نفس الطور ارتفاعاً وانخفاضاً، ليتراوح بين (0-5) في حين تتراوح المؤشر السالب لفترات قصيرة وفي سنوات مختلفة بين (-1، -5) كما في الفترة (2009-2012). وسجلت محطة إربد في شهر كانون الثاني أعلى تساقط حيث بلغ المعدل الشهري (103,81) ملم في حين سجلت المحطة في شهر كانون الأول (89,05) ملم و(99,53) ملم في شباط لتكون في شهر آذار (80,23) ملم، وتراوح المعدل الشهري لهطول الأمطار في محطة إربد (144ملم - 783 ملم)، وفي محطة رأس منيف تتراوح المعدل الشهري بين (192 - 920) ملم، أما في الجامعة الأردنية بلغ المعدل الشهري (172 - 830) ملم. وتراوح المعدل الشهري لقرينة النوا بين (4,78—5,82).





المصدر: إعداد الباحثة

شكل (9) قرينة الناو ومجموع أمطار الشتاء في محطة إريد، ورأس منيف، والجامعة الأردنية خلال الفترة (1960-2013)

أما بالنسبة لتحليل السلاسل الزمنية لقرينة الناو وأمطار الشتاء في محطة مطار عمان فشهدت الفترة (1989 - 1991) تناقص في كميات الأمطار لتزداد في سنة 1992 ثم تناقصت كميات الأمطار بعد ذلك في الفترة الممتدة من (1993 - 2002) وفي عام 2003 ازدادت كميات الهطول في المحطة لتعود بعد ذلك للانخفاض، ومن هنا نلاحظ أن المحطة شهدت ذبذبات كبيرة بين الزيادة والنقصان. أما بالنسبة لقرينة الناو فتراوحت بين الموجبة والسالبة وظهرت بشكل واضح بعد سنة 1981 كما أن مؤشر الناو اختلف من سنة لأخرى ليظهر المؤشر في الفترة (2005 - 2010) موجباً وقابل ذلك وبنفس الفترة تناقص في كميات الإمطار.

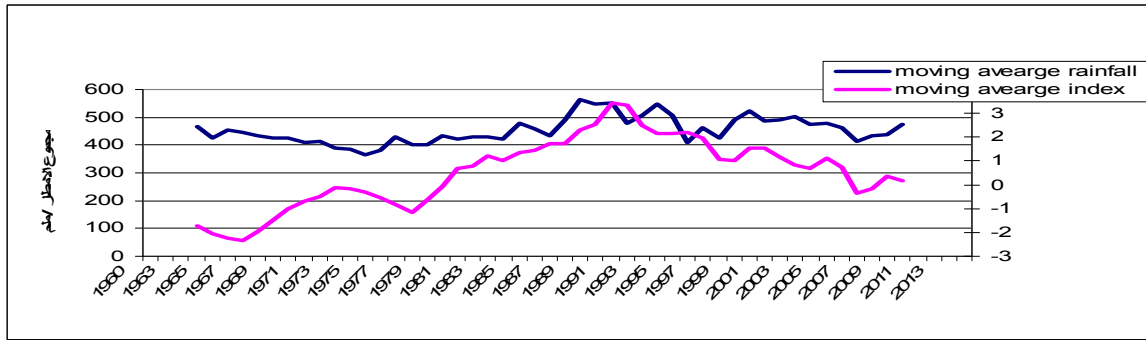
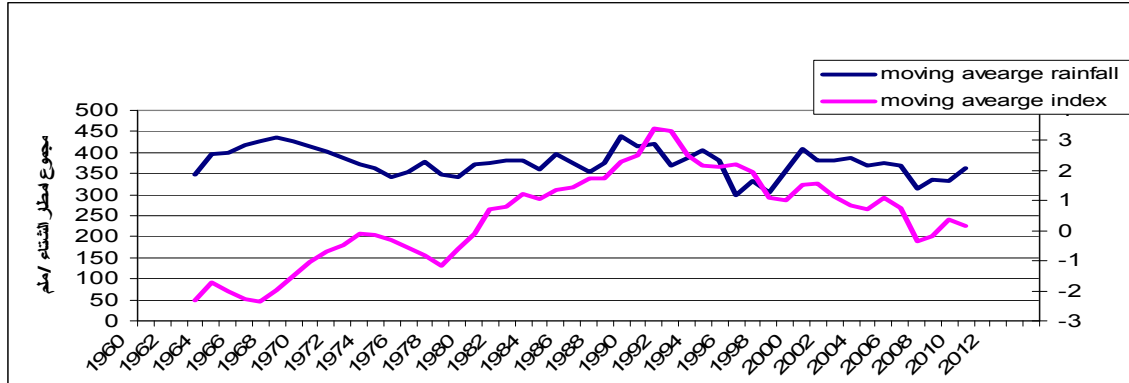
ومن خلال التحليل الخاص بالسلاسل الزمنية لمحطة معان حيث سجلت المحطة أقل تساقط مطري مقارنة بمحطات الدراسة وتراوح معدل الهطول الشهري في فصل الشتاء ليلعب في شهر كانون الأول (21,31) ملم أما في شهر كانون الثاني (28,04) ملم و(24,47) ملم في شباط وبلغ في شهر آذار (21,71) ملم، لنلاحظ تناقص مستمر بعد سنة 1993، في حين تراوحت قرينة الناو لنفس المحطة بين (4) و(-6) ورغم أن الناو كانت في مرحلتها السالبة في الفترة الممتدة من (2003 - 2012) إلا أن الأمطار كانت في تناقص مستمر، لتكون الناو قبل 2003 في مرحلتها الموجبة كما هو الحال خلال الفترة (1986 - 1996) وفي نفس الفترة لوحظ تذبذب لكميات الامطار الساقطة في محطة معان، ولعل ذلك يعود إلى أن أمطار المناطق الجنوبية في المملكة تسيطر عليها حالات عدم الاستقرار الجوي أكثر من تأثير المنخفضات الجوية.

من خلال تحليل السلاسل الزمنية الخاصة بمجموع الأمطار وقرينة الناو نلاحظ أن قرينة الناو بشكل عام ويعد عام 1995 في تناقص (ضعف الناو) على الرغم من بقائها في الطور الموجب. أما بالنسبة للأمطار فكانت في المحطات كافة متذبذبة، وفي الفترة الأخيرة أخذت مسار التناقص.

المتوسطات المتحركة (Moving Averag)

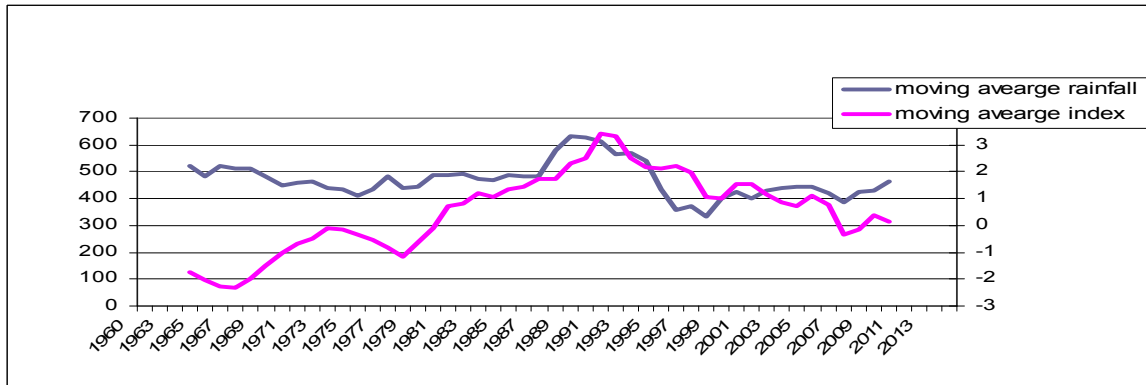
تم استخدام أسلوب المتوسطات المتحركة للتخلص من الذبذبات الخاصة بقرينة الناو وأمطار الشتاء في السلسلة الزمنية إي خلال فترة الدراسة (1960 - 2013) وذلك لإظهار الاتجاه العام لمجموع الأمطار وكذلك قرينة الناو دون الذبذبات التي تعمل على تشويه شكل الاتجاه العام، ويشير المتوسط المتحرك إلى الوسط الحسابي البسيط أو المرجح لعدد الفردي من قيم متتالية لسلسلة زمنية معينة، وفي الدراسة استخدم العدد (7) وذلك لطول مدة الدراسة، حيث تعبر قيمة المتوسط المتحرك عن قيمة المتغير للسنة الوسطى

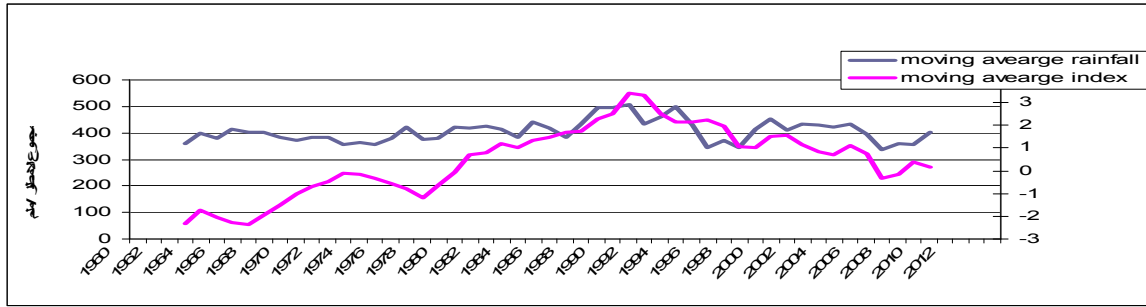
وكما نلاحظ في الشكل (10) التخلص من ذبذبات الامطار والناو على طول السلسلة الزمنية لمحطة السلط، إريد، رأس منيف والجامعة الأردنية، ومن خلال الشكل الخاص بالمتوسطات المتحركة نلاحظ اتجاه مجموع أمطار الشتاء واتجاه مؤشر الناو حيث تم إهمال أول ثلاثة قيم لسنة (1960-1962) وآخر ثلاثة قيم من السلسلة الزمنية لسنة (2011-2013) من أجل التخلص من القيم الشاذة التي تعمل على تشتيت وتشويه الشكل العام. ومن خلال استخدام هذا النوع من التحليل أصبحت الصورة الخاصة بمسار مؤشر الناو وأمطار الشتاء أكثر وضوحاً لتظهر لنا قرينة الناو في بداية السلسلة الزمنية في مرحلتها السالبة أما الامطار فتراوحت بين (450-500) ملم لغاية سنة 1987، لترتفع بعد ذلك قيمة الناو بين (الصفير) و(3) واستمرت الناو الموجبة لبعده سنة 2000 اما الامطار فشهدت تناقص وكان واضحاً في محطة السلط.



المصدر: إعداد الباحثة

شكل (10) المتوسطات المتحركة لقرينة الناو والأمطار في محطة إريد، رأس منيف، خلال الفترة (1960-2013)



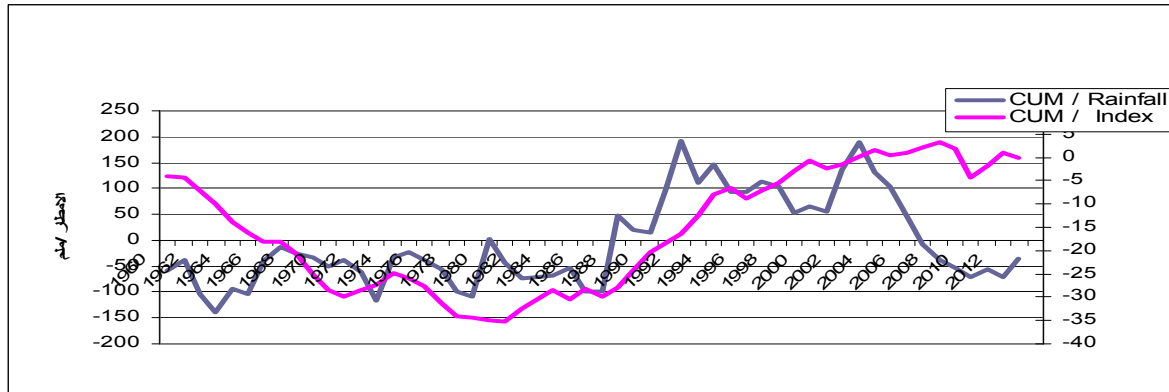
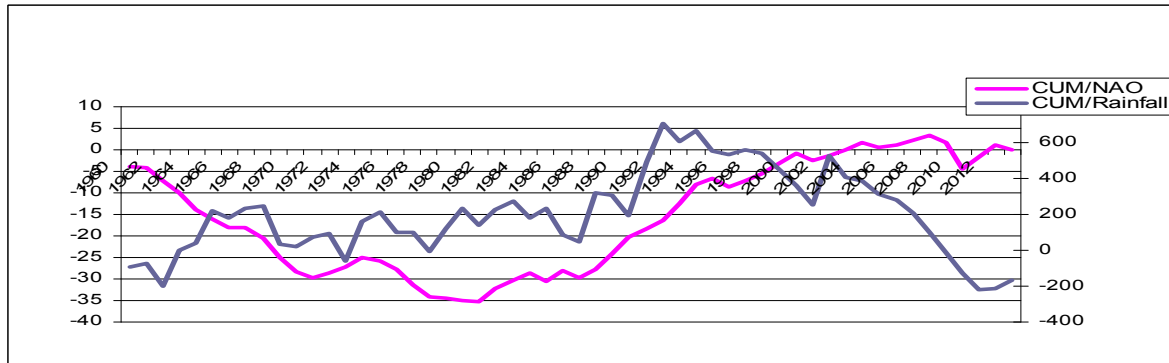


المصدر: إعداد الباحثة

شكل (11) المتوسطات المتحركة لقرينة الناو والأمطار في محطة السلط والجامعة الأردنية خلال الفترة (1960-2013)

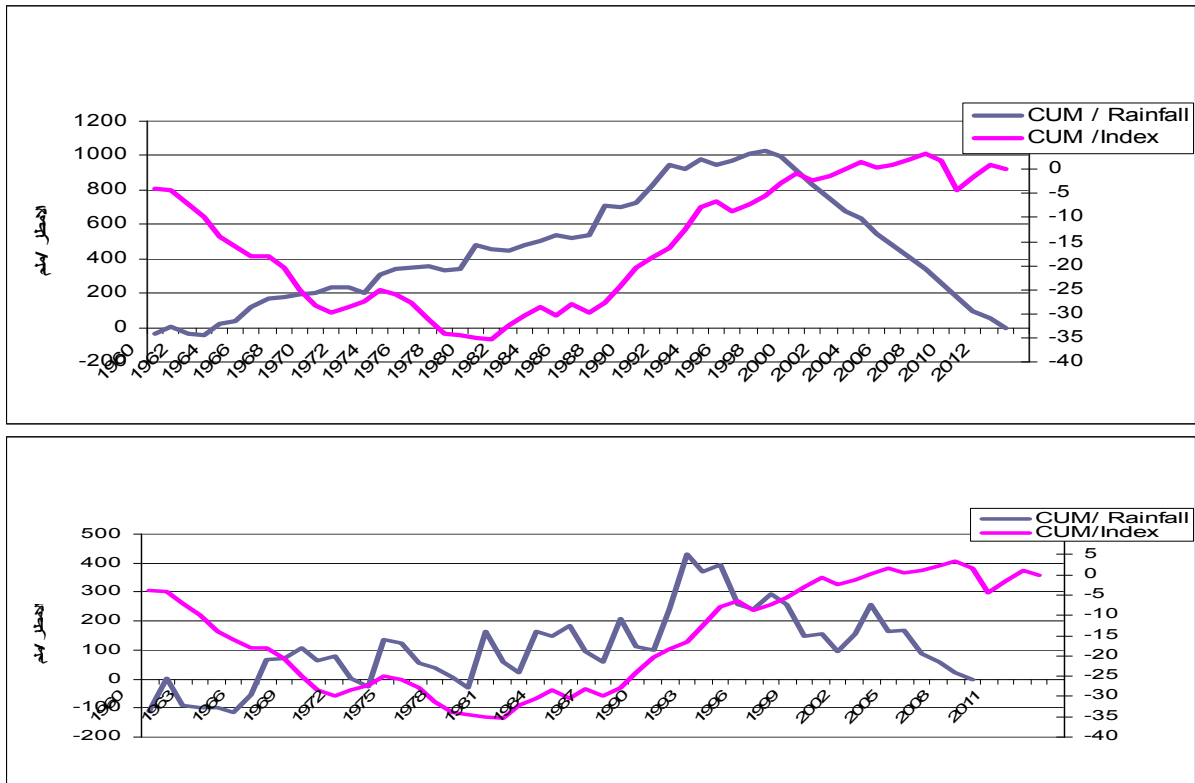
الفروقات المتجمعة (Cumulated Sums)

ويبين الشكل (12-13) المنحني التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي لقرينة الناو والأمطار في محطة الشوبك، المفرق، معان ومطار عمان خلال الفترة (1960-2013)، فتبدوا الفترات التي تشهد تزايداً على شكل منحني صاعد بينما تظهر الفترات التي تشهد تناقصاً على شكل منحني هابط. ومن خلال الشكل يظهر المنحني الخاص بالأمطار في محطة المفرق هابطاً خلال الفترة (1960-1989) ليصعد المنحني بعد ذلك ويستمر إلى سنة 2008 ثم يعود ليشهد هبوطاً مستمراً لغاية 2014 وقابل المنحني الهابط للأمطار منحني صاعد لقرينة الناو خلال هذه الفترة، أما بالنسبة لمحطة معان فكان منحني الناو في بداية السلسلة الزمنية مرتفعاً ومنحني الأمطار كان منخفضاً لغاية سنة 1971 ليرتفع بعد ذلك المنحني الخاص بالأمطار حتى سنة 2000، وفي المحطة نفسها انخفض منحني قرينة الناو ليتصاعد بعد فترة 2002 وقابل ذلك هبوط في منحني الأمطار، وفي محطة مطار عمان يلاحظ في السنوات الأخيرة منحني تراكمي صاعد لقرينة الناو في حين ظهر منحني الأمطار منخفضاً.



المصدر: إعداد الباحثة

شكل (12) المنحني التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي لقرينة الناو والأمطار في محطة الشوبك، المفرق، خلال الفترة (1960-2013)



المصدر: إعداد الباحثة

شكل (13) المنحنى التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي لقرينة الناو والأمطار في محطة معان ومطار عمان خلال الفترة (2013-1960)

نموذج الانحدار الخطي البسيط (Simple linear regression)

يبين الجدول (3) قيمة الانحدار الخطي لقرينة الناو كمتغير مستقل ومجموع امطار الشتاء (كانون الأول - وأذار) كمتغير تابع في جميع محطات الدراسة (إريد، ورأس منيف، والمفرق، ومعان، والشويك، والجامعة الأردنية، ومطار عمان، والسلط) وبيبين لنا الجدول قيمة R^2 وهو معامل التفسير لنموذج الانحدار كله؛ أي نسبة التباين في المتغير التابع وهو الامطار التي تمكن المتغير المستقل من تفسيرها وتتراوح قيمتها بين (0-1) كما يظهر قيمة b وتدل على معامل الانحدار، وتمثل درجة ميلان خط الانحدار وعندما تكون قيمته موجبة وتزيد عن الصفر يكون خط الانحدار صاعداً مما يعني أن العلاقة بين المتغير المستقل والتابع علاقة طردية. أما إذا كانت قيمته سالبة فإن خط الانحدار يكون هابطاً وتكون العلاقة بين المتغيرين علاقة عكسية وتدل b إذا كانت قيمتها صفر على عدم وجود أية علاقة بين المتغيرين. من خلال جدول رقم (8-9) نلاحظ ضعف علاقة الانحدار الخطي بين مجموع الأمطار وقرينة الناو فمعامل التفسير كان قليل مع وجود دلالة إحصائية ضعيفة في خمس محطات مناخية، كما أظهر التحليل الخاص بالارتباط بين كميات الأمطار وقرينة الناو ضعف علاقة الارتباط بينهما والسبب يعود لوجود تقلبات قصيرة المدى في السلاسل الزمنية، فمن المعروف أن السلاسل الزمنية للأمطار تتكون من تقلبات ذات مدة متفاوتة، فبعضها طويل المدى وبعضها الآخر متوسط المدى ولاكن معظم تلك التقلبات قصيرة المدى وتعرف ب (Noise)، حيث تقوم هذه التقلبات القصيرة بطمس وإخفاء علاقة الارتباط والانحدار فيما بينهما.

الجدول (3) الخصائص العامة للانحدار الخطي البسيط لكميات الأمطار وقرينة الناو في جميع محطات الدراسة للفترة (2013-1960)

المحطة	معامل الانحدار b	قيمة t	معامل التفسير R2	مستوى الدلالة الاحصائية
رأس منيف	6,33	0,449	0,010	0,46
إربد	3,82	0,572	0,006	0,57
المفرق	2,33	0,889	0,015	0,37
السلط	7,38	0,809	0,013	0,42
الجامعة الأردنية	9,58	1,170	0,026	0,24
مطار عمان	4,37	0,808	0,012	0,42
الشويك	4,25	0,657	0,008	0,51
معان	1,63	4,84	0,004	0,63

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية ووزارة المياه والري

أهم النتائج

توصلت الدراسة إلى العديد من النتائج والتوصيات، سواء أكانت تختص بمجموع الأمطار ومعدلها الفصلي، أم ما يترتب على دورة المحيط الاطلس الشمالي، وأثرها على أمطار الشتاء في الأردن ومسارها السالب والموجب خلال فترة الدراسة في مختلف المحطات، كما ترتب على هذه الدراسة وضع بعض التوصيات الضرورية فيما يخص التنبؤ بدورة المحيط الأطلسي، وتناقص الأمطار. تبين من خلال دراسة أثر دورة المحيط الأطلسي الشمالي على الأمطار في الأردن خلال فصل الشتاء للفترة (1960-2013) ما يلي:

- 1- من خلال دراسة السلاسل الزمنية لأمطار الشتاء وقرينة الناو للمحطات المناخية كافة، نلاحظ أن تلك المحطات قد شهدت تقلبات ذات مدى (Magnitude) متفاوت خلال فترة الدراسة سواءً في كمية الأمطار أو في قرينة الناو.
- 2- أثبتت النتائج أن المعدل الفصلي والسنوي لهطول الأمطار في محطات الدراسة جميعها يتجه نحو التناقص بشكل عام، حيث أظهرت السلاسل الزمنية الخاصة بمجاميع الأمطار وجود اتجاه عام للتناقص خلال الفترة (1990-2013)
- 3- وجود تناقص بشكل عام في قرينة الناو بعد عام 1990 إلى الآن على الرغم من بقاء مؤشر الناو في الطور الموجب خلال نفس الفترة، كما ظهرت عدة فترات تبين الارتباط العكسي لمؤشر الناو ومجموع الأمطار.
- 4- تبين من خلال تطبيق اسلوب المتوسطات المتحركة على مجموع الأمطار في الشتاء وقرينة الناو في محطة (السلط، وإربد، ورأس منيف، والجامعة الأردنية) مسار قرينة الناو حيث ظهر في بداية السلسلة الزمنية في الطور السالب وقابلها زيادة في كميات الأمطار الساقطة وبعد عام 1990 أخذت قرينة الناو المسار الموجب حيث تراوحت قيمة المؤشر ما بين (صفر - 4) وقابلها نقصان في مجموع الأمطار من عام (1990-2013)
- 5- أكدت نتائج المنحنى التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي على نتائج المتوسطات المتحركة ووجود علاقة عكسية بين الأمطار وقرينة الناو في محطة (معان، المفرق، الشويك، مطار عمان).
- 6- من خلال الخصائص الاحصائية العامة لمجموع كميات الأمطار خلال فترة الدراسة وجد أن معامل التغير في محطات معان المفرق والشويك ومطار عمان عالي جداً بعكس بقية المحطات مما يدل على أن هناك عوامل أشد تأثيراً من هذا المؤشر في هذه المحطات خاصة أنها تقع في مناطق جافة وشبه جافة، وتبعد كثيراً عن مسارات المنخفضات الجوية. مما يجعل عوامل الاستقرارية وعمدها والقارية والبعد عن مسار المنخفضات الجوية هي المؤثرة بشكل كبير على كميات امطارها.
- 7- أظهرت نتائج تحليل الانحدار الخطي والارتباط وجود علاقة ضعيفة بين قرينة الناو ومجموع الأمطار وذلك بسبب كثرة التقلبات قصيرة المدى التي تعمل على تشويه شكل الاتجاه العام في السلسلتين الزمانيتين الخاصة بالمتغيرين السابقين خلال الفترة (1960-2012).

أهم التوصيات

- 1- دعم برامج البحث والتطوير وزيادة الدراسات الخاصة بتذبذب شمال المحيط الأطلسي والتوسع في دراسته؛ لما لها من أهمية على مستوى العالم.
- 2- تقديم الدعم المالي لوضع استراتيجيات للتكيف مع تناقص الامطار وانحسارها.
- 3- تحسين تدفق المعلومات وإتاحتها للباحثين لمواجهة اسباب التغير المناخي، حيث وجدت صعوبة في الحصول على البيانات المناخية.
- 4- تطبيق طريقة هذه الدراسة على بقية عناصر المناخ الأخرى وخاصة درجة الحرارة.
- 5- تطوير برامج خاصة بالتنبؤ بدورة المحيط الأطلسي الشمالي وغيرها من الظواهر المؤثرة على عناصر المناخ وخاصة درجة الحرارة والأمطار.

المصادر والمراجع

- شحادة، ن. (2009)، علم المناخ، دار صفاء: عمان
- ، (1991)، مناخ الأردن، عمان: دار البشير .
- الفايد، ي. (1971)، جوانب من مناخ الأردن، جامعة بيروت العربية، بيروت.
- مطر، م، (2012)، التنبؤ والنينا والناو، مجلة العربي وزارة الاعلام، دولة الكويت، العدد 642.
- وزارة البيئة، (2008)، التقرير الأول لحالة البيئة في المملكة الأردنية الهاشمية.
- وزارة المياه والري، بيانات مناخية غير منشورة.
- دائرة الارصاد الجوية الأردنية، نشرات سنوية مناخية (1960-2013)، عمان، الأردن.
- Cullen, H. Kaplan, A. Arkin, P. and Demenocal, P. (2000) Impact of The North Atlantic Oscillation ON Middle Eastern Climate and Stream flow, Climatic Change. 315-338.
- Felis, T.Lohmann,G. Lostephan,J.and scholz,D. (2004), Increased seasonality in Middle East temperatures during the last interglacial period, Nature, 429, 164–168.
- Greene, H. Andrew, J. (2002) The flip-side of The North atlantic Oscillation and Modal Shifting Slope Water circulation patters, limnology and climatlogy.48 pp,319-322.
- Heidi, M. Kaplan, A.phillip, A. and peter, B. (2002), Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern Climate and Stream flow, Climatic Change. 315-383.
- Hurrell, J.w. & Van look, H. (1997) Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. Climate Change 36,301-326.
- Hurrell, J.W. (1995) Decadal trends in the North Atlantic Oscillation:Regional temperatures and precipitation. Science 196,676-679.
- IPCC Report (2007) The Fourth Assessment Report (AR4), <http://www.ipcc.ch/>,March 14, 2008.
- Jordan Meteorological Department, (2010) Jordan Climatological, Data Handbook, Amman, Jordan.
- Krichak. S.O & Alpert. P. (2004), Signatures of the NAO in the atmospheric circulation during wet winter months over the Mediterranean region. Climatol.1-13.
- Richard, J. (2000) North Atlantic Oscillation, Department of Oceanography, Dalhousie University.
- Wilby, R.L. O'Hare, G.P. Barnsley, N. (1997) The North Atlantic Oscillation and British Isles Climate Variability. Weather, 52: 266-276.
- WMO Report (2013), World Meteorological Organization, Commission for Basic Systems.
- <http://www.noaa.gov>.
- <http://www.North Atlantic Oscillation.com>.
- <http://ar.wikipedia.org>.

Impact of the North Atlantic Oscillation Upon Rainfall in Jordan

*Fatima Abdo Muflih Al- Tarawneh**

ABSTRACT

This study analyzes the impact of the north Atlantic Oscillation (el- NAO) upon Annual rainfall in Jordan during the period (1960-2013). The main focus of the analysis besides determining the trend of annual rainfall during that period is to evaluate the relation between the NAO index and annual fluctuations in Jordan. The main results of this research established the nature and magnitude of annual rainfall in Jordan and analyzed the relationship between NAO fluctuation and annual rainfall in Jordan. Statistical techniques were used in this research include; time series analysis, moving averages and accumulated sums. The sample of rainfall stations used in this study includes: Ras Muneif, Amman Airport, the University of Jordan, Salt, Maan, Mafraq, and Shoubak.

Keywords: North Atlantic Oscillation, NAO Index, NAO Positive and NAO Negative.

* The University of Jordan. Received on 30/8/2016 and Accepted for Publication on 8/12/2016.