أثر تذبذب شمال الأطلسي على الأمطار في منطقة طبرق للفترة (1985 – 2018م)

د. محمود محمد محمود سليمان
أستاذ المناخ في قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة طبرق
soliman4075@gmail.com

المستخلص:

تناول هذا البحث تأثير تذبذب شمال الأطلسي (North Atlantic Oscillation) على كميات الأمطار في منطقة طبرق الواقعة في القسم الشمالي الشرقي من ليبيا، و للتعرف على العلاقة بين المتغيرين تم تتبع السجل الشهري لكل من مؤشر (NAO) و كميات الأمطار في محطة طبرق للفترة 1985 – 2018. و أشارت النتائج الإحصائية إلى وجود ارتباط إيجابي ضعيف وعلاقة طردية موجبة ضعيفة لا تُذكر بين كميات الأمطار و فترات (NAO) السلبية في أغلب الأشهر، و علاقة طردية موجبة متوسطة خاصة في شهري أبريل و ديسمبر، و أوضحت الدراسة أن معظم الشهور و السنوات التي يقل أو يزيد فيها الهطول بالمنطقة ليس لها علاقة بظاهرة (NAO).

وعلى الرغم من وجود ارتفاع نسبي في المؤشر السلبي لـ (NAO) خلال عدة أشهر متتالية من فصل الشتاء وفي سنوات متفرقة إلا انه لم يكن هناك أثر على زيادة كميات الأمطار بالمحطة، كما يظهر ذلك واضحاً خلال عام 2010، لا سيما تأثير ضعيف على شهور سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر وديسمبر عام 2009. وبصورة عامة خلال المواسم الانتقالية (الربيع والخريف) كانت هناك علاقة طردية ضعيفة بين المتغيرين خاصة في شهور مارس وأبريل ونوفمبر، وظل فصل الصيف دون أثر يذكر على مدار الثلاثة عقود الماضية.

الكلمات الدالة: الأمطار – ظاهرة تذبذب شمال الأطلسي (NAO) – المناخ – التغيرات المناخية – منطقة طبرق.

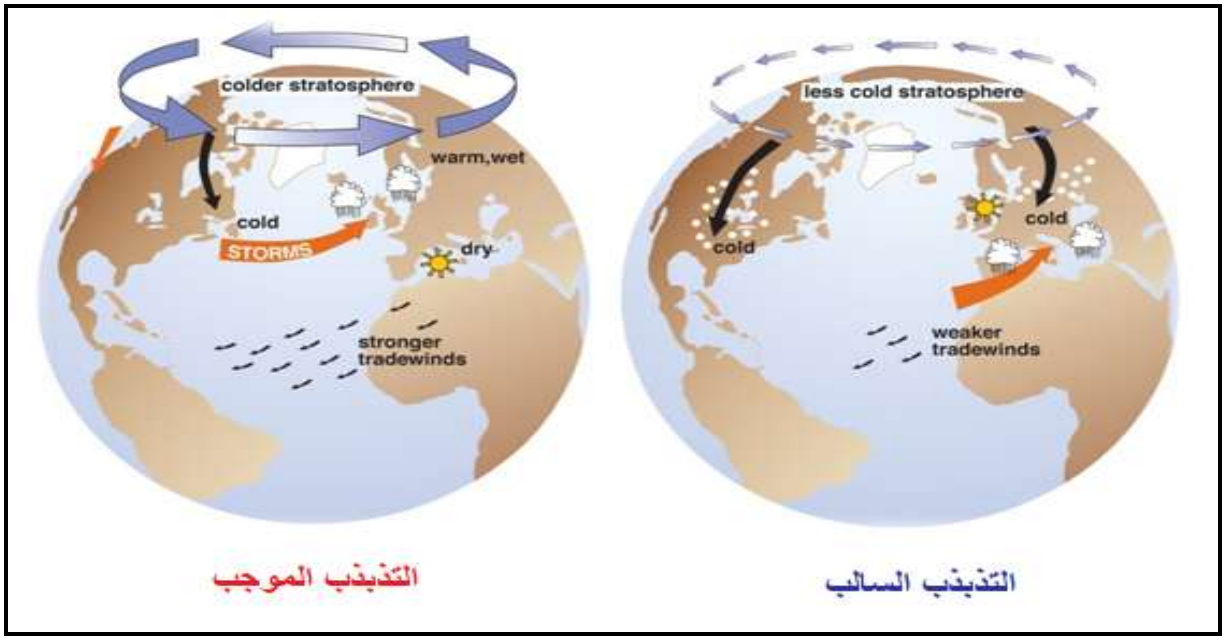
المقدمة:

يستخدم مصطلح تذبذب شمال الأطلسي North Atlantic Oscillation (NAO) من قبل علماء المناخ و خبراء الأرصاد الجوية للإشارة إلى الاختلافات في تدرج الضغط الجوي بين الضغط المنخفض الأيسلندي والضغط المرتفع الآزوري، ينتج عن هذه الاختلافات ذبذبات مغناطيسية تتحكم في قوة واتجاه الرياح الغربية وموقع مسارات العواصف عبر شمال المحيط الأطلسي، و تحدث هذه الظاهرة في جميع فصول السنة و خاصة فصل الشتاء، و لها أثر مباشر و غير مباشر على المناخ، و مصادر المياه، و الجريان السطحي في مناطق جغرافية متعددة من نصف الكرة الشمالي (Dickson et al., 2000)، حيث يرتبط مؤشر تذبذب شمال الأطلسي NAO بالتغيرات في درجات الحرارة وهطول الأمطار في تلك المناطق،

و عرّف (Hurrell, 1996) ظاهرة تذبذب شمال الأطلسي بأنها فرق في الشذوذ بين قيم الضغط الجوي في فصل الشتاء لمحطة لشبونة في البرتغال، و محطة Stykkisholmur الواقعة في شمال غرب جزيرة أيسلندا. و هذه الظاهرة هي المسئولة عن معظم التغيرات المناخية في شمال الأطلسي، على سبيل المثال رياح الغربيات و تغير اتجاهها، و مسار المنخفضات شبه القطبية، ومواقع الأعاصير المدارية و غير ذلك من تقلبات الطقس و المناخ (Hurrell, 1995) كما اثبت (Trigo et al., 2002) أن تشكل السحب و درجة الحرارة و الإشعاع الشمسي كلها عناصر تتأثر بظاهرة تذبذب شمال الأطلسي.

من أجل قياس هذا التذبذب تم اعتماد دليل خاص لتسجيل النتائج بالاعتماد على الانحراف المعياري بين قيم الضغط الجوي المرتفع الآزوري والمنخفض الأيسلندي، و ينتج عن هذا القياس أما تذبذب موجب أو تذبذب سالب، في حال **التذبذب الموجب** (Positive NAO) فإن مركز الضغط الجوي المرتفع الآزوري و مركز الضغط المنخفض الأيسلندي يكونان على أشدهما، أي يرتفع الضغط الآزوري و ينخفض الضغط الأيسلندي بشدة، و تكون خطوط الضغط المتساوي شديدة الانحدار، مما ينتج عنه غربيات شديدة تنتج عنها العواصف الرعدية و الرياح الشديدة في مناطق شمال أوروبا. أما في حال **التذبذب السالب** (Negative NAO) يكون الضغط الجوي المرتفع الآزوري والضغط المنخفض الأيسلندي ضعيفان، و هذا الضعف في المركزين يجعل خطوط الضغط المتساوي متباعدة و قليلة الانحدار، مما ينتج عنه ضعف في الغربيات، عندها يتشكل حزام من الضغط المرتفع يعمل على صد المنخفضات الجوية و الرطوبة القادمة من الغرب باتجاه غرب و شمال غرب أوروبا، ثم تقوم بالبحث عن مسار بديل و في الأغلب أنها تسلك طريقاً عبر جنوب أوروبا، و شمال غرب أفريقيا و حوض البحر المتوسط (خالد العوض، 2011).

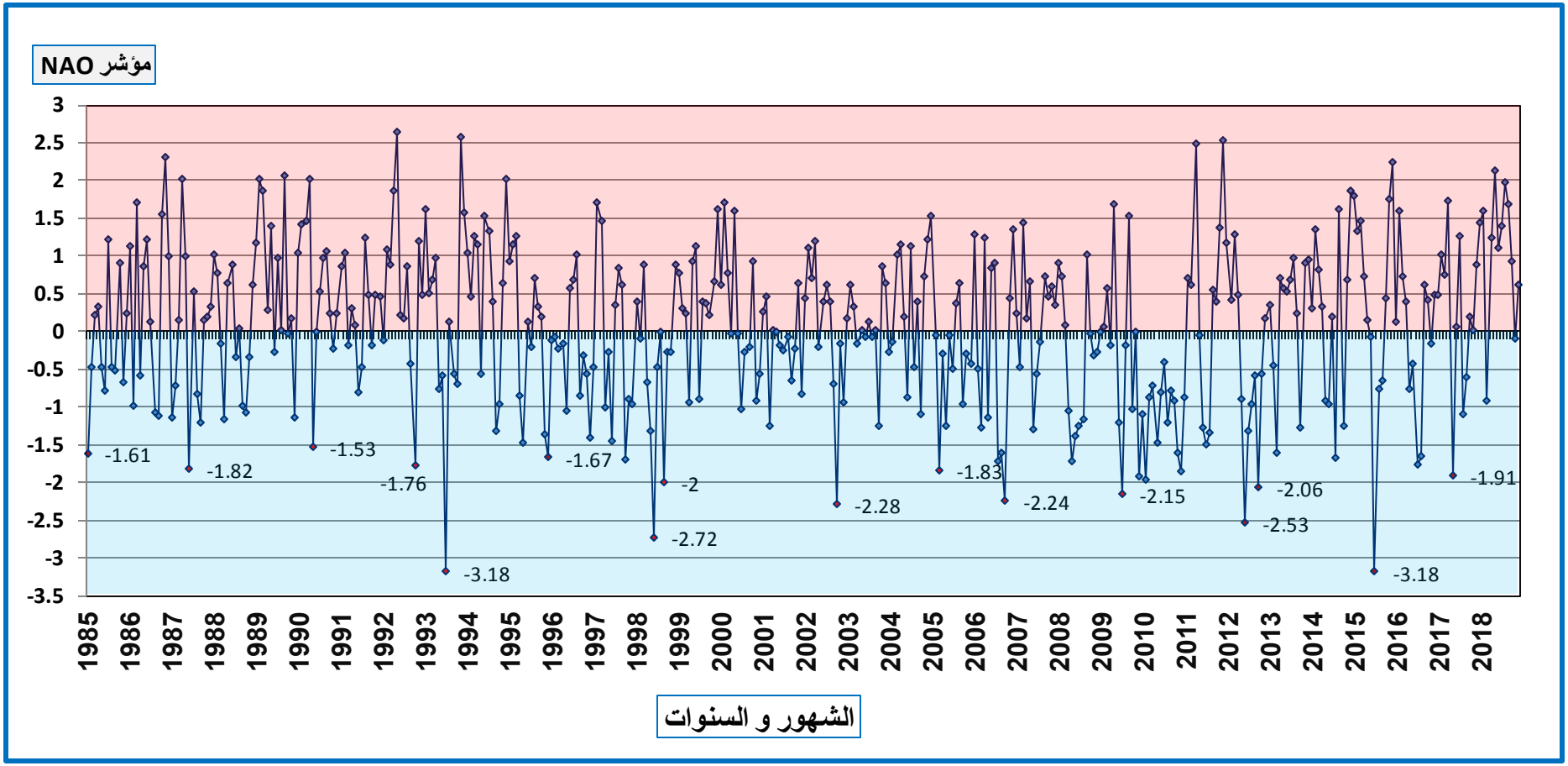
والشكل (1) يوضح دخول المنخفضات الجوية التي تجلب معها الرطوبة إلى حوض البحر المتوسط في حال التذبذب السالب، وخلو أجواء البحر المتوسط من السحب عند حدوث التذبذب الموجب.



شكل (1) يبين الفرق بين التذبذب السالب والموجب في شمال الأطلنطي. المصدر: https://nsidc.org

لقد أظهرت العديد من الدراسات أن ظاهرة (NAO) لها تأثير في التغيرات السنوية المناخية و الهيدرولوجية كدرجة الحرارة و الأمطار و الجريان السطحي في شرق حوض المتوسط، و من الملاحظ و المرصود أنه عندما يكون مؤشر الظاهرة موجب فإن كمية الأمطار تزداد في غرب أوروبا، بينما تكون الأمطار أكثر في شرق حوض البحر المتوسط عندما يكون مؤشر الظاهرة سالب (Tabari et al., 2014). وهذا هو المحور الرئيس الذي يدور عليه البحث، حيث اتضح من تتبع سجل بيانات الأمطار خلال العقود السابقة أن هناك نقص و تذبذب كبير في الأمطار من عام إلى آخر في محطة طبرق، و قد تكون الزيادة و النقص في كميات الأمطار في بعض الشهور و السنوات خاصة شهور فصل الشتاء لها علاقة بالتذبذب السالب لشمال الأطلسي.

الشكل (2) يوضح المؤشرات الشهرية للتذبذب خلال الفترة (1985 – 2018م) و يظهر من خلال الشكل الاختلاف الكبير بين قيم التذبذب من شهر إلى آخر و من عام إلى آخر.



شكل (2) المؤشرات الشهرية لتذبذب شمال الأطلسي خلال الفترة 1985 – 2018م

*النقاط الحمراء: تدل على التذبذب السالب الذي يصل تأثيره على الخصائص المناخية لشمال أفريقا و حوض البحر المتوسط.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات المركز الوطني الأمريكي للمعلومات البيئية (NCEI) على الموقع الإلكتروني

https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/nao

مشكلة الدراسة:

للتعرف أكثر على مشكلة الدراسة تمت صياغة التساؤلات التالية:

1- ما هي العلاقة بين (NAO) السالب وتذبذب سقوط الأمطار في محطة طبرق؟

2- ما هي الشهور والمواسم التي تتأثر أمطارها بظاهرة شمال الأطلسي؟

3- هل يمكن التنبؤ بظاهرة تذبذب شمال الأطلسي لاتخاذ تدابير مناسبة ضد الجفاف و العجز المائي من أجل الحفاظ على الأنشطة البشرية التي تقوم على مياه الأمطار؟

أهداف الدراسة

إن الدراسات المناخية ليست غاية في حد ذاتها ولكنها وسيلة للتعرف على المناطق المتضررة من التغيرات المناخية و الآثار المختلفة لنقص تذبذب سقوط الأمطار في المناطق الجافة و شبه الجافة، و بناءا على هذه الحقيقة يمكن صياغة أهداف الدراسة فيما يلي:

1- التعرف على آثار ذبذبات المحيط الأطلسي على الأمطار في منطقة الدراسة.

2- التعرف على العوامل الطبيعية المؤثرة على ذبذبات المحيط الأطلسي.

3- تحديد الشهور والفصول و السنوات و المواضع المتضررة من نقص و تذبذب سقوط الأمطار في منطقة الدراسة.

أهمية الدراسة:

من الأهمية بمكان دراسة العوامل المناخية المؤثرة على سقوط الأمطار في منطقة الدراسة، وحيث أن المطر هو المصدر الطبيعي الوحيد في المنطقة والذي تقوم عليه العديد من الأنشطة البشرية كالرعي و الزراعة، صار لابد من تسليط الضوء على أسباب نقص و تذبذب سقوط الأمطار في المنطقة و التي أدت إلى مشاكل بيئية كثيرة كالجفاف و العجز المائي الكبير.

مواد ومنهجية البحث

اعتمد البحث على الجانب النظري من خلال الاطلاع على المراجع كالكتب والرسائل والبحوث العلمية ذات العلاقة المباشرة وغير المباشرة بموضوع البحث على المستوى العالمي و الإقليمي و المحلي. كما اعتمد البحث بشكل كبير على المنهج التحليلي والأسلوب الكمي من خلال التعامل مع البيانات الرقمية. وقبل استخدام البيانات في البحث تم تقييمها من خلال البرامج والأساليب المستخدمة في إيجاد العلاقة بين المتغيرين.

- **مصادر البيانات**

1- تم الحصول على بيانات الأمطار اليومية و الشهرية بناءاً على سجلات محطة أرصاد طبرق و رمزها الدولي (62062)، و الواقعة على ساحل البحر المتوسط، عند دائرة عرض َ32,06ْ شمالاً، و خط طول َ23,56ْ شرقاً، و ترتفع عن مستوى سطح البحر حوالي 50 متر، عن طريق المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية (LNMC 1985 – 2018)، و لقد تجاوزت فترة الرصد 30 عام، و بذلك تكون البيانات المناخية المستخدمة في البحث قد تجاوزت الفترة الزمنية التي حددتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) في البحوث و الدراسات المناخية.

2- تم الحصول على بيانات ذبذبات شمال الأطلسي من الموقع الرسمي لـ (NOAA) و هو المركز الوطني للمعلومات البيئية (NCEI) التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) بالولايات المتحدة الأمريكية، و تم نقلها إلى برنامج Microsoft Excel 2007 و تمثيلها بيانياً.

- **تحليل البيانات**

1- استخدم برنامج (Excel QI Macros) في اختبارات فحص بيانات الأمطار الشهرية، في كل من: انتقاء بيانات الكميات السنوية للأمطار عن طريق منحنى التوزيع المثالي (الشكل رقم 6). واستخدمت مصفوفة ارتباط (Spearman) للتعرف على مستوى الدلالة بين بيانات كميات الأمطار الشهرية خلال فترة الرصد، كما استخدم اختبار (Kruskal–Wallis) لمعرفة تجانس بيانات الأمطار خلال فترة الرصد. (الجدول رقم 1).

2- تم حساب معامل ارتباط بيرسون وتحليل الانحدار بين المتغيرين من خلال الموقع الإحصائي التركي: https://korelasyon-katsayisi-ve-regresyon.hesabet.com

3- تم استخدام برنامج (SPSS) لحساب معادلة الانحدار الخطي البسيط، و لصعوبة إدخال القيم السالبة على البرنامج و عدم تقبلها، تم تمثيل النتائج بيانياً من خلال برنامج Excel.

4- استعين ببرنامج (GIS Arc map 10.4) في رسم خريطة الموقع الفلكي و الجغرافي و الخريطة الطبيعية و خريطة توزيع الأمطار بالمنطقة.

جدول (1) مصفوفة ارتباط سبيرمان لمستوى دلالة كميات الأمطار الشهرية و اختبار تجانس البيانات لـ (Kruskal–Wallis)

في محطة طبرق خلال فترة الرصد (1985 – 2018م)

المتغيرات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
يناير	1	0.200	-0.220	-0.221	0.091	0.255			-0.045	-0.184	-0.045	0.165
فبراير	0.200	1	0.096	0.091	0.125	0.305			0.080	-0.277	-0.089	0.080
مارس	-0.220	0.096	1	0.110	-0.062	-0.026			-0.105	0.040	0.055	-0.028
أبريل	-0.221	0.091	0.110	1	-0.312	-0.301			0.088	0.034	-0.054	0.067
مايو	0.091	0.125	-0.062	-0.312	1	0.255			0.242	0.247	0.213	-0.159
يونيو	0.255	0.305	-0.026	-0.301	0.255	1			0.305	-0.260	-0.077	-0.046
يوليو												
أغسطس												
سبتمبر	-0.045	0.080	-0.105	0.088	0.242	0.305			1	0.053	0.271	-0.480
أكتوبر	-0.184	-0.277	0.040	0.034	0.247	-0.260			0.053	1	0.224	-0.386
نوفمبر	-0.045	-0.089	0.055	-0.054	0.213	-0.077			0.271	0.224	1	-0.318
ديسمبر	0.165	0.080	-0.080	0.067	-0.159	-0.046			-0.480	-0.386	-0.318	1

*القيم المكتوبة بالخط العريض ذات مستوى دلالة عندما alpha = 0.05 المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج (QI Macros) على الإكسل.

Kruskal–Wallis test / Two–tailed test:

p–value (one–tailed) 0.003

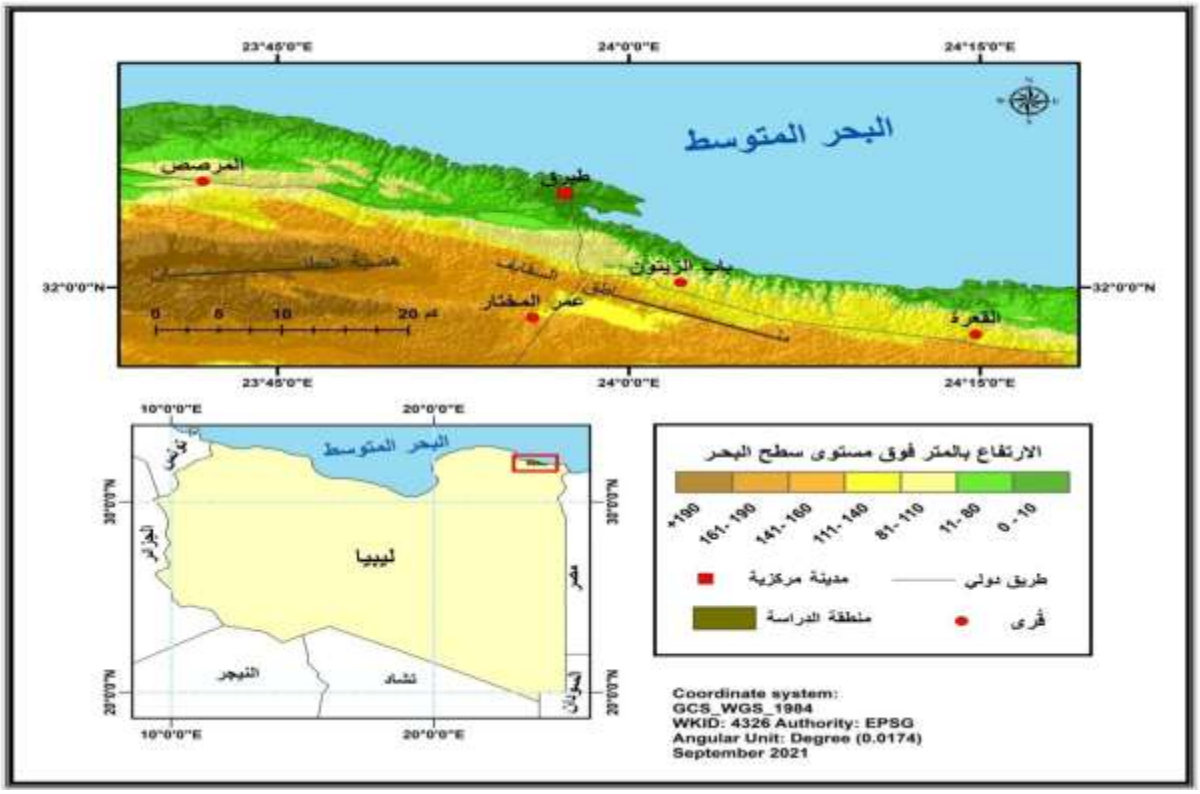
alpha 0.05

نتيجة اختبار (Kruskal–Wallis)

أقل من p–value 0.05 العينات غير متجانسة، لأن قيمة

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن هضبة البطنان و الدفنة، في القسم الشمالي الشرقي من ليبيا، بين دائرتي عرض ´31,57 و ´32,11 شمالاً و خطي طول ´23,38 و ´24,19 شرقاً تقريباً، و تمتد المنطقة باتجاه شمالي جنوبي لمسافة تتراوح بين 10 – 20 كيلو متر و باتجاه شرقي غربي يبلغ أقصاه 55 كيلومتر تقريباً، و المنطقة على شكل شبه مثلث رأسه عند بلدة القعرة شرق مدينة طبرق و قاعدته في بلدة المرصص غربها، و من البحر المتوسط شمالاً حتى بلدة عمر المختار الواقعة إلى الجنوب من مدينة طبرق بحوالي 18 كيلومتر تقريباً، وبهذا الامتداد تشغل منطقة الدراسة مساحة قدرها 1056 كيلو متر مربع تقريباً[1].



خريطة (1) الموقع وطبيعة سطح المنطقة. المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج Arc map GIS 10.4.

الدراسات السابقة:

توفرت لدى الباحث بعض الدراسات المحلية والإقليمية والدولية التي لها علاقة بتذبذب شمال الأطلسي وأثره على الخصائص المناخية و الهيدرولوجية في مناطق عدة، و كان لهذه الدراسات أثر كبير في إثراء منهجية البحث، و أهمها ما يلي:

[1] تم تحديد إحداثيات المنطقة و حساب مسافات امتدادها و مساحتها باستخدام برنامج Arc map GIS 10.4.

1- دراسة **Maurice J. McHugh** و **Jeffrey C. Rogers** في سبتمبر 2001م و قد تطرقا إلى "تأثير تذبذب شمال الأطلسي على تقلب هطول الأمطار حول منطقة جنوب شرق إفريقيا"، و من أهم نتائج البحث أن هناك علاقة قوية بين تذبذب شمال الأطلسي و هطول الأمطار في جنوب شرق إفريقيا، و تزيد هذه العلاقة بشكل كبير عندما يكون مؤشر (NAO) (قويًا). وترتبط فصول الصيف الرطبة بشكل غير عادي بتدفق الرياح الغربية التي تنشأ فوق المحيط الأطلسي شبه الاستوائي وتتجه نحو جنوب شرق أفريقيا. و في المقابل ترتبط فصول الصيف الجافة نسبيًا بزيادة تدفق الرياح الموسمية الجنوبية الشرقية الناشئة فوق المحيط الهندي شبه الاستوائي.

2- دراسة **A. Du. Nkeloh** و **J. Jacobeit** في عام 2003 حول "ديناميكيات الدورة العامة لتقلبات هطول الأمطار في البحر الأبيض المتوسط 1948 – 1998" و في نتائج البحث كان الاتجاه الملحوظ نحو الظروف الأكثر جفافاً في أجزاء كبيرة من حوض البحر المتوسط مرتبط بتغيير في الأنماط السلبية لتذبذب شمال الأطلسي منذ السبعينيات.

3- دراسة في إسبانيا قام بها كل من **L. Gimeno,** و **L. De La Torre** و **R. Nieto** في عام 2004 عنوانها "تذبذب شمال الأطلسي (NAO) و علاقته بهطول الأمطار في غاليسيا (إسبانيا) " أشارت نتائج الدراسة إلى أن تذبذب شمال الأطلسي وهطول الأمطار في غاليسيا يمكن أن يكونا مرتبطين بمقياس زمني يبلغ 8 سنوات، في حين أن تأثير ظاهرة النينيو ENSO ليس مهمًا.

4- دراسة الباحث الإيراني **Tabari و آخرون** عام 2014م "أثر تذبذب شمال الأطلسي على الجريان السطحي في غرب إيران" فوجد أن العلاقة بين المتغيرين (الجريان السطحي و مؤشر التذبذب) ضعيفة و غير ذات أهمية، مشيراً إلى أن فقط 14% من التغيرات في الجريان السطحي مرتبطة بالظاهرة، وهي نسبة ضعيفة جداً.

5- دراسة **عبدالله عبدالرحمن المسند** في جامعة القصيم بالمملكة العربية السعودية عام 2018م و كانت حول أثر ظاهرة تذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO) على الأمطار في المملكة العربية السعودية، و قد أظهر البحث عدم وجود علاقة ارتباط بين تذبذب شمال الأطلسي و بين المجموع السنوي للأمطار في منطقة الدراسة.

6- دراسة **أبوبكر عبدالله الحبتي و آخرون** عام 2020م و عنوانها "ظاهرة تذبذب شمال الأطلسي (NAO) وعلاقته بالأمطار في شمال ليبيا" فقد كشف تحليل الارتباط عن مدى تأثير (NAO) على كميات

الأمطار الشتوية، و أظهرت النتائج ارتباطات موجبة على المنطقة بأكملها. أما نتائج ارتباط أمطار شهر مارس مع تذبذب شمال الأطلسي فقد كانت أضعف مما كانت عليه في فصل الشتاء في عموم محطات الدراسة.

الخصائص المناخية للمنطقة:

كان للموقع الفلكي و الجغرافي أثر كبير على مناخ منطقة الدراسة مما جعله يتميز بالمناخ شبه الجاف على الساحل و المناخ الجاف في الأطراف الجنوبية للمنطقة، كما تتأثر منطقة الدراسة بالكتلة الهوائية المتمركزة على الصحراء الكبرى التي ينتج عنها هواء مداري قاري يتميز بالجفاف طول العام و بالحرارة في فصل الصيف، و يميل إلى البرودة في فصل الشتاء، ويكون هذا الهواء محسوسا خاصة في نهاية فصل الربيع و أوائل فصل الخريف عندما يندفع على شكل رياح (القبلي) في مقدمة الانخفاضات الجوية، كما تتأثر المنطقة بالكتلة المدارية البحرية ومصدرها المحيط الأطلسي حيث تتكون في مناطق الضغط المرتفع دون المداري و يصل تأثيرها إلى البحر المتوسط في فصل الصيف، ويمتاز هواءها بالاعتدال و الدفء و ارتفاع معدل الرطوبة النسبية، و خلال فصل الربيع و الخريف تتحرك هذه الكتلة نحو الشرق و تؤثر على منطقة الدراسة من ناحية الشمال في الأيام التي تعقب رياح القبلي و تساعد على انخفاض نسبي في درجات الحرارة، و أحيانا تسبب في سقوط كميات قليلة من المطر.

وتؤثر المنخفضات الجوية على مناخ منطقة الدراسة من عدة أوجه؛ فالمنطقة تقع ضمن حوض البحر المتوسط التي تتحرك فوقها هذه المنخفضات من الغرب إلى الشرق خلال جميع فصول السنة وتؤثر على مناخها إلى حد بعيد فتسبب تغيرات مناخية، فأحياناً تهب عليها رياح شديدة السرعة، وأحياناً تسقط الأمطار الغزيرة وتتكون العواصف الرعدية.

وبناءاً على هذه المؤثرات الطبيعية فإن معدلات درجات الحرارة في المنطقة ترتفع في فصل الصيف وتنخفض في فصل الشتاء، وتعتدل في الاعتدالين، ولقد بلغ المعدل السنوي للنهايات العظمى في محطة طبرق 23.96 درجة مئوية، أما المعدل السنوي للنهايات الصغرى فهو يصل إلى 15,43 درجة مئوية (سليمان، 2014، ص 27).

و خلال فصل الشتاء يتزحزح الضغط المنخفض الأيسلندي و الضغط المرتفع الآزوري قليلاً إلى الجنوب بواقع 5 – 10 درجات عرضية، بسبب انتقال الشمس الظاهري إلى مدار الجدي ويؤدي ذلك إلى تبريد شمال الكرة الأرضية، فتصبح منطقة الصحراء الكبرى امتداداً للضغط المرتفع الآزوري والمرتفع الآسيوي، و من هذا

النطاق العظيم للضغط المرتفع تنتشر الرياح الشمالية و الشمالية الشرقية الجافة باتجاه الضغط المنخفض الاستوائي الواقع في جنوب الدائرة الاستوائية، و الرياح السائدة في محطة طبرق خلال فصل الشتاء هي الرياح الغربية حيث بلغت أعلى نسبة هبوب لها في شهر يناير 54.3%، و تتقلب اتجاهات هبوب الرياح خلال فصل الربيع بشكل كبير فيمكن القول أن هناك توزيع متكافئ لنسب اتجاهات هبوب الرياح خلال شهري مارس وأبريل، و في شهور فصل الصيف يتركز هبوب الرياح الشمالية بنسبة 89% و هي رياح جافة في أصلها لكن بمرورها على البحر المتوسط اكتسبت الرطوبة و ساعدت على انخفاض متوسطات درجة الحرارة العظمى في منطقة الدراسة، أما شهور فصل الخريف فقد اختلفت اتجاهات هبوب الرياح فيها بشكل نسبي و بصورة عامة تسود الرياح الشمالية و الجنوبية الغربية بنسبة هبوب بلغت 59%، و 33% على التوالي. وتزداد سرعة الرياح في فصلي الشتاء والربيع، ولقد وصل أقصى معدل لسرعتها 25 كم/ الساعة خلال شهر مارس (سليمان، 2014، ص 29).

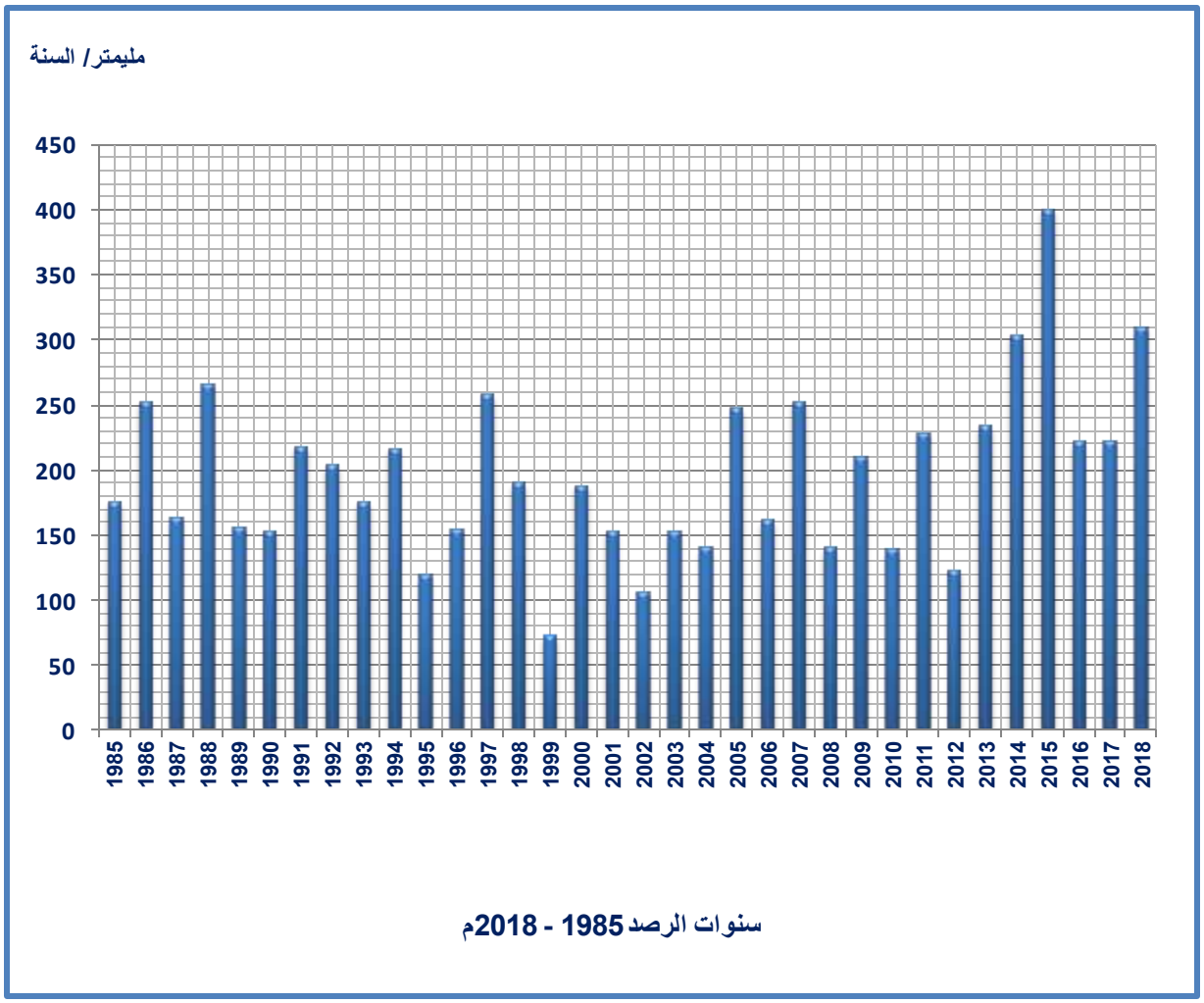
أما الرطوبة النسبية فكان أعلى متوسط شهري لها في شهر أغسطس حيث بلغ 80% ويعزى ذلك إلى زيادة كمية البَخر من البحر نتيجة لارتفاع درجة الحرارة ووقوع محطة الأرصاد الجوية طبرق على الساحل مباشرة (سليمان، 2010، ص 64). بينما تنخفض في فصل الشتاء إلى 69% و تتأثر معدلات التبخر بالرطوبة النسبية إلى حد بعيد بالإضافة إلى سرعة الرياح، فكلما زادت درجة حرارة الهواء و زادت سرعة الرياح زاد معدل التبخر، و كذلك يزداد معدل التبخر مع تناقص الرطوبة النسبية في الجو، ففي شهور فصل الشتاء كان المعدل اليومي للتبخر في محطة طبرق 4.0 مم/ اليوم، و يزداد نسبياً في شهور فصل الصيف ليصل إلى 4.7 مم/ اليوم، و لقد بلغ مجموع المعدلات السنوية للتبخر خلال الفترة 1985 – 2010م 1681 مم/ السنة (Soliman, 2020, p. 113).

الأمطار في منطقة الدراسة

يعد المطر من أهم العناصر المناخية المؤثرة على الأنشطة البشرية في منطقة الدراسة، وغالباً ما يكون المطر في منطقة الدراسة من النوع الإعصاري الذي ينتج عن مرور المنخفضات الجوية حيث يتزايد نشاطها مع تقدم فصل الخريف إلى أن تصل إلى ذروتها في منتصف فصل الشتاء ثم تخبو تدريجياً في فصل الربيع وتتوقف تماماً في فصل الصيف. ويحدث ذلك بسبب جذب الضغط الجوي المنخفض لتيارين هوائيين من مصدرين مختلفين في درجة الحرارة و عندما يحدث تقابل بين هذين التيارين يصعد الهواء فيبرد و يحدث تكاثف خاصة إذا كان أحد التيارين محملاً ببخار الماء (علي، 2004، ص 123).

- **تطور المجموع السنوي و الفصلي لكميات الأمطار بمنطقة الدراسة**

تتكون البيانات الخام للأمطار من حساب الهطول اليومي خلال فترة الرصد، و تم استخراج المجموع الشهري لغرض وضعها في سلسلة شهرية و فصلية و سنوية، و فيما يلي عرض عام لسلسلة المجموع السنوي للأمطار في محطة طبرق، و التوزيع النسبي لكميات الأمطار على فصول السنة للفترة 1985 – 2018م.

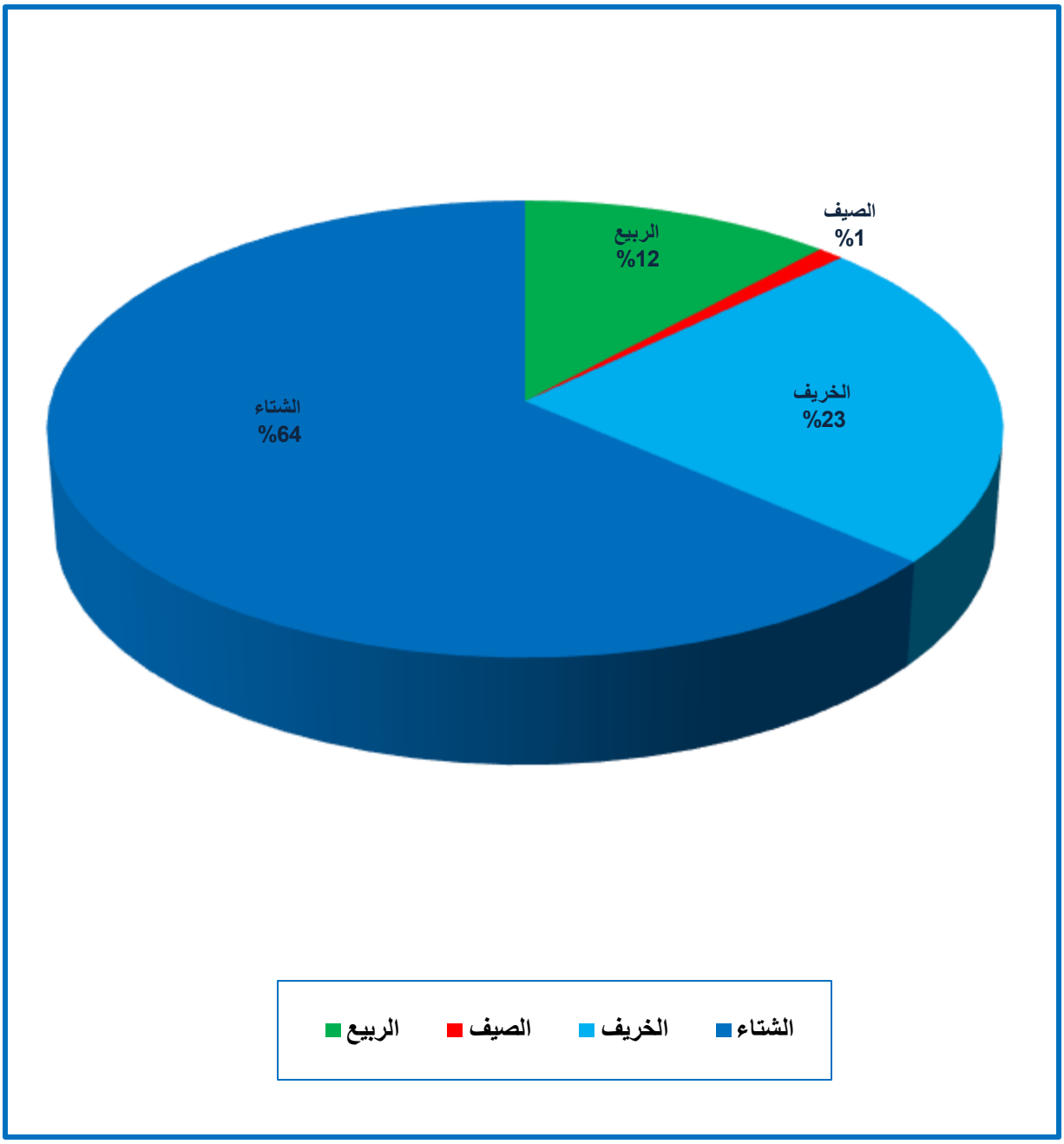


شكل (3) تطور المجموع السنوي لكميات الأمطار بالمليمتر (1985 – 2018م)

المصدر: من عمل الباحث.

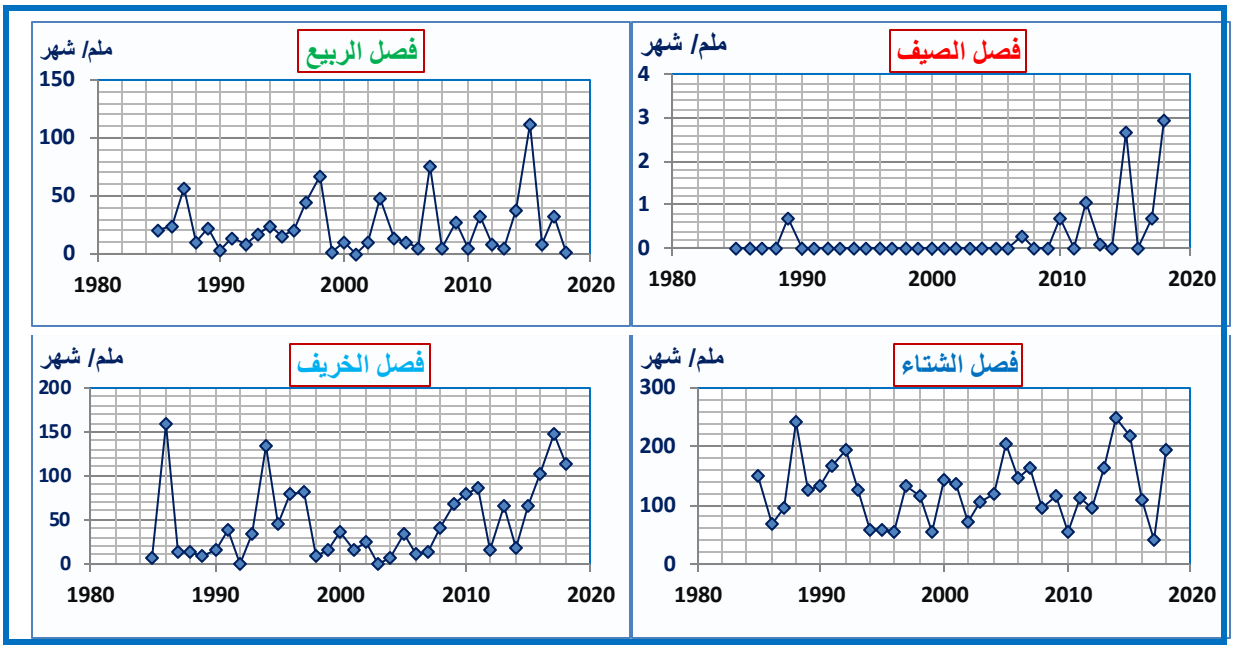
من خلال الشكل (3) يمكن القول إن كميات الأمطار في محطة طبرق تتذبذب من عام إلى آخر، و إن أعلى كمية مطر سُجلت في عام 2015 حيث بلغت 399 مليمتر تقريباً، و إن أقل كمية مطر كانت في سنة 1999م 72 مليمتر تقريباً، و لقد بلغ المعدل السنوي للأمطار خلال فترة الرصد 197.38 مم.

من الشكل (4) يُلاحظ أن التوزيع النسبي للأمطار على فصول السنة يتركز في فصل الشتاء بنسبة تقدر بـ 64%، ويليه فصل الخريف 23%، ثم الربيع 12%، ويكاد ينعدم المطر في فصل الصيف، ويتضح ذلك من خلال الشكل (5) الذي يبين تطور كميات الأمطار في فصول السنة.



شكل (4) التوزيع النسبي لكميات الأمطار على فصول السنة للفترة (1985 – 2018م)

المصدر: من عمل الباحث.



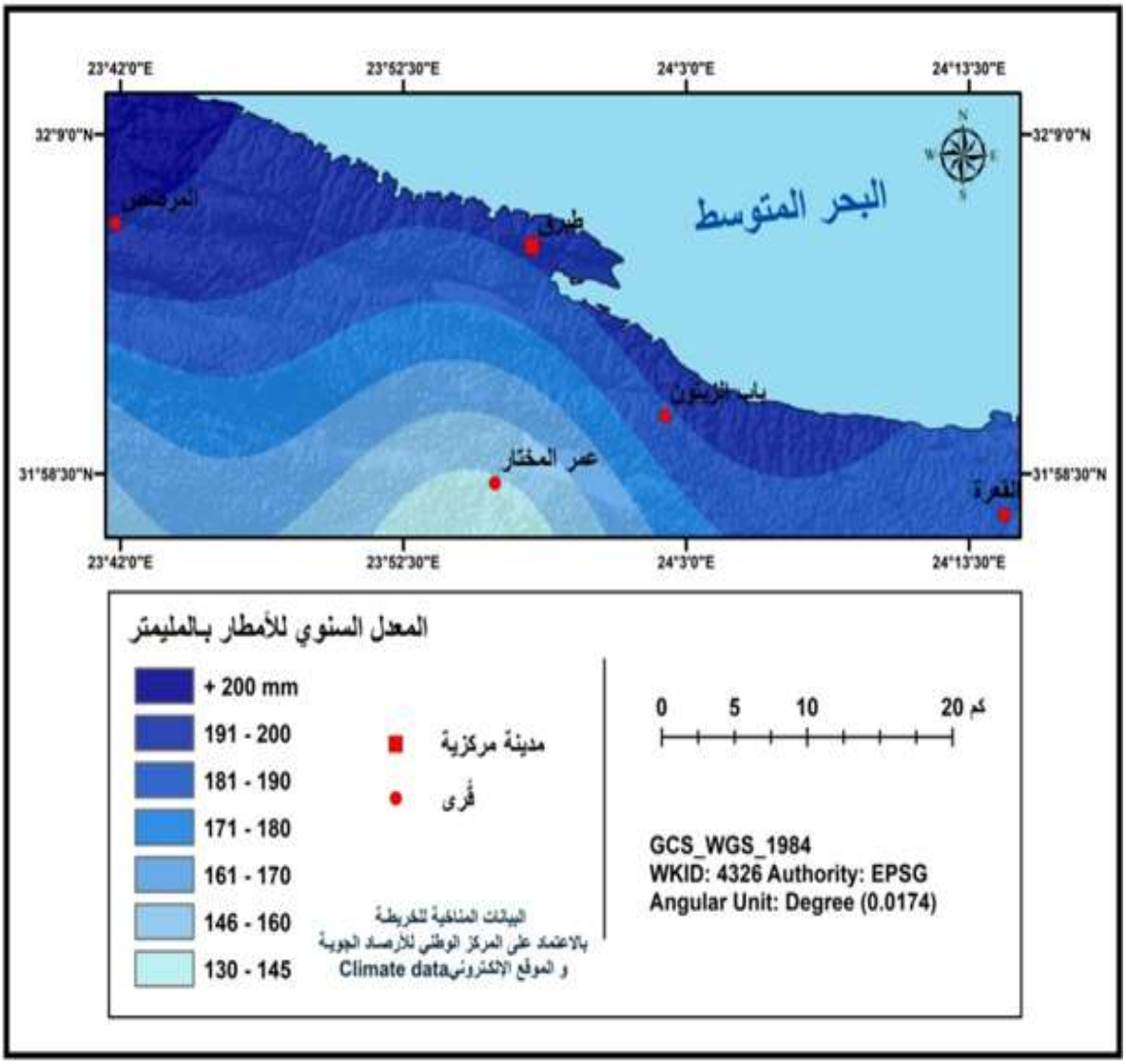
شكل (5) تطور كميات الأمطار الفصلية في محطة طبرق خلال الفترة (1985 – 2018م)

المصدر: من عمل الباحث.

من خلال ما تقدم يمكن القول أن الأمطار في منطقة الدراسة خلال فترة الرصد متذبذبة من عام إلى آخر و من فصل إلى آخر، كما أنها تتصف بالعشوائية و تتعرض إلى تغيرات كبيرة على مدى زمني طويل يؤدي إلى تعرض المنطقة لفترات من الجفاف، فعلى سبيل المثال هناك سنوات اتصفت بالجفاف و قلة الأمطار، بينما هناك سنوات اتصفت بغزارة أمطارها كسنة 1988م 265.8 مليمتر، و 1991م 217.8 مليمتر، و 1997م 257.6 مليمتر، و 2014م 304 مليمتر، و كانت أكثر السنوات غزارة هي 2015م حيث بلغت 399.98 مليمتر، و بلغت كمية الأمطار خلال موسم 2018م 310 مليمتر.

➢ توزيع الأمطار في منطقة الدراسة

يتبين من الخريطة (2) أن كميات الأمطار تتناقص في اتجاهين: اتجاه شمالي جنوبي يغزر فيه المطر في الشمال ويتناقص كلما اتجهنا جنوباً، وهو بسبب البعد عن المؤثرات البحرية. واتجاه غربي شرقي ينقص فيه المطر كلما اتجهنا شرقاً، ولعل ذلك بسبب اتجاه الساحل حيث تهب الرياح بموازاة الساحل مما يقلل من فرصة سقوط كميات أكبر من الأمطار.



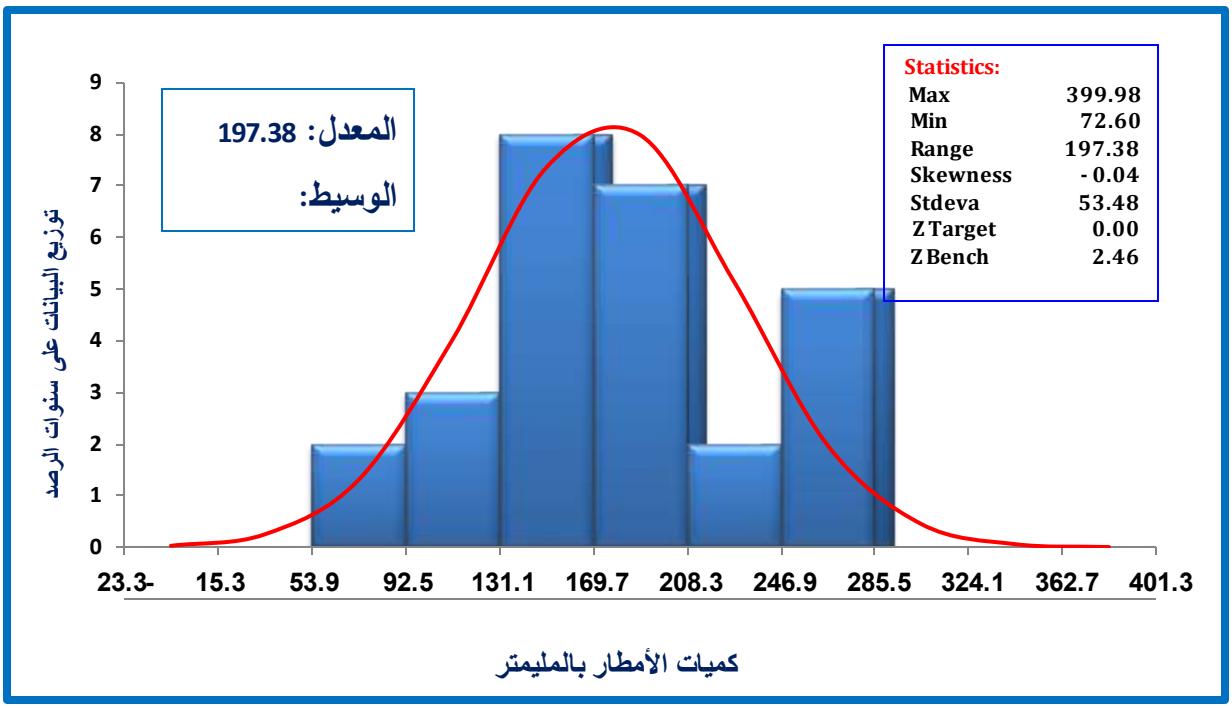
خريطة (2) التوزيع السنوي لكميات الأمطار في منطقة طبرق

المصدر: من حساب الباحث باستخدام برنامج Arc map GIS 10.4.

النتائج والمناقشة:

التحليل الإحصائي والوصفي لبيانات الأمطار

من السلسة الشهرية والسنوية للهطول يمكن التعرف على التوزيع المثالي لبيانات الأمطار في محطة طبرق، ويمكن أيضاً الحصول على إحصاءات وصفية هامة للبيانات، ومن خلال الشكل التالي سيتم هنا التعرف على التوزيع المثالي للبيانات.



شكل (6) منحنى التوزيع المثالي لبيانات الأمطار السنوية في محطة طبرق

المصدر: من عمل الباحث، باستخدام برنامج (QI Macros on Excel).

من خلال الشكل (6) يمكن القول أن توزيع بيانات الأمطار على سنوات الرصد غير مثالي، و هذا يدل على تذبذب واضح للمطر من عام إلى آخر، فعلى سبيل المثال هناك ثمان سنوات سقطت فيها كمية أمطار تتراوح بين 131.1 – 169.7 مليمتر، و هي كمية قليلة مقارنة بالسنوات التي تسقط فيها كميات كبيرة و التي لا يتجاوز عددها خمس سنوات. ويشير الشكل البياني إلى أن كمية الأمطار التي تتراوح بين (131.1 إلى 169.7 ملم / س) هي الأكثر استمرارية وتتوزع على 8 سنوات. يتبع ذلك (169.7 إلى 208.3 ملم / سنة) موزعة على 7 سنوات ، (246.9 إلى 285.5 ملم / سنة) موزعة على 5 سنوات ، (92.5 إلى 131.1 ملم / سنة) على مدى 3 سنوات ، (53.9 إلى 92.5 ملم / سنة) و (208.3 إلى 246.9 ملم /سنة) موزعة على مدى عام واحد على فترتين، و كانت أكبر القيم فيما بين (362.7 و 399.98 مم/السنة) و سنة واحدة ظهرت في نهاية الحد الأعلى المنحنى.

- **العلاقة بين تذبذب شمال الأطلسي وكميات الأمطار الشهرية**

من أجل التعرف على العلاقة بين السبب (NAO) والنتيجة (كميات الأمطار الشهرية) تم استخدام معامل ارتباط بيرسون وتحليل الاتجاه ومعادلة الانحدار الخطي البسيط، وفيما يلي طريقة استخراج العلاقة وتوضيحها.

معامل الارتباط وتحليل الانحدار للعلاقة بين المتغيرين

لقد تم استخراج العلاقة بين المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية ومؤشر تذبذب شمال الأطلسي عن طريق معادلتي ارتباط بيرسون وتحليل الانحدار الذي يستخدم لتحديد العلاقة بين متغيرين مستمرين (مستقل، وتابع).

جدول (2) نتائج معامل ارتباط بيرسون و تحليل الانحدار للعلاقة بين كميات الأمطار الشهرية و مؤشر (NAO) في محطة طبرق للفترة (1985–2018م)

الشهور	معامل الارتباط		نتيجة تحليل الانحدار
	R	العلاقة	
يناير	0.192	علاقة إيجابية ضعيفة	y = 0.121 + 0.006x
فبراير	0.176	علاقة إيجابية ضعيفة	y = 0.341 + 0.006x
مارس	0.274	علاقة إيجابية ضعيفة	y = 0.222 + 0.021x
أبريل	0.365	علاقة إيجابية متوسطة	y = 0.108 + 0.016x
مايو	0.008	علاقة إيجابية ضعيفة جداً	y = −0.178 + 0.005x
يونيو	−0.003	لا توجد علاقة	y = −0.352 − 0.384x
يوليو	−0.009	لا توجد علاقة	y = −0.236 + 0.163x
أغسطس	−0.001	لا توجد علاقة	y = −0.193 + 0.482x
سبتمبر	0.021	علاقة إيجابية ضعيفة جداً	y = −0.032 + 0.002x
أكتوبر	0.001	علاقة إيجابية ضعيفة جداً	y = −0.085 + 0.003x
نوفمبر	0.254	علاقة إيجابية ضعيفة	y = −0.016 + 0.008x
ديسمبر	0.383	علاقة إيجابية متوسطة	y = 0.020 + 0.005x

*القيمة 0 لا توجد علاقة، < 0 علاقة سلبية، 0.1 – 0.3 ارتباط قليل ضعيف، 0.3 – 0.5 ارتباط متوسط/ علاقة متوسطة، 0.5 – 1 ارتباط قوي/ علاقة قوية.

المصدر: من حساب الباحث.

من خلال الجدول (2) أظهرت نتائج معامل ارتباط بيرسون وتحليل الانحدار بين المتغيرين أن هناك علاقة ارتباط ضعيفة و ضعيفة جداً بين المتغير المستقل (NAO) و كميات الأمطار الشهرية، فيما عدا العلاقة الإيجابية المتوسطة التي ظهرت في شهري أبريل و ديسمبر، و لندرة سقوط الأمطار أظهرت شهور فصل الصيف انعدمت العلاقة بين المتغيرين نتيجة للقيم الصفرية.

معادلة الانحدار الخطي البسيط

الانحدار الخطي البسيط: يعني أن المتغير التابع Y يعتمد على متغير مستقل واحد وهو X وكلمة " خطي" تعني أن العلاقة بين المتغيرين (X،Y) علاقة خطية [2]. وفي المعادلة يتم فحص العلاقة بين السبب والنتيجة بين متغيرين أو أكثر من أجل عمل تنبؤات أو استنتاجات وتتميز هذه العلاقة بنموذج الانحدار (Yılmaz, 2018). وهي لتحديد العلاقة بين المتغيرين المستقل والتابع X و Y (Cosun, 2008 and Şen, 2013). وبناءاً على قيم X (مؤشر NAO) وقيم Y (كميات الأمطار) تم وضع الجدول والأشكال **البيانية التالية:**

جدول (3) نتائج معادلة الانحدار الخطي البسيط بين المؤشر الشهري لـ (NAO)

وكميات الأمطار الشهرية

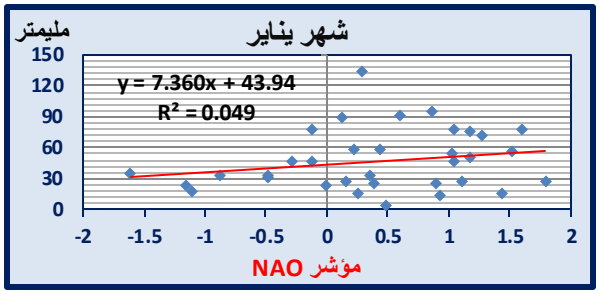
الشهور	معامل التحديد r^2	معامل الانحدار	العلاقة الخطية
يناير	0.049	Y= 7.360x + 0.010	علاقة طردية موجبة ضعيفة
فبراير	0.031	Y= 5.038x + 29.42	علاقة طردية موجبة ضعيفة
مارس	0.075	Y= 3.659x + 9.379	علاقة طردية موجبة
أبريل	0.133	Y= 2.215x + 3.550	علاقة طردية موجبة
مايو	0.007	Y= 1.523x + 8.402	علاقة طردية موجبة ضعيفة
يونيو	-0.012	Y= 0.033x + 0.130	علاقة طردية سالبة ضعيفة
يوليو	0.023	Y= 0.008x + 0.010	علاقة طردية موجبة ضعيفة
أغسطس	0.002	Y= 0.128x + 0.135	علاقة طردية موجبة ضعيفة
سبتمبر	0.001	Y= 0.189x + 3.792	علاقة طردية موجبة ضعيفة
أكتوبر	0.026	Y= 4.021x + 20.78	علاقة طردية موجبة ضعيفة
نوفمبر	0.064	Y= 8.282x + 22.84	علاقة طردية موجبة
ديسمبر	0.061	Y= 7.033x + 45.88	علاقة طردية موجبة

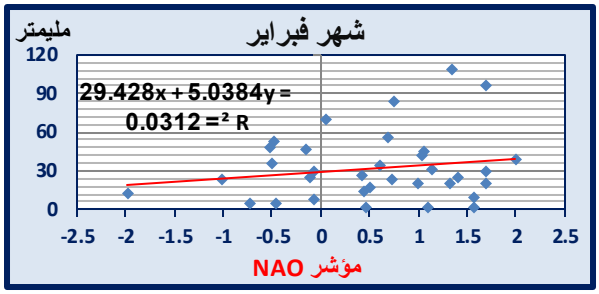
معامل التحديد r^2 > 0.05 تعني علاقة خطية طردية موجبة.

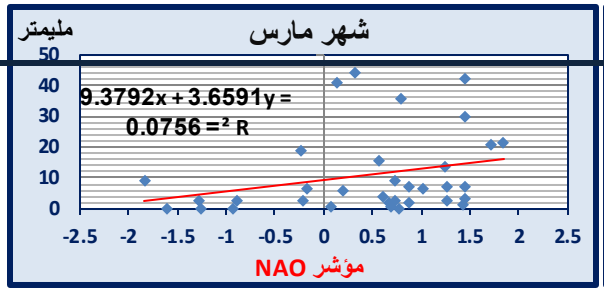
معامل التحديد r^2 < 0.05 تعني علاقة خطية طردية موجبة ضعيفة.

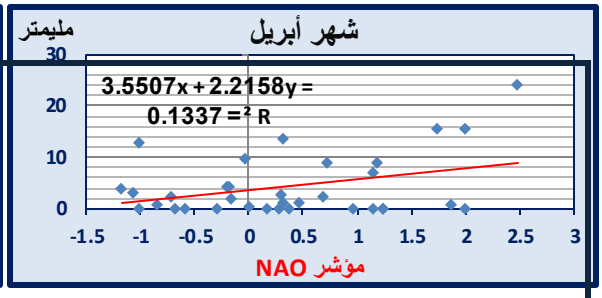
معامل التحديد r^2 < 0.00 تعني علاقة خطية طردية سالبة. **المصدر: من حساب الباحث.**

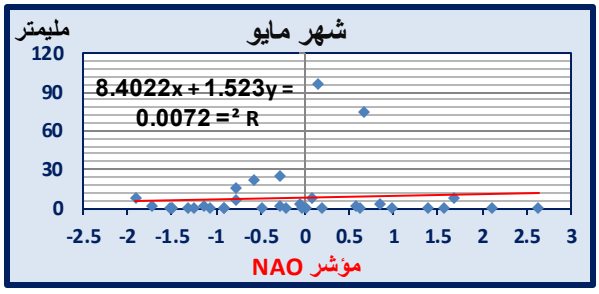
[2] و هي حساب المربعات الصغرى من نموذج الانحدار الخطي مع متغير تفسيري واحد. وبعبارة أخرى، الانحدار الخطي البسيط هو خط مستقيم يمر بمجموعة من النقاط بطريقة تجعل مجموع مربع النقط المتبقية من النموذج (أي، المسافات الرأسية بين النقطة المتبقية والخط) أقل ما يمكن. https://www.colorado.edu/amath/sites/default/files/attached-files/ch12_0.pdf

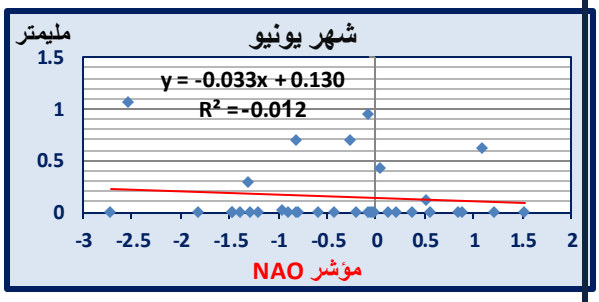

شهر يناير
مليمتر
y = 7.360x + 43.94
R² = 0.049
مؤشر NAO

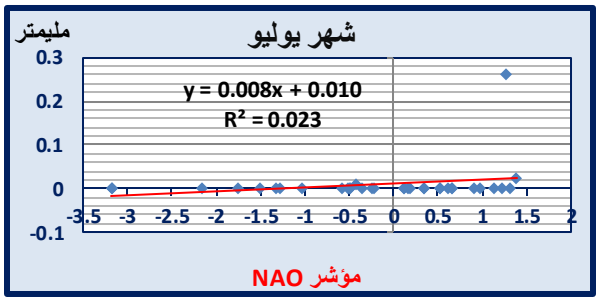

شهر فبراير
مليمتر
29.428x + 5.0384y =
0.0312 = ² R
مؤشر NAO

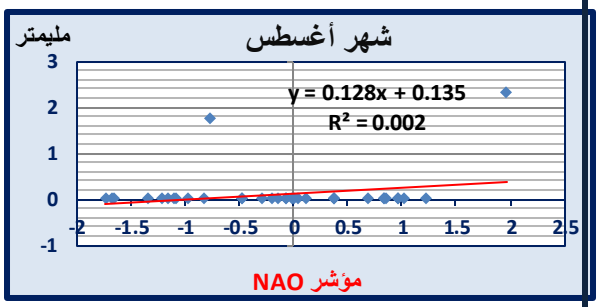

شهر مارس
مليمتر
9.3792x + 3.6591y =
0.0756 = ² R
مؤشر NAO

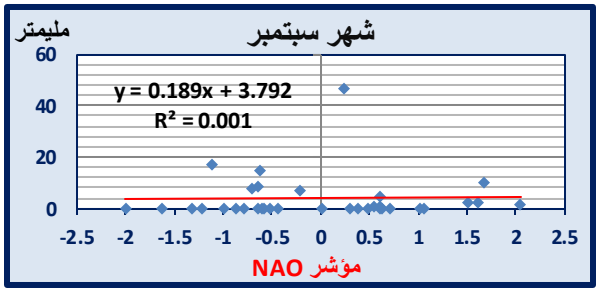

شهر أبريل
مليمتر
3.5507x + 2.2158y =
0.1337 = ² R
مؤشر NAO

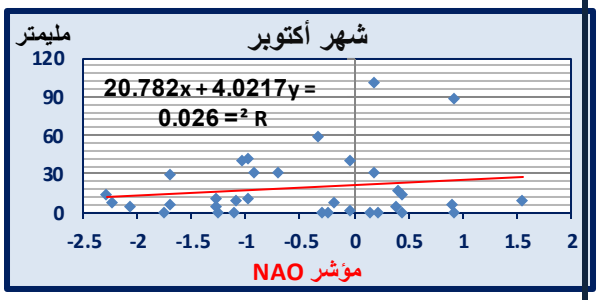

شهر مايو
مليمتر
8.4022x + 1.523y =
0.0072 = ² R
مؤشر NAO

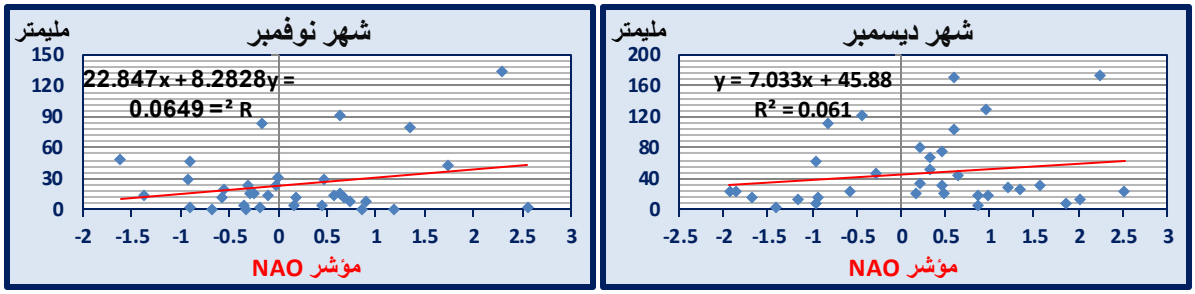

شهر يونيو
مليمتر
y = -0.033x + 0.130
R² = -0.012
مؤشر NAO


شهر يوليو
مليمتر
y = 0.008x + 0.010
R² = 0.023
مؤشر NAO


شهر أغسطس
مليمتر
y = 0.128x + 0.135
R² = 0.002
مؤشر NAO


شهر سبتمبر
مليمتر
y = 0.189x + 3.792
R² = 0.001
مؤشر NAO


شهر أكتوبر
مليمتر
20.782x + 4.0217y =
0.026 = ² R
مؤشر NAO



شكل (7) معادلة الانحدار الخطي البسيط لمؤشر (NAO) و قيّم الأمطار الشهرية للفترة (1985–2018)

المصدر: من عمل الباحث.

من خلال الجدول (3) والشكل (7) يمكن التوصل إلى عدة حقائق أهمها ما يلي:

- ❖ في شهري يناير وفبراير كانت العلاقة بين مؤشر شمال الأطلسي وكميات الأمطار علاقة طردية ضعيفة، وهو ما يخالف الفرضية التي تقول أن هناك علاقة طردية موجبة قوية بين المتغيرين في هذين الشهرين.
- ❖ تبين أن هناك علاقة طردية موجبة بين (NAO) وكميات الأمطار في شهور مارس وأبريل ونوفمبر وديسمبر، وبالفعل عند النظر إلى القيم في الشكل (2) الخاص بمؤشرات التذبذب ومقارنتها بكميات الأمطار في نفس الشهور والسنوات يتضح أن التذبذب السالب له علاقة بزيادة كمية الأمطار وإن كانت زيادة طفيفة على المدى البعيد، وأقوى علاقة سجلت بين المتغيرين في شهري مارس وأبريل.
- ❖ في شهور يوليو وأغسطس وسبتمبر وأكتوبر كانت العلاقة طردية موجبة وضعيفة جداً، فمن المعلوم أن الأمطار تنعدم في شهري يوليو وأغسطس، ولعل هذه العلاقة نتجت عن ضعف تذبذب شمال الأطلسي في هذين الشهرين.
- ❖ تبين من معادلة الانحدار الخطي البسيط أنه يوجد علاقة طردية موجبة في شهور مارس وأبريل ونوفمبر وديسمبر، وهناك علاقة طردية سالبة ضعيفة فقط في شهر يونيو، و لعل ذلك بسبب عدم وجود تجانس في بيانات المتغيرين خلال شهر يونيو في معظم سنوات الرصد.

الخاتمة والتوصيات:

أظهرت نتائج معامل ارتباط بيرسون وتحليل الانحدار أن هناك ارتباط ضعيف بين مؤشر تذبذب شمال الأطلسي وكميات الأمطار في منطقة الدراسة خاصة في شهور فصل الشتاء، فيما عدا علاقة إيجابية متذبذبة في شهر ديسمبر. وعلى الرغم من أن المؤشرات السلبية الشهرية للتذبذب خلال فترة الرصد تجاوزت ما نسبته

46% من مجموع عدد الشهور، إلا أن هذه النسبة لم يكن لها أثر يذكر على كميات الأمطار في محطة طبرق. واستمرت القيّم السلبية لمؤشر تذبذب شمال الأطلسي عدة شهور وفصول وسنوات متتالية خاصة في المواسم المطيرة، ولم يكن لذلك أثر قوي على كميات الأمطار في محطة طبرق، فعلى سبيل المثال عام 2010م استمر المؤشر السلبي من يناير إلى ديسمبر، و كان مجموع كميات الأمطار في تلك السنة 139.23 مليمتر، و لعل ذلك بسبب مرور المنخفضات الجوية بموازاة ساحل المنطقة. وأظهرت الأشكال البيانية لمعادلة الانحدار الخطي البسيط علاقات طردية موجبة ضعيفة في أغلب الشهور وخاصة في شهري يناير وفبراير ومارس ونوفمبر، بينما أظهرت علاقة طردية موجبة بين المتغيرين خلال شهور مارس و أبريل و نوفمبر و ديسمبر. و لقد لوحظ أن بعض الشهور تتركز فيها كميات كبيرة من الأمطار كشهر ديسمبر 2015م، حيث بلغت كمية الأمطار في ذلك الشهر 173 مليمتر و هي أكبر كمية مطر شهرية تسقط خلال فترة الرصد، و في المقابل في نفس الشهر كان هناك تذبذب موجب لشمال الأطلسي بلغ + 2.24 ، و هذا يؤكد وجود عوامل طبيعية أخرى يمكن أن تكون لها أثر على الأمطار في محطة طبرق، و هو ما يفتح المجال للبحث و التقصي من جديد.

من خلال ما تقدم توصي الدراسة بإنشاء محطات أرصاد جوية في مواضع متفرقة من المنطقة، فإن محطة أرصاد جوية واحدة لا تكفي للخروج بنتائج يمكن الاعتماد في أبحاث المستقبل، وتوصي الدراسة بالبحث في مدى العلاقة بين ظاهرة تذبذب شمال الأطلسي و درجات الحرارة الشهرية و الفصلية و السنوية، كما توصي الدراسة بالبحث في الظواهر المناخية العالمية الأخرى كظاهرة النينيو (The El Niño) و أثرها على العناصر المناخية في المنطقة.

قائمة المصادر:

- الحبتي، أبوبكر عبدالله و آخرون (2020): تحليل الجفاف في شمال ليبيا باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI، مجلة اتحاد الجامعات العربية، الجمعية العلمية لكليات الآداب، العدد 2.
- العوض، خالد (2011): تأثير الظواهر المناخية العالمية في طقس شبه الجزيرة العربية، صحيفة الاقتصادية، العدد 6580، 17 أكتوبر 2011م.
- المسند، عبدالله عبدالرحمن (2018): أثر تذبذب شمال الأطلسي (NAO) على الأمطار في المملكة العربية السعودية، جامعة القصيم. AGJ، الجزء 49.
- سليمان، محمود محمد محمود (2010): أثر المناخ على الزراعة في إقليم البطنان بليبيا، دراسة في المناخ التطبيقي، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا بمعهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة.

- سليمان، محمود محمد محمود (2014): أثر المناخ على النشاط البشري في القسم الشرقي من الساحل الليبي، دراسة في المناخ التطبيقي، رسالة دكتوراه غير منشورة، معهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة، قسم البحوث والدراسات الجغرافية.
- شرف، عبد العزيز طريح (1996م): جغرافية ليبيا، الإسكندرية، مركز دراسات الإسكندرية للكتاب.
- علي، عبد القادر عبد العزيز (2004م): الطقس والمناخ والميتورولوجيا، مطبعة القاهرة.
- Bulut, H., Yeşilata, B. and Yeşilnacar, M.İ. (2006). Determining the Effect of Atatürk Dam Lake on the Regional Climate by Trend Analysis. GAP Vol. Engineering Congress, Şanlıurfa, 1,PP. 79 – 86.
- Cosun, F. (2008). Trend Analysis of Climate Change in Kahramanmaraş in Turkey, (MSc research Unpublished in Turkish), Kahramanmaraş Sütçü İmam University.
- Dickson, R. R., Osborn, T. J. , Hurrell, J. W., Meincke, J. J. and Alekseev, T. G. (2000). North Atlantic Oscillation, Climate Research Unit.
- Hurrell, J (1995). Decadal trends in North Atlantic Oscillation and relationship to regional temperature and precipitation. Science 269: 676 – 679.
- Hurrell, J. (1997). Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. Climate change 36.
- Gimeno, L., Torre, De La and Nieto, R. (2004). North Atlantic Oscillation (NAO) and precipitation in Galicia (Spain), University of Vigo, Ourense.
- Jacobeit, J. and Nkeloh, A. Du. (2003). Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–1998, Inter. Journal of Climatology.
- Maurice J. McHugh and Jeffrey C. Rogers (2001). North Atlantic Oscillation Influence on Precipitation Variability around the Southeast African Convergence Zone, AMS, Journal of climate.
- Soliman M.M.M (2020). Trend Analysis of Temperatures and Precipitation in northern part of Libya, (PhD research Unpublished), Karabük University, Department of Geography, Turkey.
- Şen, C. (2013). Trend Analysis of Temperatures Precipitation Data in Isparta, in Turkey, (MSc research Unpublished, in Turkish), Suleyman Demirel University.
- Tabari, H., Abghari, H. and Hosseinzadeh, P. (2014). Impact of the North Atlantic Oscillation on stream flow in western Iran. Hydrological Process 28: 4411- 4418.
- Trigo, R. M., Pozo-Vazquez, D. and Osborn, T.J. (2004). North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in Iberian Peninsula. International Journal Climate Res 20.
- Yılmaz, Ayça (2018). Trend Analysis of Temperature and Precipitation Data in Western Black Sea in Turkey, (MSc research Unpublished, in Turkish), Karabük University, Department of Geography.