

اتجاهات التغير في كميات الأمطار السنوية في منطقة بريدة بالمملكة العربية السعودية بين عامي 1982 و2017: دراسة مناخية

محمد فضيل بوروبه *

تاريخ القبول 2023/10/08

DOI: <https://doi.org/10.47017/32.3.7>

تاريخ الاستلام 2023/02/16

الملخص

تتناول هذه الدراسة مظاهر التغير المناخي بالمملكة العربية السعودية من خلال تحليل اتجاه التغير للأمطار السنوية، وتحديد أفضل أسلوب إحصائي لتحديدها في منطقة الدراسة، وكذلك تحديد اتجاه التغير العام بالمحطات الأكثر تأثراً بتغير اتجاه الأمطار السنوية في الفترة المدروسة.

ولقد اعتمدت هذه الدراسة على البيانات اليومية للأمطار اليومية المرصودة خلال الفترة من يناير 1982 إلى ديسمبر 2017 في ست محطات مطرية.

ولتحقيق أهداف الدراسة تناولت منهجيتها تحليل اتجاهات الأمطار بطريقتي المتوسطات المتحركة والمتوسطين النصفين وتحديد معادلة علاقة انحدار الخط المستقيم في كل محطة وبيان أهميتها الإحصائية باستخدام فحص "t" ستودنت لمعامل الارتباط ومعامل الانحدار "b" عند مستوى الأهمية 5 % وعند درجة الحرية المناسبة له.

وأظهرت نتائج الفحوص الإحصائية أن اتجاهات الأمطار بطريقة علاقة انحدار الخط المستقيم (علاقة الارتباط الخطية) أكثر دقة، كونها تأخذ متغير الزمن عند حساب الاتجاه. كما أنه يمكن إخضاع معاملي الانحدار والارتباط لفحوص الأهمية الإحصائية بطريقة "t" ستودنت ومن ثم حساب قيمة معامل الانحدار الحقيقية عند مستوى الاحتمال 95 % (SEb) وحساب معامل التفسير لعلاقة الانحدار والخطأ المعياري للتقدير (SEb) والنسبة المئوية للانحراف المعياري (σ%) وتمكنت هذه الدراسة من تحديد الاتجاه العام لتغير الأمطار السنوية مع فحص أهميته الإحصائية بواسطة المتوسطات المتحركة والمتوسطات النصفية وعلاقة الانحدار الخطي المستقيم. كما ساعد اختبار (t-student) في التأكد من معنوية الاتجاهات المطرية الحاصلة.

الكلمات المفتاحية: الأمطار السنوية، اتجاه التغير العام، المتوسطات المتحركة، المتوسطات النصفية، علاقة الانحدار الخطي، الفحص الإحصائي، منطقة القصيم، المملكة العربية السعودية.

المقدمة

يعد تغير الاتجاه العام لكميات الأمطار من أهم الخصائص المناخية المؤثرة في حياة الإنسان نظراً لأن الأمطار هي أكثر العناصر المناخية التي يرتبط بها النظام البيئي في الأقاليم والمناطق الجافة وشبه الجافة، كما هو الحال بالنسبة لمنطقة بريدة بالقصيم في المملكة العربية السعودية. ولقد أصبحت النظم البيئية في كثير من هذه الأقاليم والمناطق غير قادرة على مقاومة النشاط البشري بمختلف صورته المؤثرة على عناصرها الحيوية، كالغطاء النباتي وخصوبة التربة وارتفاع وتيرة وتكرارية حدوث السيول والفيضانات بمخاطرها البيئية على المناطق العمرانية، نتيجة امتداد وتوسع المخططات السكنية والمشاريع التنموية على مساحات التصريف للمجاري الدنيا، ومصبات الأحواض المائية كالأودية الداخلة على مدينة بريدة (وادي الوطاة، وادي الودي، وادي النقيب، وادي القري، وادي العوشز، شعيب الفاجرة، شعيب العود).

ولقد ظهرت منذ سبعينيات القرن الماضي العديد من الدراسات التي اهتمت بتحليل اتجاهات الأمطار في مناطق كثيرة من العالم قصد إبراز التغيرات المناخية على سطح الأرض، مثل تلك التي قام بها كل من Carbonnel and Hubert عن تدني معدلات الأمطار برومانيا وبلغاريا (Carbonnel and Hubert, 1994). كما قام الكثير من الباحثين بتحليل السلاسل الزمنية لسجلات الأمطار والمياه في غرب إفريقيا لمناطق ممتدة من النيجر حتى السنغال بهدف تحديد اتجاهات الأمطار بهذه المناطق (Paturel et al., 1997). كما أظهرت بعض الدراسات الأخرى التي تمت بالسهول العظمى في الولايات المتحدة الأمريكية حدوث تغيرات واضحة في توزيع الأمطار بهذه السهول منذ بداية الستينيات من القرن الماضي (Grabrecht and Rossel, 2000 and 2001). كما أشارت بحوث أخرى أجريت لأمطار حوض نهر الأمازون بالبرازيل إلى وجود تباينات هامة في توزيع كميات الأمطار منذ 1975 أدت إلى تدني معدلات الأمطار بشمال الحوض وارتفاعها بجنوبه (Marengo, 1999).

ويعتقد الباحثون بإمكانية حلول فترة مناخية جافة جديدة منذ بداية سبعينيات القرن الماضي بسبب حدوث اضطرابات في دورة الغلاف الجوي ودورة الغلاف المائي ذات تأثيرات إقليمية على مسارات التيار النفاث والتوزيع الجغرافي لمراكز الضغط الجوي المنخفض وتدني معدلات الأمطار (Pashiardis, 2002). ولقد دلت بعض الدراسات الأخرى على تدني كميات الأمطار بوسط وجنوب أوروبا المحيطة بحوض البحر المتوسط بسبب حدوث تذبذبات هامة في التوزيع الجغرافي (المكاني) والزمني للمؤثرات الجوية تتزامن مع جفاف المناخ وزيادة الطلب على المياه (Pirvitali et al., 1997; Romero et al., 1998; Millan et al., 2005; Mehta and Yang, 2008).

وتؤكد الدراسات التي أجريت على سجلات الأمطار وجود تدني حاد في معدلات الأمطار بلغ 135 ملم خلال خمسينيات القرن الماضي بالمناطق الجنوبية من إيطاليا (Brunetti et al., 2004; Brunetti et al., 2006). ولقد أشارت دراسات أخرى إلى انخفاض المعدلات السنوية للأمطار بأقاليم متفرقة من جنوب إيطاليا منها إقليم Campania (Diotado, 2007) وأقاليم Basilicata وCancelliera وRossi (Piccarreta et al., 2004) وجزيرة صقلية (Cannarozzo et al., 2006). وهناك دراسات أخرى تشير إلى تناقص كميات الأمطار السنوية منذ عشرينيات القرن الماضي بشبه جزيرة إيبيريا (إسبانيا) بالإضافة إلى وجود تباينات مكانية وموسمية في توزيع كميات الأمطار بسبب ظروف الجفاف الناتجة عن حدوث زحزة للجبهات القطبية الباردة نحو الشمال أدت إلى تذبذب المؤثرات الجوية لشمال المحيط الأطلسي (Northern Atlantic Oscillations) والمؤثرات الجوية للبحر المتوسط (Mediterranean Oscillations) والمؤثرات الجوية لغرب البحر المتوسط (Western Mediterranean Oscillations) (Pareds et al., 2006; Lopez-Bustinst et al., 2008; Gonzalez-Hidalgo et al., 2009 and 2010).

كما توصلت دراسة أخرى لاتجاهات الأمطار خلال الفترة الممتدة من 1871 إلى 2005 بإقليم كيرالا بالهند إلى وجود تذبذب واضح لمعدلات الأمطار الموسمية مما أثر على الموارد المائية المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية وعلى تردي المحاصيل الزراعية التي كانت تستفيد لأمد طويل من كميات الأمطار الموسمية (Krishnakumar et al., 2009). كما تبين من خلال خرائط التوزيع الجغرافي لمعدلات الأمطار السنوية وجود ارتفاع واضح لهذه الأخيرة خلال الفترات 1950-59م و1970-79م و(1980-99) وانخفاض واضح أيضا في الفترات (1920-29) و(1940-49) و(1960-69) و(07-2000). أما الفترات الأخرى فقد اتسمت بمعدلات سنوية للأمطار تتراوح بين 160 و180 ملم/سنة (Schwerdtfeger, 2008).

ومن ناحية أخرى توجد هناك العديد من الدراسات التي لم تظهر تغيرات هامة في نظام تساقط الأمطار كتلك التي تناولت تحليل اتجاهات الأمطار السنوية والفصلية وتوزيعها المكاني (الجغرافي) خلال الفترة الممتدة من 1960 إلى 2002 م على مستوى 134 محطة لقياس الأمطار تابعة للوكالة الوطنية للأرصاء الجوية تغطي مساحة لمجموع 13 حوض تصريف بأثيوبيا (Cheung et al., 2008). كما لجأ بعض الباحثين إلى تحليل السجلات المطرية السنوية في مواقع مختلفة من الأقطار العربية كما هو الحال في الأردن (Shehada, 1991) والعراق (Al Jabouri, 1985) وسوريا (Siam, 1995) و(1988, Musa) و(Bourouba, 2012).

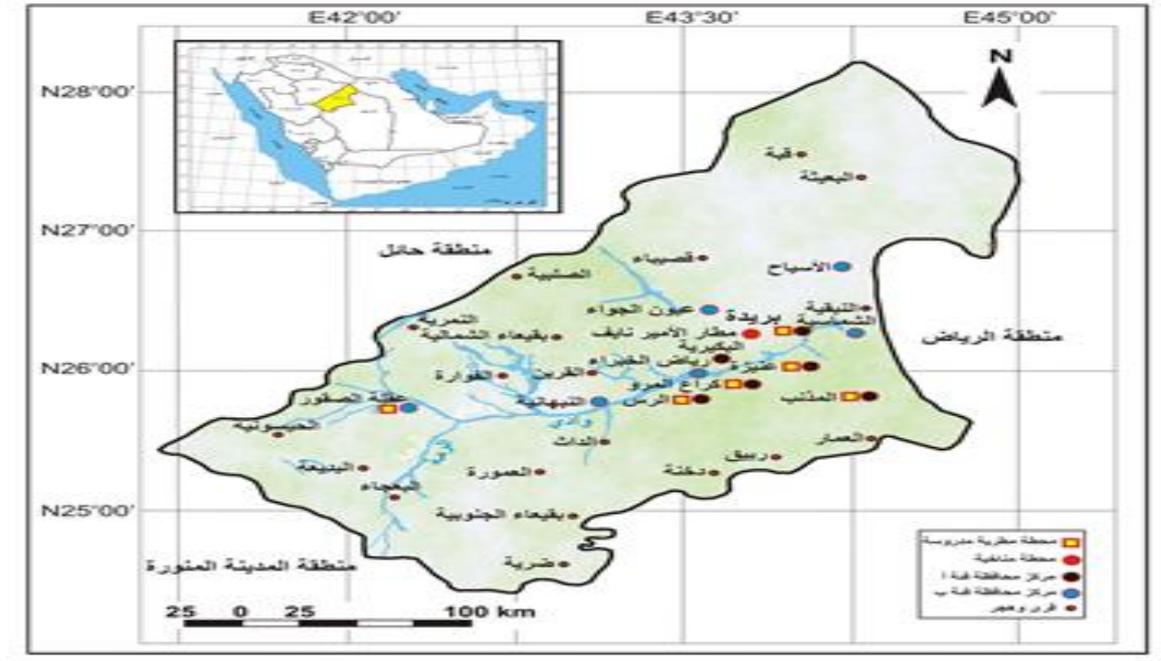
منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة بين دائرتي العرض $25^{\circ}48'$ و $26^{\circ}24'$ شمالاً، بين خطي الطول $42^{\circ}24'$ و $44^{\circ}20'$ شرقاً، وذلك موضح في (الجدول 1) و(الشكل 1).

الجدول (1): إحداثيات محطات الأمطار المدروسة

الإحداثيات		الارتفاع (م)	الرقم الوطني للمحطة	اسم المحطة
شمال	شرق			
26o 04'	43o 59'	724	U001	عنيزة
25o 50'	42o 21'	740	U002	عقلة الصقور
25o 59'	43o 44'	668	U004	كراع المرو (البدائع)
26o 20'	43o 58'	632	U107	بريدة
25o 52'	43o 31'	725	U216	الرس
25o 56'	44o 07'	676	U217	المذنب
26o 19'	43o 46'	647	40405	مطار الأمير نايف

وتقع المحطات المطرية المدروسة في وسط منطقة القصيم التي تعد إحدى مناطق المملكة العربية السعودية الثلاثة عشرة، وهي تقع بين دائرتي عرض $24^{\circ}30'$ و $27^{\circ}15'$ شمالاً، وبين خطي طول $41^{\circ}50'$ و $44^{\circ}50'$ شرقاً. وهي بهذا الموقع تشكل أواسط المملكة وتتوسط منطقتي الرياض وحائل. ويطلق على تلك المناطق الثلاث مجتمعة بـ"نجد"، أو المنطقة الوسطى كما هو موضح في (الشكل 1).



الشكل 1: خريطة الموقع الجغرافي للمحطات المطرية المدروسة

وتتمتد منطقة القصيم على مساحة تقدر بحوالي 73290 كلم²، يحدها من الشمال منطقة حائل، ومن الغرب منطقتنا حائل والمدينة المنورة، ومن الجنوب منطقة الرياض ومن الشرق منطقتنا الرياض والشرقية. وكنتييجة حتمية لوقوع منطقة الدراسة في القصيم ضمن النطاق الصحراوي المداري القاحل، فإن مناخها يتسم بالصفة القارية مع ندرة الأمطار التي يصل معدلها السنوي إلى حوالي 92 ملم، وبارتفاع حرارة بعض الشهور التي يصل معدلها السنوي إلى 24.3 م°. وتقع المحطات المطرية المدروسة بمحيط مدينة بريدة بحوض التصريف الأوسط لوادي الرمة، الذي يعتبر المعلم الجيومورفولوجي المميز للمنطقة. وبموقعها الجغرافي تتوزع هذه المحطات على ضفتي وادي الرمة الذي يقطعها جنوباً من الشرق إلى الغرب، ولذا فإن وادي الرمة وروافده

يشكل بجريانه السيلي الكثير من المخاطر البيئية على الأحياء السكنية وعلى المنشآت العمرانية التي امتدت على مجاريه. وتتطلب دراسة هذه المخاطر التعرف على نظام التساقط المطري من خلال تحليل نمط التوزيع الزمني والمكاني للأمطار، للتعرف على اتجاهات التغير العام للأمطار والاعتماد عليه في وضع التصورات المناسبة في المستقبل.

الدراسات السابقة

تنوعت الدراسات التي تناولت تحليل اتجاهات التغير للأمطار من حيث أسلوب التحليل ومن حيث المناطق الجغرافية، فنجد أن هناك العديد من الدراسات التي أظهرت نتائجها أن هناك اتجاهات متناقصة للأمطار بمختلف مناطق العالم منها دراسة (Manton et al., 2001) عن جنوبي شرق آسيا وغربي وسط جنوب المحيط الهادي (Zhang & Burn, 2009) عن المدن الواقعة بين لندن وطورنطو ودراسة (Villani and Longobardi, 2009) بالمنطقة المتوسطية، ودراسة (Akasaka and Morishima, 2010) بجنوبي إفريقيا.

كما أن هناك العديد من الدراسات التي أظهرت بمختلف الأساليب الإحصائية أن هناك تذبذباً في اتجاه الأمطار منها دراسة (Rajeevan, 2008) عن مناطق المحيط الهندي الاستوائي ودراسة (Maragtham, 2012) عن الهند ودراسة (Gahathakurta et al., 2012) عن مقاطعة Maharashtra بالهند.

أما على صعيد المنطقة العربية فقليل من الأبحاث التي تناولت تحليل اتجاهات الأمطار ومدى علاقتها بالتغير المناخي. وقد تبين من مختلف الدراسات العربية أن هناك تبايناً في اتجاهات تغير الأمطار بمختلف المناطق المدروسة. ومن هذه الدراسات أشارت دراسة مشتهية بالصفة الغربية التي أظهرت أن اتجاه التغير للأمطار الفترة 1997-2008 كان سالبا لمدة 7 سنوات وإيجابيا لمدة 5 سنوات (Moushtahi, 2013)، ودراسة صيام عن بعض المواقع بسوريا التي أظهر فيها الفحص الإحصائي لاتجاهات التغير العام في كميات الأمطار وجود اتجاهات مطرية متزايدة وأخرى متناقصة بمحطات متجاورة (Siam, 1995). بالإضافة إلى ذلك توصلت دراسة أخرى أجراها شحادة في عام 1991 لاتجاه التغير للأمطار الفترة 1937-1976 (سنة 40) باستخدام ستة أساليب إحصائية أشارت إلى تناقص الأمطار السنوية وإلى تناقص الأمطار الشتوية مع تزايد طول فترة الجفاف من السنة في الفترة المذكورة (Shehada, 1991). كما تناول كل من زيتون وشحادة في دراسة حديثة في عام 2015 تحليل اتجاه التغير لدرجات الحرارة والأمطار السنوية خلال الفترة 1970-2009 بمحطات رأس منيف والباقورة وإربد والمفرق باستخدام أسلوب الانحدار البسيط والمتوسطات المتحركة الثلاثية والخماسية، التي كشفت عن تزايد درجات الحرارة وتناقص كميات الأمطار السنوية بمحطتي المفرق وإربد مع وجود زيادة مطرية طفيفة غير ذات دلالة إحصائية بمحطتي الباقورة ورأس منيف (Zeitoun and Shehada, 2015). كما نشر (Shehada and Anbar, 2020) دراسة مماثلة أكدت وجود تناقص واضح في كميات الأمطار في معظم المحطات التي شملتها الدراسة بمقدار لم يصل إلى مستوى المعنوية الإحصائية في بعض المحطات، وإن كان موجوداً فيها كلها يصاحبه تناقص في عدد الأيام الماطرة وتأخر بداية الموسم المطري.

وعلى المستوى المحلي أجريت بعض الدراسات، نذكر منها دراسة (Bourouba, 2012) لاتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية"، التي توصلت إلى تحديد 6 اتجاهات مطرية متزايدة و6 اتجاهات أخرى متناقصة بطريقة علاقة انحدار الخط المستقيم مع تطابق 8 اتجاهات منها مع اتجاهات الأمطار المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية منها 6 اتجاهات متزايدة واتجاهان متناقصان. كما اعتمدت دراسة (Almazroui et al., 2012) على تحليل الاتجاه العام لتغير الأمطار باستخدام البيانات المطرية المرصودة خلال الفترة 1978-2009 بمجموع 27 محطة مناخية. ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة وجود اتجاهات مطرية متناقصة ومعنوية بمعدل 4.8 ملم/سنة خلال النصف الأول من الفترة المدروسة (1978-1993). وفي دراسة أخرى توصلت إلى الكشف عن تغيرات هامة في نظام الهطول المطري السنوي بالمملكة العربية السعودية خلال الفترة 1978-2009. بالإضافة إلى ذلك تبين أن هناك اتجاهات مطرية متناقصة ومعنوية حدثت خلال الفترة 1994-2009. وبالمقارنة كشفت نتائج هذه الدراسة عن وجود اتجاهات مطرية متزايدة على المناطق الساحلية الجنوبية لشبه الجزيرة العربية بينما تتسم الفترة 2000-2009 باتجاهات مطرية متناقصة بالأراضي الداخلية للمملكة مقارنة مع الفترة 1980-1989. وبشكل عام تبين أن اتجاهات الأمطار تتناقص بجميع مناطق المملكة، عدا المنطقة الجنوبية (Hasanean & Almazroui, 2015). كما كشف (Almazroui, 2020) عن تزايد العواصف

المطرية المتطرفة خلال الفترة 1978-2019 بمختلف مناطق المملكة العربية السعودية. ولقد كشفت نتائج هذه الدراسة وجود اتجاهات متناقضة في كميات الأمطار السنوية بمعدل 0.6 ملم/سنة عند مستوى الدلالة 0.10 بجميع مناطق المملكة. كما تبين أن هناك اتجاهات متزايدة بمعدل 0.5 ملم/سنة خلال شهر نوفمبر وأخرى متناقضة بمعدل 0.1 ملم/سنة خلال شهر يناير. ولقد توصلت نتائج هذه الدراسة إلى أن كمية الأمطار اليومية 26 ملم تعتبر العتبة المطرية للعواصف المتطرفة التي تساهم بما يعادل 8% إلى 50% من كميات الأمطار السنوية بجميع المحطات. وقد أظهرت نتائج اختبارات فحوص مان-كندل Mann-Kendall لدراسة (Mallick et al., 2021) أن هناك اتجاهات متناقضات لكميات الأمطار السنوية عند مستوى الدلالة 0.01 خلال الفترة 1970-2017 بمجموع أكثر من 20 محطة من أصل 30 تمت دراستها بمنطقة عسير الجبلية.

ومن خلال ما تقدم نجد أن هذه الدراسة تختلف عن الدراسات السابقة من حيث الخطوات المنهجية ومن حيث السلسلة الزمنية المعتمدة في تحليل اتجاه التغير للأمطار السنوية بمنطقة بريدة (القصيم) التي تقع في نطاق المناخ المداري الجاف.

مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في إمكانية توظيف البيانات المطرية لسلسلة زمنية 35 سنة متواصلة (1982-2017) ومشتركة بسبع محطات وباستخدام الفحص الإحصائي لاختباري مان-كندل للإستدلال به كمؤشر عن التغير المناخي الذي تشهده مختلف مناطق العالم.

موضوع البحث وأهميته

يتناول موضوع الدراسة تحليل سجلات الأمطار السنوية للفترة الممتدة من 1982 إلى 2017، بمجموع 7 محطات لقياس الأمطار تابعة لوزارة المياه والزراعة، تقع بمنطقة بريدة، بهدف تحديد اتجاهات التغير العام للأمطار وإخضاعها لفحص الأهمية الإحصائية للتأكد من صحة هذه الاتجاهات ومدى تمتعها بأهمية إحصائية عالية تساعد في تحليل التغيرات المكانية والزمنية للأمطار السنوية بمنطقة الدراسة وفهمها.

وتتمثل أهمية دراسة اتجاه التغير العام في كميات الأمطار السنوية بمنطقة بريدة كونها تكشف عن مدى تناقص أو تزايد معدلات الهطول المطري السنوي مع الزمن وما يترتب عنها من تأثيرات بيئية مع زيادة التوسع العمراني واستهلاك المياه وتذبذب كميات الجريان السطحي بسبب تمدد المساحات المبنية على حساب مصبات الأودية ومجاريها. ومن جهة أخرى تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها تتناول بالتحليل الإحصائي دراسة أهمية اتجاه التغير العام في كميات الأمطار السنوية. وتكمن أهمية هذه الدراسة في كونها تسعى إلى تحليل اتجاهات الأمطار السنوية التي تعتبر مورداً هاماً خلال فترات الهطول لما لها من تأثيرات بيئية من جهة، والتأكد من مدى صحة هذه الاتجاهات للاستفادة منها في فهم التباينات الزمنية والمكانية لنظام توزيع الأمطار بمنطقة بريدة، مع إمكانية تعميم هذه الدراسة على مناطق أخرى من المملكة العربية السعودية.

تساؤلات الدراسة

تتلخص تساؤلات الدراسة كما تظهر من طبيعة مشكلة البحث فيما يلي:

- أ- ما هو اتجاه التغير للأمطار السنوية وما هو أفضل أسلوب إحصائي لتحديد منطقة الدراسة؟
- ب- هل هناك اتجاه تغير عام ومشترك وما هي المحطات الأكثر تأثراً بتغير اتجاه الأمطار السنوية في الفترة المدروسة؟

أهداف البحث

بناء على التساؤلات المطروحة، تهدف هذه الدراسة إلى:

- أ- تحديد اتجاه التغير للأمطار السنوية وتحديد أفضل أسلوب إحصائي لتحديد منطقة الدراسة.
- ب- تحديد اتجاه التغير العام بالمحطات الأكثر تأثراً بتغير اتجاه الأمطار السنوية في الفترة المدروسة، من خلال:
- تحليل اتجاهات الأمطار بطريقة المتوسطات المتحركة لمقارنة تغيرات الأمطار كل 5 خمس سنوات متواصلة من سنة 1982م حتى 2017م بكل محطة.

- إخضاع المتوسطين النصفيين لكل سلسلة زمنية بكل محطة لفحص الأهمية الإحصائية بواسطة الخطأ المعياري (2 S.E) عند مستوى الاحتمال 5 % عند درجة الحرية المناسبة له.
- تحديد معادلة علاقة انحدار الخط المستقيم في كل محطة وبيان أهميتها الإحصائية باستخدام فحص "t" ستودنت لمعامل الارتباط ومعامل الانحدار "b" عند مستوى الأهمية 5 % وعند درجة الحرية المناسبة له.

الخطوات المنهجية

تتلخص الخطوات المنهجية لهذه الدراسة فيما يلي:

جمع البيانات وفحصها

تعتمد هذه الدراسة على بيانات الأمطار السنوية المتاحة للفترة الممتدة من 1 يناير 1982 إلى 31 ديسمبر 2017 على مستوى محطات بريدة وعنيزة والرس والمذنب وكراع المرو وعقلة الصقور ومطار الأمير نايف كما يظهر في (الجدول 2).

الجدول (2): كميات الأمطار السنوية بالمحطات المدروسة

السنة	مطار الأمير نايف	المذنب	كراع المرو	عقلة الصقور	الرس	عنيزة	بريدة
1982	477.4	142.7	237.5	180.7	185.8	231.3	196.1
1983	90.2	93.5	117.9	119.6	92.2	103.0	117.2
1984	88.0	101.5	130.1	136.8	101.8	64.6	97.4
1985	140.9	101.8	188.5	94.0	147.5	86.8	69.2
1986	161.3	97.0	125.2	64.8	148.0	140.2	151.6
1987	118.5	29.8	178.8	40.2	73.2	149.2	108.5
1988	86.2	49.0	64.2	29.8	0.0	68.8	68.9
1989	96.2	43.2	95.8	48.0	13.8	77.6	63.9
1990	55.0	29.6	61.2	18.4	56.4	41.6	15.3
1991	163.0	34.6	0.2	14.2	50.8	106.0	87.6
1992	194.9	5.3	83.4	2.8	5.0	144.6	108.8
1993	199.2	20.1	195.5	13.9	18.8	116.0	195.9
1994	129.6	55.6	116.8	54.6	73.8	89.6	143.0
1995	248.6	8.6	201.4	5.9	8.0	130.6	183.2
1996	127.3	69.2	327.8	28.6	38.7	33.6	75.4
1997	291.0	142.7	246.9	90.2	121.8	145.8	239.6
1998	108.6	62.5	78.0	66.2	89.4	56.4	84.9
1999	98.5	54.0	84.6	101.1	36.7	103.4	92.2
2000	155.8	125.2	76.9	73.8	72.9	91.0	145.2
2001	152.1	74.9	62.2	83.1	172.8	84.8	131.7
2002	154.9	125.5	59.9	54.4	92.2	56.6	114.0
2003	78.5	53.5	72.2	40.3	34.8	57.8	92.5
2004	159.8	128.5	76.3	57.8	82.3	100.2	136.8
2005	202.4	57.5	35.8	94.1	75.3	92.7	112.9
2006	79.3	246.2	89.3	49.2	0.0	67.7	92.3
2007	64.3	9.0	24.2	7.0	2.5	34.2	17.3
2008	100.3	222.8	197.8	132.5	175.1	206.4	222.1
2009	119.3	81.5	62.3	52.2	55.0	73.9	119.7
2010	58.2	47.0	58.0	45.9	51.5	71.0	62.0
2011	128.6	32.0	89.9	28.5	19.5	64.7	16.6
2012	76.7	75.7	80.0	58.8	40.2	85.8	105.3
2013	24.9	61.7	81.5	41.1	109.0	37.7	66.5
2014	55.0	75.4	65.1	93.9	66.0	56.1	38.2
2015	94.3	89.6	95.6	14.2	78.0	106.4	181.6
2016	58.8	109.3	71.9	9.5	53.2	63.0	87.2
2017	37.2	6.0	16.1	7.9	9.0	15.0	21.5
المتوسط	129.9	76.7	106.9	57.1	68.1	90.4	107.3
الانحراف المعياري	83.4	54.8	71.2	42.3	51.8	46.0	56.7

تحليل تجانس التباين

لتحديد تجانس التباين لكميات الأمطار السنوية على مستوى كل محطة تم تطبيق طريقة هارتلي نسبة Hartley's $F_{\max\text{-ratio}}$. وتتطلب هذه الطريقة تقسيم عدد السنوات المدروسة إلى فترتين متساويتين إذا كان عدد السنوات زوجياً أو متماثلتين إذا كان عدد السنوات فردياً. وتحسب قيمة نسبة Hartley's $F_{\max\text{-ratio}}$ بالعلاقة التالية: (Kanji, 2006:73)

$$F_{\max\text{-ratio}} = \frac{\sigma_{\max}^2}{\sigma_{\min}^2} \quad (1)$$

بحيث يمثل:

$$\sigma_{\min}^2: \text{مربع التباين الأدنى.}$$

$$\sigma_{\max}^2: \text{مربع التباين الأقصى.}$$

بعد حساب نسبة $F_{\max\text{-ratio}}$ تقارن قيمتها المحسوبة بقيمة $F_{\max\text{-ratio}}$ الحرجة في جدول خاص بذلك عند مستوى الأهمية 0.05 ودرجة الحرية المناسبة لعدد القياسات (السنوات) n ولعدد الحالات (الفترات) k ($n-1, k$). وفي حالة هذه الدراسة نجد أن درجة الحرية المطلوبة تكون عند $(n=18-1)$ و $(k=2)$. ويشترط أن تكون قيمة $F_{\max\text{-ratio}}$ المحسوبة أقل من قيمة $F_{\max\text{-ratio}}$ الحرجة لكي تكون كميات الأمطار المسجلة بالمحطة متجانسة إحصائياً.

تحليل الاتجاه العام للتغير

لتحليل الاتجاه العام لتغير الأمطار السنوية تم تطبيق ما يلي:

- 1- استخدام طريقة المتوسطات المتحركة لفترات 5 سنوات بكل محطة.
- 2- عند استخدام طريقة المتوسطات النصفية تقسم كل سلسلة زمنية للأمطار في كل محطة إلى فترتين متساويتين إذا كان عدد السنوات زوجياً أو شبه متساويتين إذا كان عدد السنوات فردياً.
- 3- حساب المتوسط والانحراف المعياري للأمطار كل فترة ثم تحديد خط الاتجاه العام للسلسلة الزمنية المطرية، وهو الخط الذي يمر بالمتوسطين النصفيين للفترتين.
- 4- حساب معامل ميلان خط الاتجاه العام للسلسلة الزمنية (b) بتطبيق المعادلة الآتية: (Seltman, 2012: 222)

$$b = \frac{X'_2 - X'_1}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

بحيث يمثل:

X'_1 : متوسط أمطار الفترة الأولى.

X'_2 : متوسط أمطار الفترة الثانية.

T_1 : الزمن المقابل للفترة الأولى (منتصف الفترة).

T_2 : الزمن المقابل للفترة الثانية (منتصف الفترة).

- 5- إخضاع المتوسط النصفى لكل فترة لفحص الخطأ المعياري للفرق الإحصائي بين المتوسطين بتطبيق المعادلة الآتية: (Al-Shamri, 2022, 75)

$$S.E|X'_1 - X'_2| = \left[\frac{\hat{\sigma}_1^2}{n_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{n_2} \right]^{0.5} \quad (3)$$

بحيث يمثل:

$$S.E |X'_1 - X'_2|$$

$$\sigma_1^2: \text{أفضل تقدير للانحراف المعياري للمتوسط الأول.}$$

$$\sigma_2^2: \text{أفضل تقدير للانحراف المعياري للمتوسط الثاني.}$$

n_1 : عدد الحالات في الفترة الأولى.

n_2 : عدد الحالات في الفترة الثانية.

ويستخدم الخطأ المعياري لبيان فيما إذا كانت توجد فروق إحصائية مهمة بين المتوسطين عند مستوى الاحتمال 0.05 (2 S.E).

6- فحص الأهمية الإحصائية (t) ستودنت (t student's test) لبيان أهمية الفرق بين المتوسطين عند مستوى الأهمية الإحصائية 0.05 بتطبيق المعادلة الآتية: (Al-Shamri, 2022, 76)

$$t = \frac{|X'_1 - X'_2|}{\left[\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2} \right]^{0.5}} \quad (4)$$

وتقارن قيمة (t) المحسوبة بهذه العلاقة مع قيمة (t) الحرجة عند مستوى الأهمية الإحصائية 0.05 ودرجة الحرية المناسبة (d.f) للفترتين. وتحسب درجة الحرية بتطبيق المعادلة الآتية: (Siam, 1995)

$$d.f = (n_1 + n_2) - 2 \quad (5)$$

7- استخدام طريقة علاقة انحدار الخط المستقيم (علاقة الارتباط) لتحديد الاتجاهات المطرية. وتحسب علاقة انحدار الأمطار (y) على الزمن (x) بتطبيق معادلة الخط المستقيم الآتية:

$$y = a + bx \quad (6)$$

بحيث تمثل:

a: ثابت نقطة الأساس (البداية).

b: ثابت معامل الانحدار.

8- حساب معادلة الارتباط. وبيان أهميتها الإحصائية بحسب معامل التفسير (r^2) والخطأ المعياري للتقدير (S.E) بتطبيق المعادلة الآتية: (Siam, 1995)

$$S.E = \sigma_y (1 - r^2)^{0.5} \quad (7)$$

9- حساب الانحراف المعياري النسبي (σ) بتطبيق المعادلة الآتية: (بوروبه, 2012: 24)

$$\% \sigma = \frac{S.E}{y'} \cdot 100 \quad (8)$$

10- تحديد الأهمية الإحصائية لمعامل الارتباط (r) عند مستوى الأهمية 0.05 باستخدام فحص t ستودنت بتطبيق المعادلة الآتية: (Bourouba, 2012, 24)

$$t_r = \frac{|r(n-2)^{0.5}|}{(1-r^2)^{0.5}} \quad (9)$$

وتقارن قيمة (t_r) المحسوبة بهذه العلاقة مع قيمة (t) الحرجة عند مستوى الأهمية الإحصائية 0.05 وعند درجة الحرية المناسبة. وتحسب درجة الحرية بتطبيق المعادلة الآتية: (Bourouba, 2012, 24)

$$d.f = n - 2 \quad (10)$$

بحيث يمثل n عدد الأزواج المستخدمة في السلسلة الزمنية المطرية.

11- فحص الأهمية الإحصائية لمعامل الانحدار (b) باستخدام طريقة "t" ستودنت وتطبيق المعادلة الآتية: (Siam, 1995, 12)

$$t_b = \frac{\left| b \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]^{0.5} \right|}{\sigma_x} \quad (11)$$

بحيث يمثل:

y : متغير العامل التابع (الأمطار).

σ_x : الانحراف المعياري للمتغير المستقل (الزمن).

وتقارن قيمة (t_b) المحسوبة بهذه العلاقة بقيمة (t) الحرجة عند مستوى الأهمية الإحصائية 0.05.

12- حساب الخطأ المعياري لمعامل الانحدار $(S.E_b)$ بتطبيق المعادلة الآتية: (Bourouba, 2012, 24)

$$S.E_b = \frac{S.E}{\sigma_x \sqrt{n}} \quad (12)$$

النتائج والتحليل

تحليل تجانس التباين لكميات الأمطار السنوية

للتأكد من تجانس بيانات الأمطار بكل محطة تم تطبيق اختبار نسبة "ف" القصوى لهارتلي Hartley's F_{max} -ratio على كميات الأمطار السنوية في المحطات المدروسة بواسطة المعادلة (1). ولتطبيق هذه المعادلة على كميات الأمطار تم تقسيم البيانات المطرية للفترة 1982-2017 (36 سنة) بكل محطة إلى فترتين متساويتين (18 سنة)، ثم تم حساب نسبة "ف" القصوى لهارتلي Hartley's F_{max} -ratio كما في (الجدول 3).

الجدول (3): اختبار تجانس البيانات المطرية للفترة 1982-2017 بطريقة Hartley's F_{max} -ratio

المحطة	σ_1	σ_2	σ_{12}	σ_{22}	FC max
مطار الأمير نايف	99.9	49.6	9977.64	2464.03	4.05
المذنب	41.8	63.8	1746.56	4066.22	2.33
كراع المرو	81.1	37.9	6577.25	1439.96	4.57
عقلة الصقور	49.9	33.9	2494.33	1152.39	2.16
الرس	55.0	49.9	3028.19	2489.52	1.22
عنيزة	47.8	40.3	2288.37	1624.97	1.41
بريدة	57.5	56.0	3311.20	3135.02	1.06

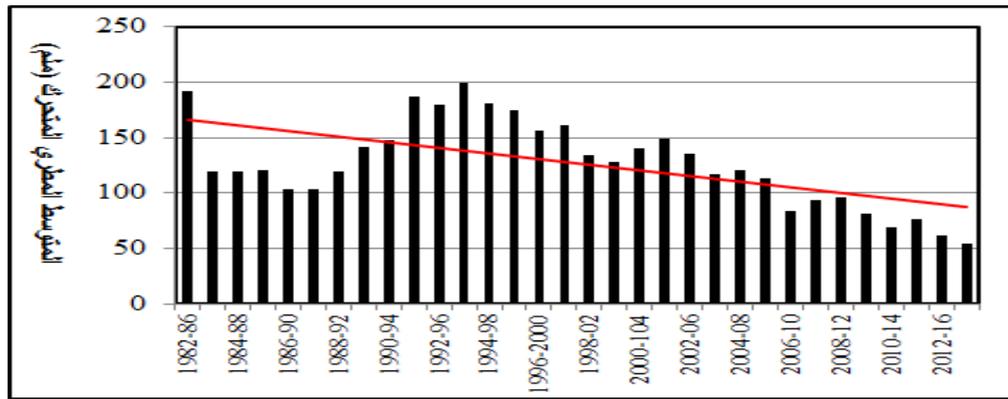
قيمة "ف" المحسوبة ($F_{C \max}$) تتراوح بين 1.06 بمحطة بريدة و 4.57 بمحطة كراع المرو. وبما أن قيمة "ف" الحرجة ($F_{max} t$) تبلغ 2.46 عند درجة الحرية 17 ($n-1$) وعدد الحالات (الفترات) ($k=2$) ومستوى الأهمية 0.05 من الجدول الخاص بقيم "ف" الحرجة فإن قيمة "ف" المحسوبة هي أصغر من قيمة "ف" الحرجة في جميع المحطات باستثناء محطتي كراع المرو ومطار الأمير نايف. وعليه فإن كميات الأمطار السنوية تعتبر متجانسة إحصائياً في جميع المحطات المدروسة، عدا هاتين المحطتين.

اتجاه الأمطار بطريقة المتوسطات المتحركة

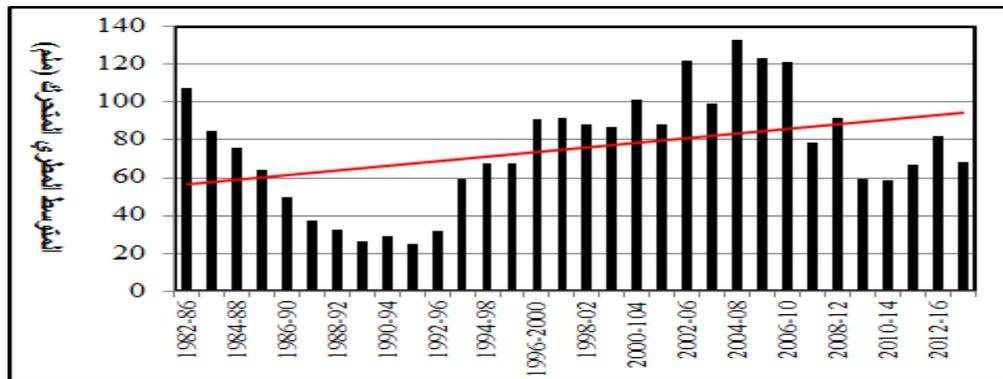
تعتمد هذه الطريقة على حساب المتوسط السنوي للأمطار لكل خمس سنوات متتالية تمتد الفترة الأولى منها بين عامي 1982 و1986 والثانية بين عامي 1983 و1987 وهكذا حتى تكون الفترة الأخيرة بين عامي 2013 و2017 (الجدول 4). ثم تم حساب متوسط كل فترة. ولقد تم تمثيل متوسطات أمطار هذه الفترات بأشكال بيانية لتحليل اتجاهات التغير العام للمتوسطات المتحركة للأمطار السنوية بكل محطة (الأشكال من 2 إلى 8) بتطبيق اختبار مان-كندل Mann-Kendall للتأكد من مستوى الدلالة للاتجاهات الحاصلة خلال الفترة 1982-2017 (الجدول 5). ويتضح من بيانات هذا الجدول أن هناك تبايناً واضحاً في قيم معامل (Z) الذي يمثل اتجاه التغير للمتوسطات المتحركة خلال الفترة المدروسة بكل محطة وقيم معامل (Q) الذي يمثل معدل التغير لكل فترة تقدر بـ 5 سنوات بكل محطة. وعليه نجد أن المتوسطات المتحركة تتسم باتجاهات متناقضة ومعنوية عند مستوى الدلالة 95% بمحطة كراع المرو، و99.9% بمحطتي مطار الأمير نايف وعنيزة، بينما تتسم بقية المتوسطات المتحركة باتجاهات متناقضة ببيئية المحطات وباتجاه متزايد وغير معنوي بمحطة المذنب.

الجدول (4): المتوسطات المتحركة للأمطار السنوية خلال الفترة 1982-2017.

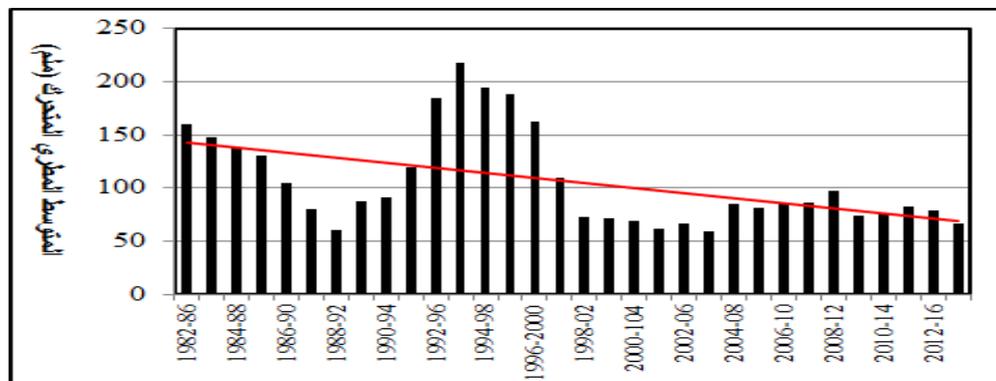
الفترة	مطار الأمير نايف	المذنب	كراع المرو	عقلة الصقور	الرس	عنيزة	بريدة
1982-86	191.6	107.3	159.8	119.2	135.1	125.2	126.3
1983-87	119.8	84.7	148.1	91.1	112.5	108.8	108.8
1984-88	119.0	75.8	137.4	73.1	94.1	101.9	99.1
1985-89	120.6	64.2	130.5	55.4	76.5	104.5	92.4
1986-90	103.4	49.7	105.0	40.2	58.3	95.5	81.6
1987-91	103.8	37.2	80.0	30.1	38.8	88.6	68.8
1988-92	119.1	32.3	61.0	22.6	25.2	87.7	68.9
1989-93	141.7	26.6	87.2	19.5	29.0	97.2	94.3
1990-94	148.3	29.0	91.4	20.8	41.0	99.6	110.1
1991-95	187.1	24.8	119.5	18.3	31.3	117.4	143.7
1992-96	179.9	31.8	185.0	21.2	28.9	102.9	141.3
1993-97	199.1	59.2	217.7	38.6	52.2	103.1	167.4
1994-98	181.0	67.7	194.2	49.1	66.3	91.2	145.2
1995-99	174.8	67.4	187.7	58.4	58.9	94.0	135.1
1996-2000	156.2	90.7	162.8	72.0	71.9	86.0	127.5
1997-01	161.2	91.9	109.7	82.9	98.7	96.3	138.7
1998-02	134.0	88.4	72.3	75.7	92.8	78.4	113.6
1999-03	128.0	86.6	71.2	70.5	81.9	78.7	115.1
2000-104	140.2	101.5	69.5	61.9	91.0	78.1	124.0
2001-05	149.5	88.0	61.3	65.9	91.5	78.4	117.6
2002-06	135.0	122.2	66.7	59.2	56.9	75.0	109.7
2003-07	116.9	98.9	59.6	49.7	39.0	70.5	90.4
2004-08	121.2	132.8	84.7	68.1	67.0	100.2	116.3
2005-09	113.1	123.4	81.9	67.0	61.6	95.0	112.9
2006-10	84.3	121.3	86.3	57.4	56.8	90.6	102.7
2007-11	94.1	78.5	86.4	53.2	60.7	90.0	87.5
2008-12	96.6	91.8	97.6	63.6	68.3	100.4	105.1
2009-13	81.5	59.6	74.3	45.3	55.0	66.6	74.0
2010-14	68.7	58.4	74.9	53.6	57.2	63.1	57.7
2011-15	75.9	66.9	82.4	47.3	62.5	70.1	81.6
2012-16	61.9	82.3	78.8	43.5	69.3	69.8	95.8
2013-17	54.0	68.4	66.0	33.3	63.0	55.6	79.0



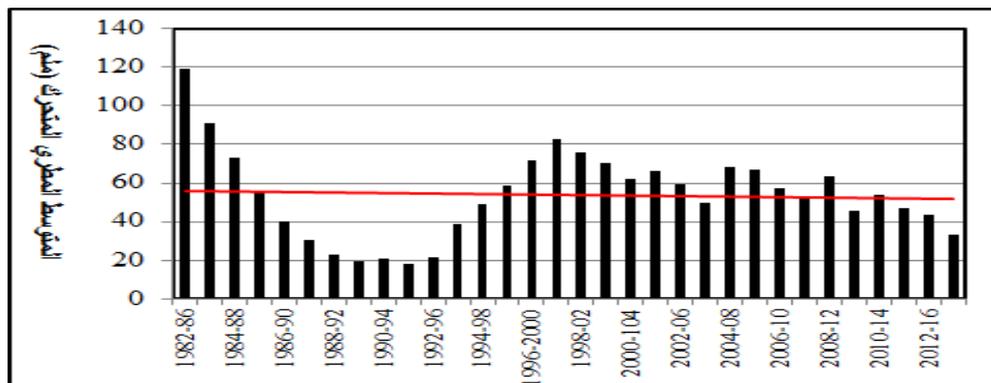
الشكل 2: المتوسطات السنوية المتحركة لامطار الفترة 1982-2017 بمحطة مطار الأمير نايف (بريدة).



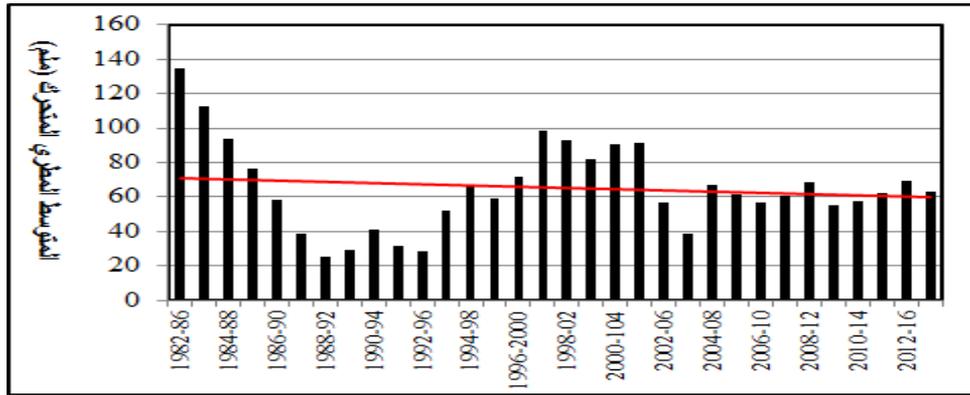
الشكل 3: المتوسطات السنوية المتحركة لامطار الفترة 1982-2017 بمحطة المذنب.



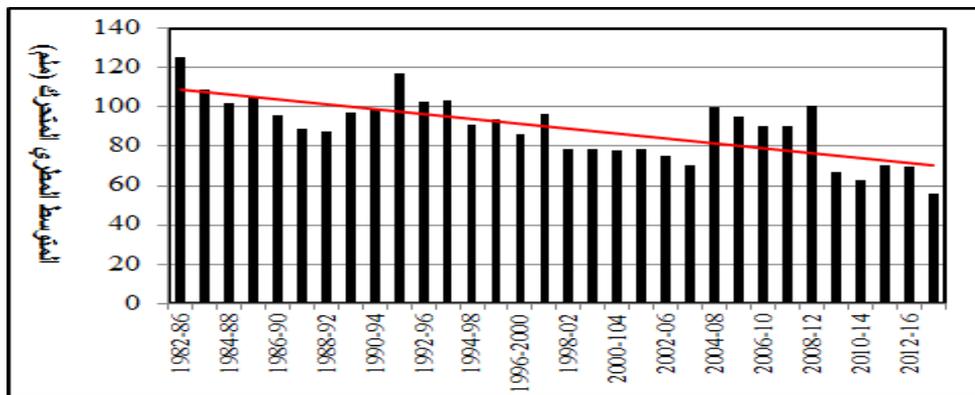
الشكل 4: المتوسطات السنوية المتحركة لامطار الفترة 1982-2017 بمحطة كراع المرو.



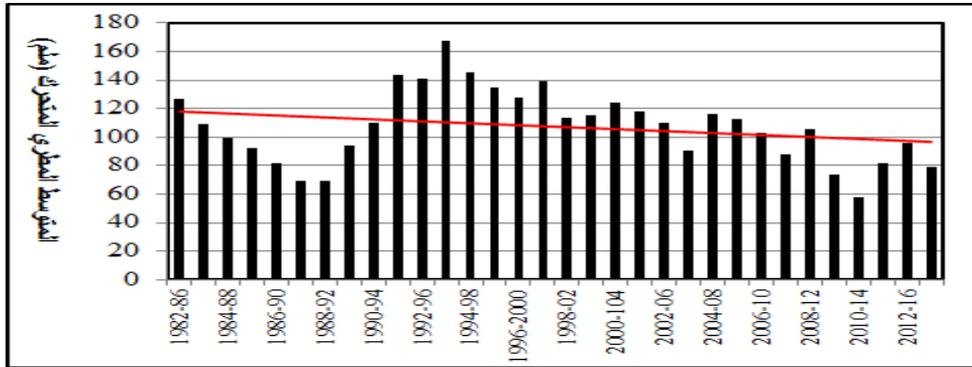
الشكل 5: المتوسطات السنوية المتحركة لامطار الفترة 1982-2017 بمحطة عقلة الصقور.



الشكل 6: المتوسطات السنوية المتحركة لامطار الفترة 1982-2017 بمحطة الرس.



الشكل 7: المتوسطات السنوية المتحركة لامطار الفترة 1982-2017 بمحطة عنيزة.



الشكل 8: المتوسطات السنوية المتحركة لامطار الفترة 1982-2017 بمحطة بريدة.

الجدول (5): نتائج اختبار مان-كندل Mann-Kendal لفحص أهمية الاتجاه العام لتغير المتوسطات المتحركة للأمطار السنوية خلال الفترة 1982-2017.

المحطة	بداية الفترة	نهاية الفترة	معامل Z	معامل Q	مستوى الدلالة	الأهمية الاحصائية
مطار الأمير نايف	1982	2017	-3.70	-3.828	99.9	معنوي
المنذب	1982	2017	1.61	1.216	---	غير معنوي
كراع المرو	1982	2017	-2.90	-2.011	95.0	معنوي
عقلة الصقور	1982	2017	-0.47	-0.304	---	غير معنوي
الرس	1982	2017	-0.05	-0.038	---	غير معنوي
عنيزة	1982	2017	-4.49	-1.352	99.9	معنوي
بريدة	1982	2017	-1.09	-0.870	---	غير معنوي

اتجاه الأمطار بطريقة المتوسطات النصفية

الجدول (6): المتوسطات النصفية للأمطار السنوية خلال الفترة 1982-2017.

المحطة	b	T ₂	T ₁	n ₂	X' ₂	n ₁	X' ₁
مطار الأمير نايف	-3.315	2008.5	1990.5	18	100.0	18	159.7
المنذنب	1.483	2008.5	1990.5	18	90.1	18	63.4
كراع المرو	-3.762	2008.5	1990.5	18	73.1	18	140.8
عقلة الصقور	-0.511	2008.5	1990.5	18	52.5	18	61.7
الرس	-0.223	2008.5	1990.5	18	66.1	18	70.1
عنيزة	-1.618	2008.5	1990.5	18	75.8	18	105.0
بريدة	-1.035	2008.5	1990.5	18	98.0	18	116.6

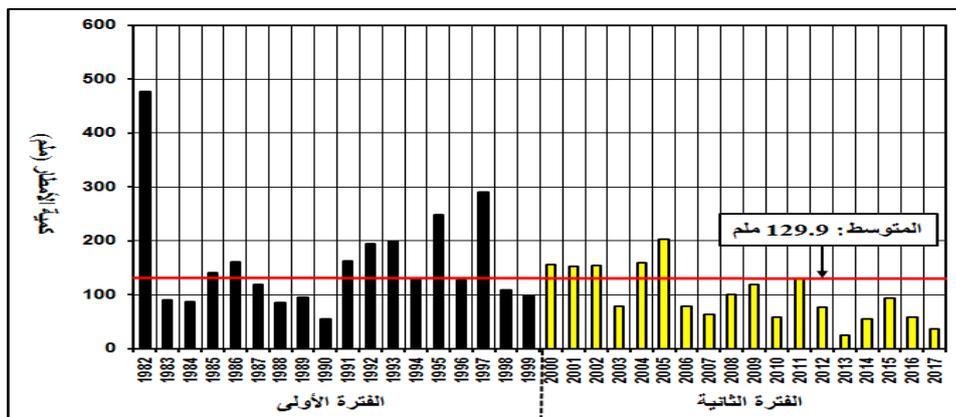
يمثل الجدول (6) نتائج حساب اتجاه الأمطار بطريقة المتوسطات النصفية لكميات الأمطار السنوية بالمحطات المدروسة وفيه تم حساب متوسط كميات الأمطار لكل فترة (X'_1, X'_2) بكل محطة وعدد سنوات كل فترة (n_1, n_2). وعامل ميلان الخط المار بمتوسطي الفترتين (b) والذي يمثل خط اتجاه الأمطار في المحطة، والذي تم حسابه بواسطة العلاقة (2).

ويلاحظ من خلال هذا الجدول والأشكال من 9 إلى 16:

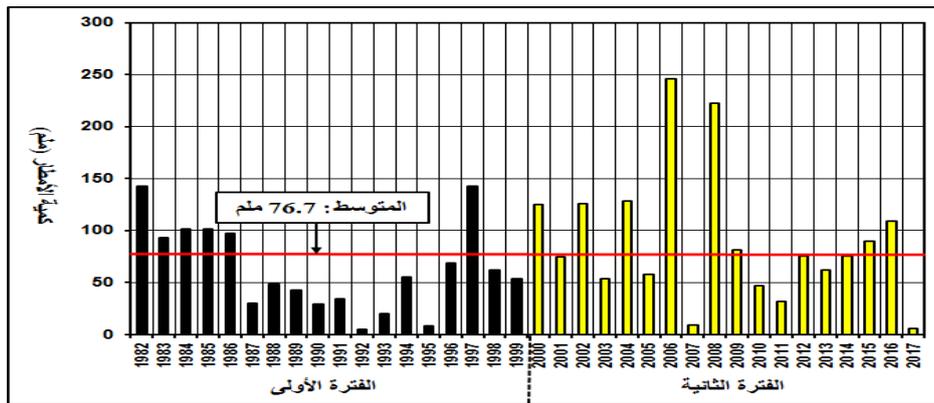
1. أن كميات الأمطار السنوية ذات اتجاه مطري متزايد واحد فقط بمحطة المنذنب، وذات اتجاه مطري متناقص في المحطات الأخرى.

2. أن جميع الاتجاهات ذات قيم انحدار بسيطة تراوحت قيمها السالبة بين -3.762 بمحطة كراع المرو، و-0.223 بمحطة الرس، ولم تتعد قيمتها الموجبة الوحيدة 1.483 بمحطة المنذنب.

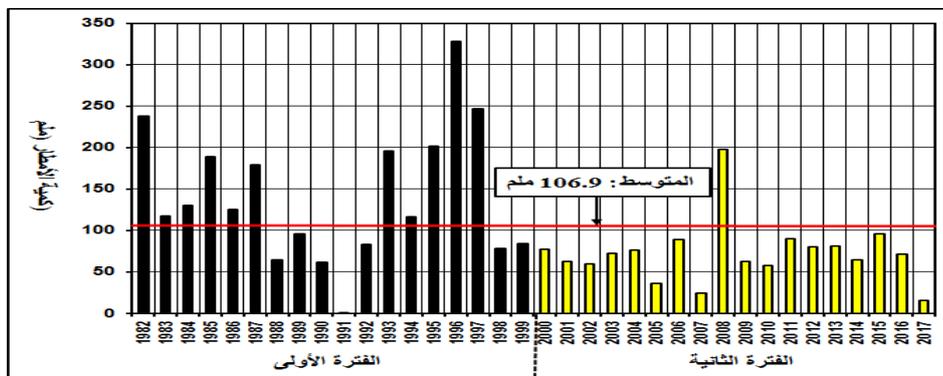
ولقد بين فحص الأهمية الإحصائية بطريقة الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين $|S.E|X'_1 - X'_2|$ 2 المحسوب بواسطة العلاقة (3) عدم وجود فروق ذات أهمية إحصائية بين المتوسطين النصفين عند مستوى الاحتمال 5% بأربع محطات هي بريدة وعقلة الصقور والرس والمنذنب، بحيث جاءت جميع الفروق بينها أقل من ضعف الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين. ويشترط لكي يكون الفرق ذا أهمية إحصائية وبالتالي جوهرياً وحقيقياً أن يزيد عن ضعفي أو 3 أضعاف الخطأ المعياري (2 S.E) أو (3 S.E) للفرق وإلا اعتبر غير مهم إحصائياً ومرفوضاً (Gregory, 1970: 136-144) وعليه تتمثل أهمية هذه الفروق الحاصلة غير ذات الدلالة الإحصائية في أن احتمالية حدوثها تقل عن 5% في المحطات المذكورة.



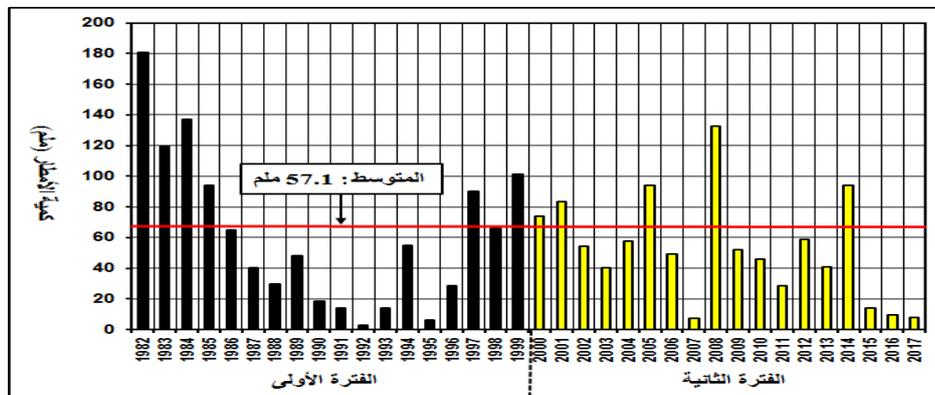
الشكل 9: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 1982-2017 بمحطة مطار الأمير نايف



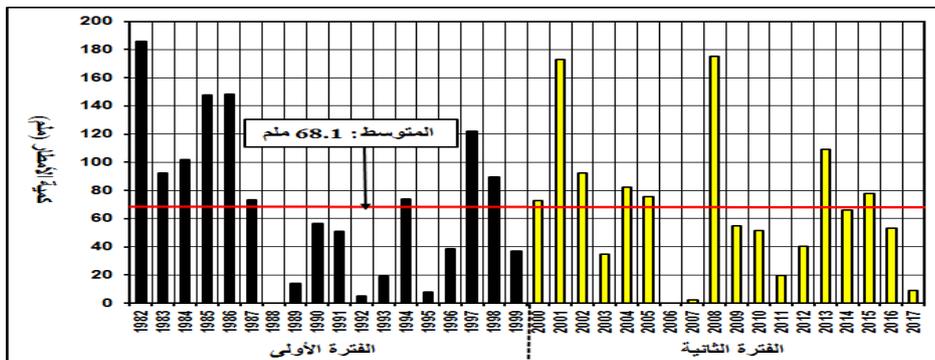
الشكل 10: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 1982-2017 بمحطة المذنب



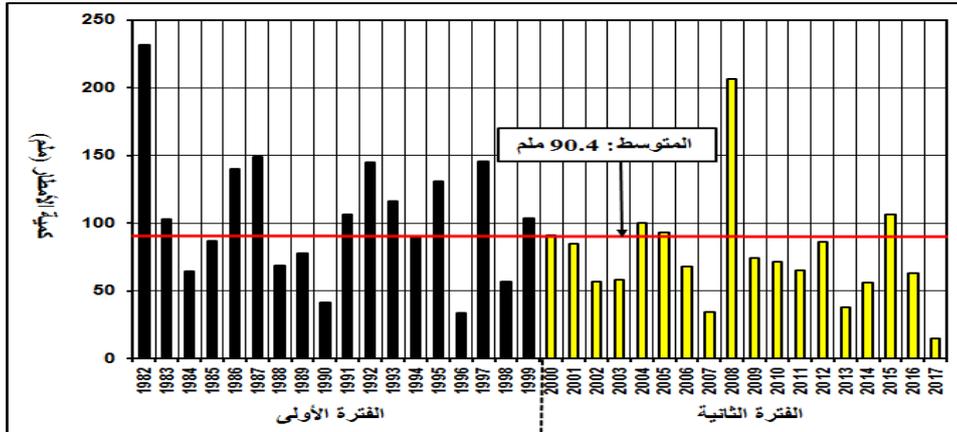
الشكل 11: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 1982-2017 بمحطة كراع المرو.



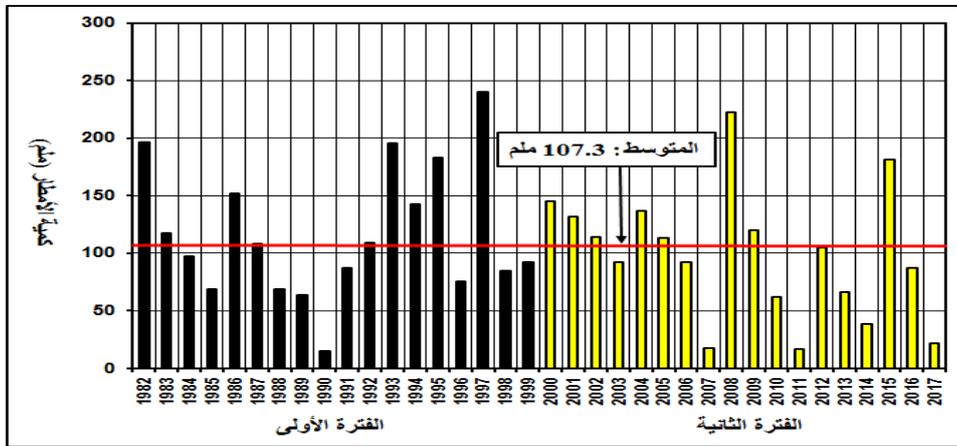
الشكل 12: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 1982-2017 بمحطة عقلة الصقور



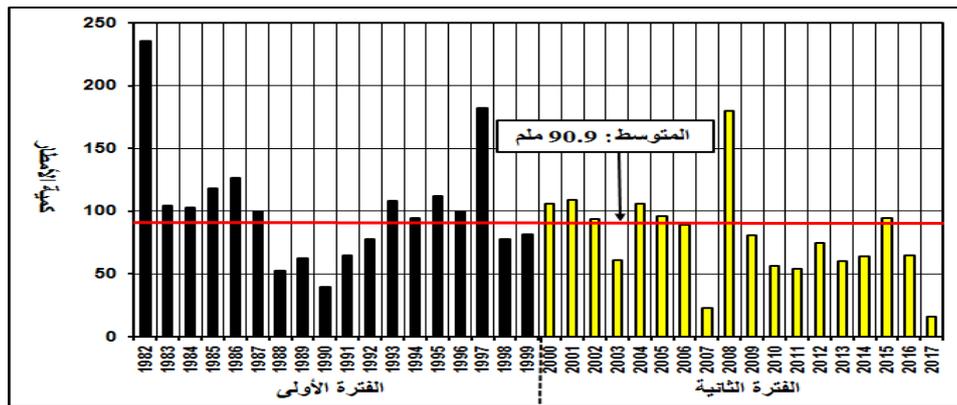
الشكل 13: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 1982-2017 بمحطة الرس



الشكل 14: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 2017-1982 بمحطة عنيزة



الشكل 15: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 2017-1982 بمحطة بريدة



الشكل 16: توزيع أمطار الفترات النصفية خلال 2017-1982 لإجمالي المحطات

وبالتالي تعد الاتجاهات المطرية الممثلة بخطوط انحدار الفروق بين المتوسطات النصفية بهذه المحطات غير مهمة إحصائياً وغير جوهرية أو حقيقية وهي ناجمة عن عشوائية نظام تساقط الأمطار السنوية بخمس محطات من أصل سبع مدروسة. ويؤكد أيضاً فحص الأهمية الإحصائي "t" ستودنت للفروق بين المتوسطات النصفية المحسوب بالعلاقة (4) هذه النتيجة كما في (الجدول 7).

الجدول (7): فحص الأهمية الإحصائية لمعامل الميلاق "b" للمتوسطات النصفية خلال الفترة 1982-2017 في المحطات المدروسة عند مستوى الاحتمال 5%.

المتغير	مطار الأمير نايف	المذنب	كراخ المرو	عقلة الصقور	الرس	عنيزة	بريدة
X_1	159.7	63.4	140.8	61.7	70.1	105.0	116.6
σ_1	99.9	41.8	81.1	49.9	55.0	47.8	57.5
n_1	18	18	18	18	18	18	18
X_2	100.0	90.1	73.1	52.5	66.1	75.8	98.0
σ_2	49.6	63.8	37.9	33.9	49.9	40.3	56.0
n_2	18	18	18	18	18	18	18
X_1-X_2	59.8	21.6	59.7	11.7	15.1	57.1	59.1
$2 S E$	52.6	35.9	42.2	28.5	35.0	29.5	37.8
t_c	2.269	1.486	3.208	0.646	0.230	1.975	0.984
$t_{5\%}$	1.688	1.688	1.688	1.688	1.688	1.688	1.688
درجة الأهمية	مهم	غير مهم	مهم	غير مهم	غير مهم	مهم	غير مهم

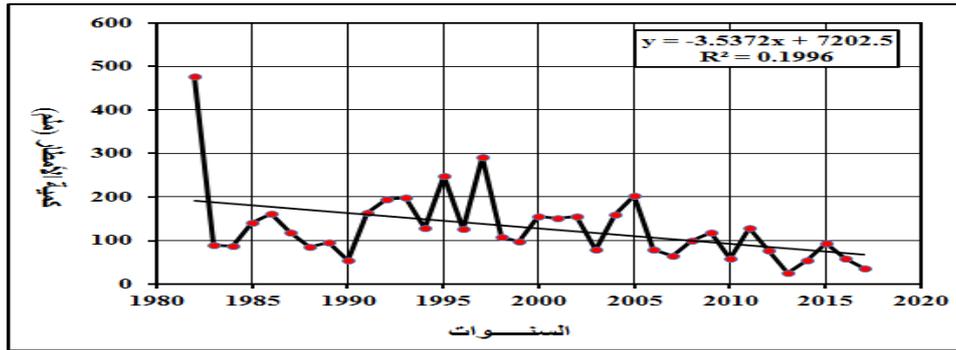
فمن خلال الجدول (7) نجد أن قيم "t" المحسوبة للفرق بين المتوسطات النصفية أقل من قيمة "t" الحرجة عند مستوى الأهمية 0.05 وهي 1.688 المناسبة لدرجة الحرية (n-2) 34 بمحطات المذنب وعقلة الصقور والرس وبريدة. ويشترط لكي يكون الفرق بين المتوسطات النصفية مهما وجوهريا أن تكون قيمة "t" المحسوبة بالعلاقة (4) أكبر من قيمة "t" الحرجة عند مستوى الأهمية 0.05 ودرجة الحرية المناسبة بالمحطة ، أي أن قيمة $t_c > t_{0.05}$ واعتبار الفرق الحاصل غير مهم وناتج عن الحظ ومرفوضاً (Gregory, 1970:136-144; Oliver, 1981: 211-212).

وبالعكس من ذلك أظهر فحص الأهمية الإحصائية بطريقة الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين وجود فروق ذات أهمية إحصائية بين المتوسطين النصفيين عند مستوى الاحتمال 5% في ثلاث محطات هي مطار الأمير نايف وكراخ المرو وعنيزة، بحيث جاءت الفروق بين المتوسطين النصفيين أكبر من ضعف الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين. وعليه فإن الاتجاهات المطرية المحسوبة في المحطات المدروسة تمثل اتجاهات ذات أهمية إحصائية لا يمكن الاعتماد عليها في تحليل التغيرات الزمنية والمكانية المتزايدة أو المتناقصة لكميات الأمطار السنوية بمنطقة بريدة نظرا لوجود اتجاهات متزايدة في ثلاث محطات ومتناقصة بأربع أخرى وهي تقع جميعها بنفس النطاق الجغرافي والمناخي.

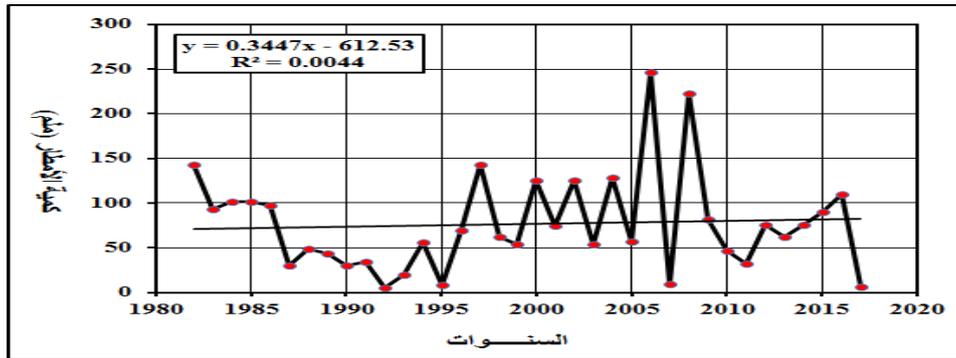
اتجاه الأمطار بطريقة علاقة الخط المستقيم (علاقة الارتباط الخطي)

يتضح من خلال نتائج علاقات الارتباط الخطي بين الزمن (المتغير المستقل) وكميات الأمطار السنوية (المتغير التابع) أن قيمة معامل انحدار الخط المستقيم (b) وقيمة معامل الارتباط (r) جاءت سالبة بجميع المحطات باستثناء محطة المذنب كما في (الجدول 8) و(الأشكال من 17 إلى 24).

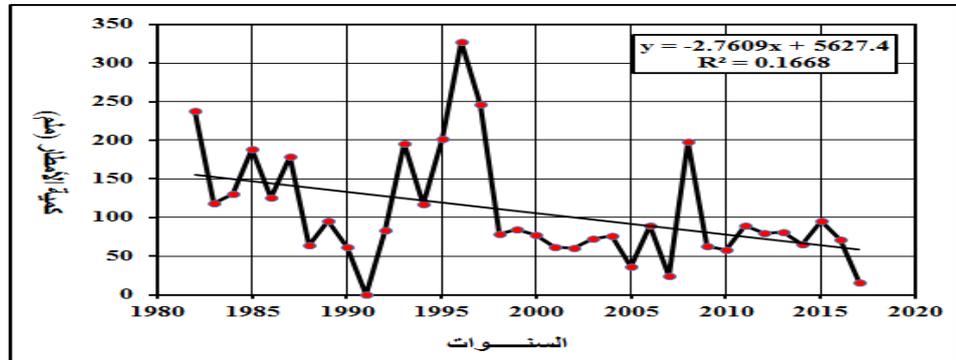
ويكون اتجاه الأمطار السنوية متناقصا في ست محطات أظهرت قيماً سالبة لمعامل الانحدار ومعامل الارتباط في نفس الوقت ومتزايدا بمحطة المذنب التي كانت بها قيمتا هذين المعاملين موجبتين. وعليه يتبين من قيم كل من (r) و(b) الموجبة والسالبة وجود عدم تطابق بين اتجاهات الأمطار المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية وقيم كل من (r) و(b)، بحيث اتضح أن اتجاهات الأمطار المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية كانت غير مهمة وأن قيمتي كل من (r) و(b) كانت سالبة بمحطات الرس وعقلة الصقور وبريدة من جهة وأن اتجاهات الأمطار المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية كانت مهمة وأن قيمتي كل من (r) و(b) كانت سالبة بمحطات مطار الأمير نايف وكراخ المرو وعنيزة من جهة ثانية وأن اتجاهات الأمطار المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية كانت غير مهمة وأن قيمتي كل من (r) و(b) كانت موجبة بمحطة المذنب من جهة أخرى.



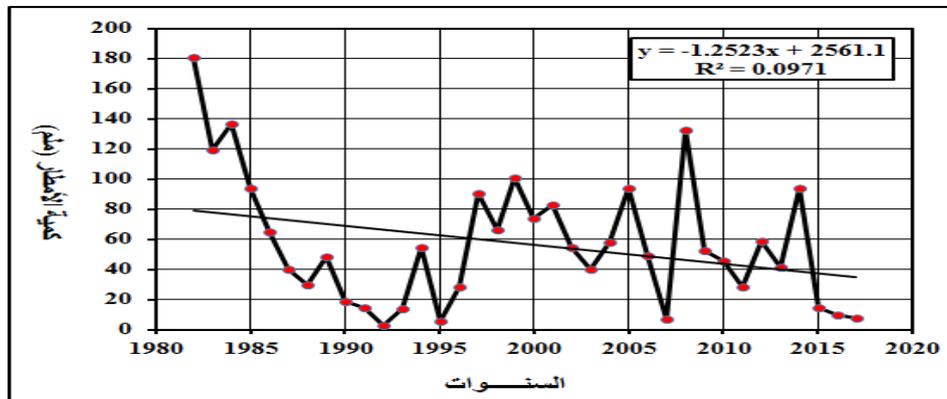
الشكل 17: التغيرات السنوية للأمطار بمحطة مطار الأمير نايف خلال الفترة 1982-2017



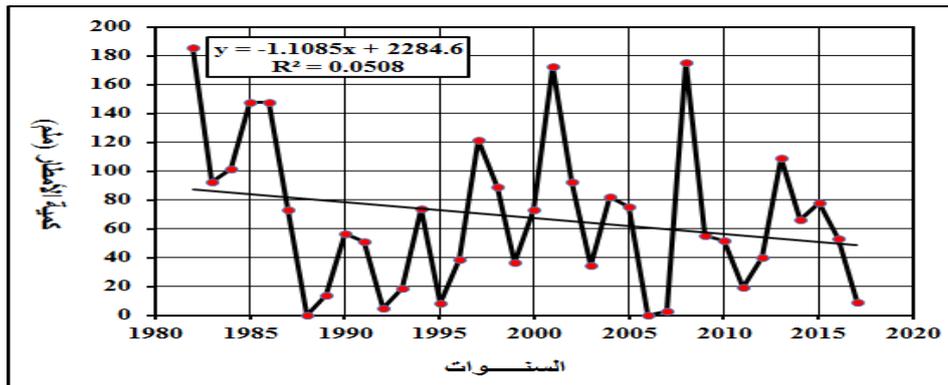
الشكل 18: التغيرات السنوية للأمطار بمحطة المذنب خلال الفترة 1982-2017



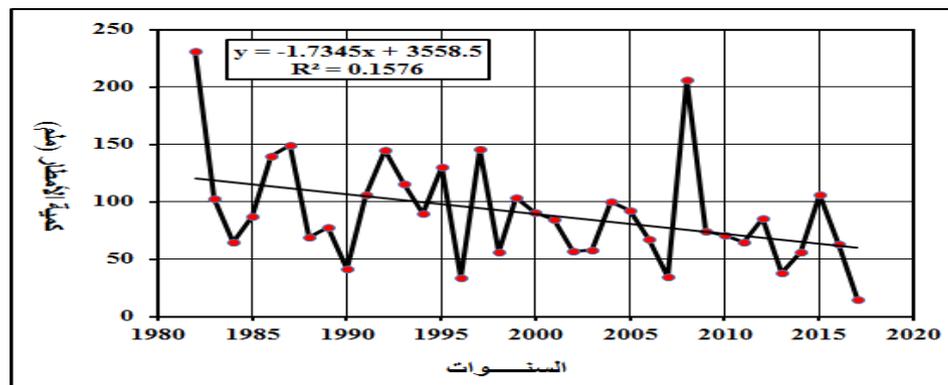
الشكل 19: التغيرات السنوية للأمطار بمحطة كراع المرو خلال الفترة 1982-2017



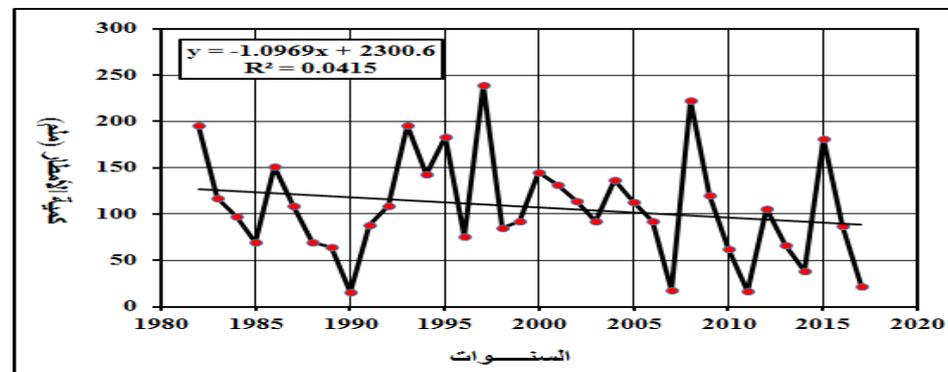
الشكل 20: التغيرات السنوية للأمطار بمحطة عقلة الصقور خلال الفترة 1982-2017



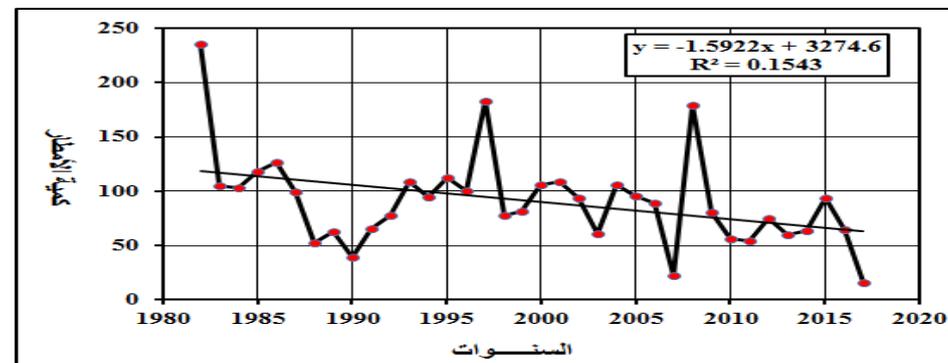
الشكل 21: التغيرات السنوية للأمطار بمحطة الرس خلال الفترة 1982-2017



الشكل 22: التغيرات السنوية للأمطار بمحطة عنيزة خلال الفترة 1982-2017



الشكل 23: التغيرات السنوية للأمطار بمحطة بريدة خلال الفترة 1982-2017



الشكل 24: التغيرات السنوية للأمطار على مستوى إجمالي المحطات خلال الفترة 1982-2017

كما تدل قيم معامل الارتباط (r) السالبة التي تراوحت بين -0.45 - بمحطة مطار الأمير نايف و -0.20 - بمحطة بريدة والموجبة التي لم تتعد 0.06 بمحطة المذنب على وجود علاقة ارتباط خطية ضعيفة جدا بين الأمطار والزمن في المحطات المدروسة.

الجدول (8): الفحص الإحصائي لمعامل الارتباط والخطأ المعياري لمعامل الانحدار للأمطار السنوية الفترة 1982-2017.

المتغير	مطار الأمير نايف	المذنب	كراع المرو	عقلة الصقور	الرس	عنيزة	بريدة
y'	129.9	76.7	106.9	57.1	68.1	90.4	107.3
σy	83.4	54.8	71.2	42.3	51.8	46.0	56.7
a	7202.5	612.5	5627.4	2561.1	2284.6	3558.5	2300.6
b	-3.537	0.345	-2.760	-1.252	-1.109	-1.735	-1.097
r	-0.45	0.06	-0.41	-0.31	-0.22	-0.40	-0.20
r^2	0.199	0.004	0.167	0.097	0.050	0.158	0.042
$\% r^2$	19.9	0.4	16.7	9.7	5.0	15.8	4.2
$S E$	74.6	54.7	65.0	40.2	50.5	42.7	55.5
$\% \sigma$	57.4	71.3	60.8	70.4	74.2	47.2	51.7
t_r	2.906	0.370	2.611	1.911	1.338	2.526	1.221
درجة الأهمية	مهم	غير مهم	مهم	مهم	غير مهم	مهم	غير مهم

وقد بين فحص الأهمية الإحصائي "t" ستودنت لمعامل الارتباط (r) أن قيمة (t_r) المحسوبة بالعلاقة (9) غير جوهريّة حيث أنها تقل عن قيمة "t" الحرجة 1.688 المناسبة لدرجة الحرية 34 عند مستوى الأهمية الإحصائية 5% بثلاث محطات هي المذنب والرس وبريدة، في حين إنها ذات أهمية إحصائية في أربع محطات هي مطار الأمير نايف وكراع المرو وعقلة الصقور وعنيزة. وقد أظهرت أيضا قيم معامل التفسير (r^2) عدم أهمية أو صلاحية علاقات الارتباط وخطوط انحدارها التي تمثل الاتجاهات المطرية لكميات الأمطار السنوية بالمحطات المدروسة لأن قيمة (r^2) تمثل النسبة الحقيقية من كميات الأمطار التي يستطيع خط الانحدار تفسيرها. وقد تراوحت قيم (r^2) بين 0.4% بمحطة المذنب و 19.9% بمحطة مطار الأمير نايف، وهي قيم ضعيفة لا يمكن الاعتماد عليها في تحليل وتحديد اتجاهات كميات الأمطار السنوية. ويشترط لكي تكون علاقات الارتباط وخطوط انحدارها صالحة ومقبولة ألا تقل قيمة معامل الارتباط (r) عن 50% وقيمة معامل التفسير (r^2) عن 25% (Oliver, 1973: 472).

وتعكس قيمتا معاملي الارتباط والتفسير الضعيفة الطبيعة العشوائية التي يتسم بها نظام تساقط الأمطار بمنطقة بريدة بحيث نجد أن كميات الأمطار السنوية متذبذبة من سنة لأخرى على مستوى المحطة الواحدة، ومتفاوتة من محطة لأخرى خلال نفس السنة دون أن يكون لعامل الزمن أي علاقة تذكر بكمياتها أو باتجاهاتها.

وتتراوح قيم الخطأ المعياري للتقدير (S.E) المحسوبة بالعلاقة (7) بين 40.2 ملم بمحطة عقلة الصقور و 74.6 ملم بمحطة مطار الأمير نايف كما في الجدول (الجدول 6). وتعتبر هذه القيم كبيرة، وهي تعكس عشوائية نظام تساقط الأمطار السنوية وعدم ارتباط تغيراتها بعامل الزمن. وتؤكد قيم النسبة المئوية للانحراف المعياري (σ) المحسوبة بالعلاقة (8) وجود عوامل أخرى تتحكم في تغيرات الاتجاهات المطرية لكميات الأمطار السنوية بمنطقة بريدة بنسب تتراوح بين 28.7% بمحطة المذنب و 52.8% بمحطة عنيزة. ويعزى الكثير من هذه العوامل إلى طبيعة الرصد والقياس المتبعة في قياس الأمطار بالمحطة، أو إلى عوامل طبيعية أخرى تحتاج إلى دراسة ومتابعة حقلية دقيقة للوقوف عليها وضبطها بدقة على مستوى كل محطة.

وتؤكد كذلك قيم معامل الانحدار (b) الضعيفة التي تراوحت قيمها السالبة بين -3.537 - بمحطة مطار الأمير نايف و -1.097 - بمحطة بريدة وبلغت 0.345 بمحطة المذنب على عدم صلاحية خطوط الانحدار الممثلة للاتجاهات المطرية بالمحطات المدروسة. وقد دل فحص الأهمية الإحصائي "t" ستودنت على أن قيم معامل الانحدار (t_b) المحسوبة بواسطة العلاقة (11) تجاوزت بكثير في جميع المحطات قيم (t) الحرجة عند مستوى الأهمية الإحصائية 5% كما يتضح في (الجدول 7). وعليه فقد تم حساب القيمة الحقيقية لمعامل الانحدار لكل علاقة ارتباط خطية عند مستوى احتمال الأهمية الإحصائية 95% بواسطة الخطأ المعياري لمعامل الانحدار ($S.E_b$) بتطبيق العلاقة (12). ويوضح الجدول (9) أن لكل معامل انحدار (b) قيمة حقيقية، أي يمكن أن يكون لكل خط انحدار اتجاه موجب متزايد أو اتجاه سالب متناقص مما يدل

على أنه لا يوجد اتجاه ثابت لتزايد أو تناقص كميات الأمطار السنوية بجميع المحطات بمنطقة بريدة.

الجدول رقم 9: فحص الأهمية الإحصائية لمعامل الانحدار (b) للأمطار السنوية للفترة 1982-2017.

المحطة	b	n	σ_x	t_b	S E	S E _b	(-b 5%)	(+b 5%)
مطار الأمير نايف	-3.537	36	10.5	166.2	74.6	1.298	-4.835	-2.239
المنذنب	0.345	36	10.5	10.7	54.7	0.951	-0.606	1.296
كراع المرو	-2.760	36	10.5	110.8	65.0	1.130	-3.890	-1.630
عقلة الصقور	-1.252	36	10.5	29.9	40.2	0.699	-1.951	-0.553
الرس	-1.109	36	10.5	32.4	50.5	0.878	-1.987	-0.231
عنيزة	-1.735	36	10.5	45.0	42.7	0.743	-2.478	-0.992
بريدة	-1.097	36	10.5	35.1	55.5	0.965	-2.062	-0.132

الخلاصة

النتائج

أظهرت هذه الدراسة أهمية تحليل الاتجاهات المطرية باستخدام الطرق الرياضية الكمية التي تخضع نتائجها لفحوص إحصائية تكشف عن احتمالات أهميتها الإحصائية، ولذا فإنه لا يمكن الاعتماد على الطرق التي يتعذر التحقق من صلاحية نتائجها كطريقة المتوسطات المتحركة لأنها طريقة تقريبية لا يمكن التأكد من صحة نتائجها وأهميتها الإحصائية.

ولذا فإن طريقة المتوسطات النصفية يمكن أن تكشف عن الاتجاهات المطرية مع إمكانية إخضاعها لنوعين من الفحوص الإحصائية هما فحص الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين عند احتمال الأهمية 5% أو أقل ($2 S.E|X'_1 - X'_2|$) وفحص "t" ستودنت للفرق بين المتوسطات النصفية. وعليه فقد أظهرت المتوسطات النصفية أن اتجاهات الأمطار كانت ذات أهمية إحصائية بثلاث محطات هي مطار الأمير نايف، وكراع المرو، وعنيزة. وغير ذات أهمية إحصائية بأربع محطات هي المنذنب وعقلة الصقور والرس وبريدة. ولقد اتسمت اتجاهات الأمطار بقيم انحدار بسيطة وسالبة بجميع المحطات عدا محطة المنذنب. كما بين فحص الأهمية الإحصائية عدم وجود فروق ذات أهمية إحصائية بين المتوسطين النصفيين في المحطات المذكورة عند مستوى الاحتمال 5%، بحيث كانت كل الفروق أقل بكثير من ضعف الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين، عدا محطات كراع المرو ومطار الأمير نايف وعنيزة. كما أكد أيضا فحص الأهمية الإحصائية "t" للفرق بين المتوسطات النصفية، المناسبة لقيمة "t" الحرجة 1.688 ولدرجة الحرية 34 عند مستوى الأهمية 0.05.

وأظهرت نتائج الفحوص الإحصائية أن الاتجاهات الحاصلة في كميات الأمطار السنوية على مستوى المحطات المدروسة بمنطقة بريدة تعد اتجاهات متباينة ولها أهمية إحصائية أو عملية نسبية في ست محطات أظهرت تماثلا في اتجاهات تغير الأمطار السنوية بواسطة طريقتي المتوسطات النصفية وعلاقة الخط المستقيم كونها ناتجة أساسا عن الطبيعة العشوائية لنظام تساقط الأمطار بمنطقة القصيم عموما.

وعليه يفضل أن تحسب اتجاهات الأمطار بطريقة علاقة انحدار الخط المستقيم (علاقة الارتباط الخطية) لأنها أكثر دقة من الطريقتين السابقتين كونها تأخذ متغير الزمن عند حساب الاتجاه. كما أنه يمكن إخضاع معاملي الانحدار والارتباط لفحوص الأهمية الإحصائية بطريقة "t" ستودنت ومن ثم حساب قيمة معامل الانحدار الحقيقية عند مستوى الاحتمال 95% ($2 S.E_b$) وحساب معامل التفسير لعلاقة الانحدار والخطأ المعياري للتقدير (S.E) والنسبة المئوية للانحراف المعياري (σ).

وعليه فإن كل هذه الفحوص الإحصائية تساعد على تحديد أهمية وحقيقة خط الاتجاه وتؤكد صلاحيته من عدمها. ولقد توصلت طريقة علاقة انحدار الخط المستقيم إلى تحديد 6 اتجاهات مطرية متناقصة واتجاه مطري واحد متزايد بمحطة المنذنب. مع تطابق 6 اتجاهات منها مع اتجاهات الأمطار السنوية المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية. ولقد جاءت قيم معامل الارتباط بين كميات الأمطار السنوية والزمن سالبة وضعيفة في ست محطات وموجبة وضعيفة جدا بمحطة المنذنب. ولقد أكد فحص الأهمية الإحصائية "t" ستودنت لمعامل الارتباط (r) ومعامل التفسير (r^2) عدم أهمية علاقة

الارتباط وخطوط انحدارها التي تمثل الاتجاهات المطرية بالمحطات. كما أن قيم الخطأ المعياري للتقدير جاءت كلها كبيرة تعكس عشوائية نظام تساقط الأمطار السنوية وعدم ارتباط تغيراتها بالزمن وارتباطها بعوامل أخرى كما أوضحت قيم النسبة المئوية للانحراف المعياري.

ولقد أكد فحص الأهمية الإحصائي "t" ستودنت لمعامل الانحدار (b) هذه النتيجة، بحيث جاءت قيم هذا المعامل ضعيفة في جميع المحطات، وعليه فإن جميع الفحوص الإحصائية أكدت عدم وجود اتجاهات حقيقية للأمطار السنوية بالمحطات المدروسة، وأن كل الاتجاهات التي تم تحديدها غير جوهرية وظاهرية ولا تتمتع بأية أهمية إحصائية أو عملية. ويجب الأخذ بعين الاعتبار هذه النتائج عند التخطيط لمشاريع شبكات صرف مياه السيول أو مشاريع حصد مياه الأمطار بالمناطق العمرانية أو الاستفادة من عملية الري بمياه الأمطار لتفادي تأثيرات تذبذب نظام تساقطها بمنطقة بريدة.

مما تقدم تعتبر هذه الدراسة إضافة علمية للدراسات المناخية من حيث منهجيتها التي اعتمدت على بيانات مطرية لدورة مناخية متكاملة (36 سنة) متواصلة ومشتركة بسبع محطات تمثل النطاق الصحراوي المداري الجاف بوسط المملكة العربية السعودية. وتتمثل الإضافة العلمية التي قدمتها في استخدام الفحوص الإحصائية لتحديد أهمية اتجاه التغير العام للأمطار والاعتماد على مستوى دلالتها في قبول أو رفض الاتجاهات المتزايدة أو المتناقصة للفترة المدروسة.

التوصيات

من خلال ما تقدم من نتائج فحص الأهمية الإحصائية لاتجاهات تغير الأمطار السنوية خلال الفترة 1982-2017 بسبع محطات مطرية تقع بمنطقة بريدة التي تعتبر جزءاً من منطقة القصيم بوسط المملكة العربية السعودية، توصي هذه الدراسة بما يلي:

- 1- توسيع تحليل اتجاهات تغير الأمطار السنوية ليشمل نفس الفترة الزمنية بمحطات مطرية أخرى بمنطقة القصيم للتأكد من نتائج فحص الأهمية الإحصائية بطريقة المتوسطات النصفية وبطريقة علاقة انحدار الخط المستقيم.
- 2- توسيع تحليل اتجاهات تغير الأمطار السنوية ليشمل نفس الفترة الزمنية بمحطات مطرية أخرى بالمملكة العربية السعودية للتأكد من نتائج فحص الأهمية الإحصائية بالطريقتين المذكورتين.
- 3- تحليل اتجاهات تغير تركيز الأمطار خلال نفس الفترة الزمنية بطريقتي المتوسطات النصفية وعلاقة انحدار الخط المستقيم بنفس المحطات المدروسة للتأكد من نتائج فحص الأهمية الإحصائية للأمطار السنوية الذي توصلت إليه هذه الدراسة.
- 4- تحليل اتجاهات تغير تركيز الأمطار خلال نفس الفترة الزمنية بطريقتي المتوسطات النصفية وعلاقة انحدار الخط المستقيم بمحطات مطرية بمختلف مناطق المملكة العربية السعودية للتأكد من نتائج فحص الأهمية الإحصائية للأمطار السنوية الذي توصلت إليه هذه الدراسة بمنطقة بريدة.
- 5- تحليل اتجاهات تغير الأمطار اليومية القصوى خلال نفس الفترة الزمنية بطريقتي المتوسطات النصفية وعلاقة انحدار الخط المستقيم بنفس المحطات المدروسة للتأكد من نتائج فحص الأهمية الإحصائية للأمطار السنوية.
- 6- مقارنة نتائج هذه الدراسة بنتائج دراسات مماثلة بالمناطق المجاورة التي تتميز بنفس الظروف المناخية والجغرافية للتأكد من اتجاهات التغير التي تم تحديدها بمنطقة بريدة.
- 7- مقارنة نتائج هذه الدراسة بنتائج فحص الأهمية الإحصائية لاتجاهات تغير درجات الحرارة بمختلف مناطق المملكة العربية السعودية لمعرفة مدى ارتباط اتجاهات تغير الأمطار بأهم عنصر مناخي مؤثر عليها بالمناطق المدارية الجافة وهو درجات الحرارة.
- 8- تصميم خريطة لاتجاهات تغير الأمطار السنوية واليومية القصوى واتجاهات تغير تركيز الأمطار المتزايدة والمتناقصة لمختلف مناطق المملكة العربية السعودية.

Change Trends of Annual Rainfall in Buraydah Area (Saudi Arabia) from 1982 to 2017: A Climate study

Bourouba Mohammad Foudal

Department of Computer Science and Information Systems, College of Applied Sciences, Al-Ma'arifa University, Al-Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia.

Abstract

This study relied on daily rainfall data observed during the period from January 1982 to December 2017 at six rain stations. The study's methodology deals with the climate change aspects over Qassim area by analyzing the trends of change in annual rainfall and determining the best statistical method to predict it in the study area. On the other hand, the study aims to determine the annual rainfall trend in the stations most affected by the climate change effects during the studied period.

To achieve the objectives of the study, the methodology included analyzing rainfall trends by applying the moving averages, semi-averages, and the straight line regression methods. The statistical significance used the T-student test and the correlation coefficient at the 5% significance level.

The results of statistical tests showed that rainfall trends using the straight line regression method (linear correlation) were more accurate, as it takes the time variable when calculating the trend. It is also possible to test the regression and correlation coefficients using the "T-student" method, and then calculate the true regression coefficient value at the 95% probability level (2 S.Eb), and calculate the determination coefficient for the regression, the standard error of the estimate (S.E), and the percentage of standard deviation (%) σ . This study was able to determine the rainfall trends of annual rainfall and examine its statistical significance.

Keywords: Annual rainfall, Trends, Moving averages, Semi-averages, Straight linear regression, Statistical test, Qassim area, Saudi Arabia.

المراجع العربية

- بوروية، محمد فضيل. (2012). دراسة إحصائية تحليلية لاتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية. مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية، المجلد الخامس، العدد (1). 48-12.
- شحادة، نعمان عابد. (1991). الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن. دراسات، المجلد (5)، العدد 1، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، ص ص 131-159.
- الشمري، صالح عبد المحسن. (2022). دراسة إحصائية تحليلية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى اليومية المتطرفة بمنطقتي عسير والباحة كمؤشرات لمظاهر التغير المناخي خلال الفترة 1985-2017. المجلة العربية للدراسات الجغرافية، المجلد 5 (13).
- صيام، نادر محمد. (1995). اتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا. دراسة إحصائية تحليلية. سلسلة رسائل جغرافية، العدد 187، وحدة البحث والترجمة، الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت.
- زيتون، محمد عبد الكريم. وشحادة، نعمان عابد. (2015). مؤشرات التغير المناخي في شمال الأردن. دراسات، العلوم الانسانية والاجتماعية، المجلد (42)، ملحق 2. 1486-1467.
- عنبر، علي. وشحادة، نعمان. (2020). النماذج المناخية والتغير المناخي في الحوض الشرقي للبحر المتوسط. مجلة جامعة النجاح للبحث العلمي (علوم طبيعية)، المجلد 34 (1). 106-75.
- مشتهي، عبد العظيم قدوره. (2013). اتجاه التغير في كميات الأمطار في الضفة الغربية بين عامي 1997-2008. دراسة تطبيقية لحالة في جغرافية المناخ، مجلة جامعة الأزهر بغزه، سلسلة العلوم الانسانية، المجلد 15 (1). 404-377.
- موسى، حسن علي. (1988). الاتجاه العام للأمطار والحرارة في سوريا. المجلة الجغرافية، المجلد (11-12-13). 113-97، دمشق، سوريا.

Arabic References in English

- Al-Shamri, S.A. (2022). Statistical analysis study of the daily maximum and minimum extreme temperatures in Asir and Al Bahah areas as the indicators of the Climate change during 1985-2017. *Arab Journal of Geographic Studies*, Volume 5 (13). 67-108.
- Anbar, A. and Shahada, N. (2020). Climatology models and Climate change in the Mediterranean eastern basin. *Journal of An-Najah University of Sciences Research (Nature Sciences)*, Volume (34), Issue 1. 75-106.
- Bourouba, M.F. (2012). Statistical analysis of maximum daily rainfall trends in Riyadh area (Saudi Arabia). *Journal of Social Sciences*, Volume (5), Issue 1. 12-48.
- Moushtahi, A.K. (2013). A case applied study in climatic geography. *Journal of Al Azhar (Ghaza) Humanities Seriece*, Volume (15), Issue 1. 377-404.
- Moussa, H.A. (1988). General trends of rainfall and Temperatures in Syria. *Geographic Journal*, Volume (11-12-13). 97-113. Damascus, Syria.
- Shehada, N.A. (1991). General trends of rainfall in Jordan. *Dirasat*, Jordan University, Volume (5), Issue 1. 131-159.
- Siam, N.M. (1995). Rainfall trends in some sites of Syria. A statistic analytical study. *Geographical studies Seriece*, No. 187, Research and Translation Unit, Kuwait Geographical Society, Kuwait University.
- Zeitoun, M.A. and Shehada, N.A. (2015). Indicators of Climate change in Northern Jordan. *Dirasat (Humanities and Social Sciences)*, Volume (42), Appendix 2. 1467-1486.

English References

- Al Jabouri, S. (1985). Trends Periodicities of Rainfall in Iraq. *ACSAD*, pp. 109-134.
- Akasaka, I. and Morishima, W. (2010). Seasonal trends of rainfall and surface temperature over Southern Africa. *African Study Monographs*, Suppl.40. 67-76.
- Almazroui, M., Nazrul Islam, M., Athar, H., Jonesa, P.D. and Ashfaqur Rahman, M. (2012). Recent climate change in the Arabian Peninsula. annual rainfall and temperature analysis of Saudi Arabia for 1978–2009. *Int. J. Climatol.* 32. 953-966.
- Almazroui, M. (2020). Rainfall Trends and Extremes in Saudi Arabia in Recent Decades. *Atmosphere* 11, 2-26 pages. doi.10.3390/atmos11090964.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Mangianti, F. Maugeri, M. and Nanni, T. (2004). Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy. *Global and Planetary Change* 40. 141-149.
- Brunetti, M., Maugeri, M. Monti, F. and Nanni, T. (2006). Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series. *International Journal of Climatology* 26. 345-381.
- Cannarozzo, M., Noto, L.V. and Viola, F. (2006). Spatial distribution of rainfall trends in Sicily (1921–2000). *Physics and Chemistry of the Earth* 31. 1201-1211.
- Carbonnel, J.P. and Hubert, P. (1994). Etude statistique de quelques séries pluviométriques roumaines et bulgares. Incidences sur l'évolution climatique récente. *Romanian Journal of Hydrology and Water Resources* 1, 107-113.
- Cheung, W.H. and Senay, A. (2008). Trends and spatial distribution of annual and seasonal rainfall in Ethiopia. *International Journal of Climate*, published in Wiley Inter Science.
- Crow, P.R. (1971). *Concepts in climatology*. Grou Ltd, London, pp. 589.
- Diodato, N. (2007). Climatic fluctuations in Southern Italy since 17th century. reconstruction with precipitation records at Benevento. *Climatic Change* 80. 411-431.
- Gahathakurta, P. and Rajeevan, M. (2012). *Trends in the rainfall pattern over India*. National Climate Centre. Office of the additional director general of Meteorology (Research), India Meteorological Department, Research Report No. 2/2006.
- Grabrecht, J. and Rossel, F. (2000). The wet decade of the 1980's and 1990's in the Southern Great Plains. How wet?. *ASCE 2000 joint conference on water resources engineering and water resources planing and management*, 30 July - 2 August 2000, Mineapolis, MN, USA, 57-60.

- Gonzpalez-Hidalgo, J.C., Lopez-Bustins, J.A., Step´anek, P., Mart´in-Vide, J. and de Luis, M. (2009). Monthly rainfall trends on the Mediterranean fringe of the Iberian peninsula during the second-half of the twentieth century (1951-2000). *Int. J. Climatol.* 29, 1415-1429.
- Gonz´alez-Hidalgo, J.C., Brunetti, M. and de Luis, M. (2010). Precipitation trends in Spanish hydrological divisions. 1946–2005, *Clim. Res.* 43. 215-228.
- Grabrecht, J. and Rossel, F. (2001). Decade-scale precipitation increase in the Great Plains at the end of the 20th century. *Journal of Hydrologic Engineering* to be published.
- Gregory, S. (1970). *Statistical methods and Geographer*. Longman Grou. Ltd., London, pp. 277.
- Hasanean, H. and Mansour Almazroui, M. (2015). Rainfall. Features and Variations over Saudi Arabia. A Review, *Climate* 3,. 578-626. doi.10.3390/cli3030578.
- Kanji, G.K. (2006). *100 Statistical tests*. 3rd Edition, London, SAGE publication Ltd.
- Krishnakumar, K.N., Gopakumar, C.S. and Prasad Rao, G.S.L.H.V. (2009). Rainfall trends in twentieth century over Kerala, India. *Elsevier, Atmospheric Environment* 43. 1940-44.
- Lopez-Moreno, J.I., Vicente-Serrano, S.M., Angulo-Martinez, M., Begueria, S. and El-Kenawy, A. (2010). Trends in daily precipitation on the north eastern Iberian Peninsula, 1955-2006. *Int. J. Climatol.* 1026-1041.
- Mallick, J., Talukdar, S., Alsubih, M., Salam, R., Ahmed, M., Ben Kahla1, N. and Shamimuzzaman, M. (2021). Analysing the trend of rainfall in Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests. innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis, *Theoretical and Applied Climatology*, <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03448-1>.
- Manton, M.J., Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., Hennessy, K.J., Nicholls, N., Chambers, L.E., Collins, D.A., Daw, G., Finet, A., Gunawan, D., Inape, K., Isobe, H., Kestin, T.S., Lefale, P., Leyu, C.H., Lwin, T., MaitrePierre, L., Ouprasitwong, N., Page, C.M., Pahalad, J., Plummer, N., Saliger, M.J., Suppiah, R., Tran, V.L., Trewin, B., Tibig I. and Yee, D. (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific. 196-1998. *International Journal of Climatology* 21. 269–284.
- Maragatham, R.S. (2012). Trend analysis of rainfall data. A comparative study of existing methods. *International Journal of Physics and Mathematical Sciences*, Vol. 2 (1), pp.13-18, An Online International Journal Available at <http://www.cibtech.org/jpms.htm>.
- Marengo, J. (1999). Interdecadal and long-term variability of the hydrometeorology of the Brazilian Amazon basin. *International Symposium "Manaus 99. Hydrological and Geochemical Processes in Large-Scale River Basins"*, 15-19 novembre 1999, Manaus, Brazil, (Hibam Ed.), 8 p. published on CD-Rom.
- Mehta, A.V. and Yang, S. (2008). Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements. *Advances in Geosciences* 17. 87-91.
- Millan, M.M., Estrela, M. J. and Mir´o, J. (2005). Rainfall components. variability and spatial distribution in a mediterranean area. *Journal of Climate* 18(14). 2682-2705.
- Oliver, J.E. (1973). *Climate and Mans Environment. An introduction to applied climatology*. John Wiley and Sons, ins. New York., London, Sidney, pp. 517.
- Oliver, J.E. (1981). *Climatology selected applications*. Edward Arnold. V. H. Wiston and Sons, pp 260.
- Paturel, A., Servat, E., Kouame, B., Lubes, H., Ouedraogo, M. and Masson, J.M. (1997). Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part 2. An integrated regional approach. *Journal of Hydrology*, 191, 16-36.
- Palmieri, S., Siani, A.M, and D’Agostino, A. (1991). *Climate fluctuations and trends in Italy within the last hundred years*. *Annales Geophysicae* 9. 769-776.
- Paredes, D. Trigo, R.M., Garc´ia-Herrera, R. and Franco-Trigo, I. (2006). Understanding rainfall changes in Iberia in early spring. weather typing and storm-tracking approaches, *J. Hydrometeor.*, 7, 101-113.
- Pashiardis, S. (2002). Trends of precipitation in Cyprus rainfall analysis for agricultural planning. UN Food and Agriculture Organization (FAO), Climagri Workshop, on Development of a regional network on climate change and agriculture for the countries in the Mediterranean region, FAO’s headquarters, Rome, Italy.
- Piccarreta, M., Capolongo, D. and Boenzi, F. (2004). Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a Southern Italy context. *International Journal of Climatology* 24. 907-922.
- Piervitali, E., Colacino, M. and Conte, M. (1997). Signals of climatic change in the central–western Mediterranean Basin. *Theoretical and Applied Climatology* 58. 211-219.

- Rajeevan, M., Bhate, J. and Jaswal, A.K. (2008). Analysis of variability and trends of extreme rainfall events over India using 104 years of gridded daily rainfall data. *Gephysical Research Letters*, Vol. 35, L18707, 6 pages.
- Rodrigo, F.S. (2010). Changes in the probability of extreme daily precipitation observed from 1951 to 2002 in the Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.* 30, 1512-1525.
- Romero, R., Guijarro, J.A. and Alonso, S. (1998). A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions. first exploratory study, *International Journal of Climatology* 18. 541-560.
- Saltman, H.J. (2012). *Experimental Design and Analysis*, Pittsburg. Carnegie Mellon University, 428 pages.
- Schwerdtfeger, P. (2008)._Rainfall Trends on the Continent of Australia - Evaluating the Evidence from the Past Century. (Lead paper) *First International Conference on Water Resources and Climate Change of the MENA Region (Muscat, Oman, Nov. 2008)*.
- Villani, P. and Longobardi, A. (2009). Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, Wiley InterScience, (www.interscience.wiley.com).
- Zhang, K. and Burn, D.H. (2009). *Analysis of Trends in Extreme Rainfall, A report prepared for the Canadian Foundation for Climate and Atmospheric Sciences project*. Quantifying the uncertainty in modeled estimates of future extreme precipitation events, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo.