

العنوان:	التحليل التكراري واحتمالية هطول الأمطار في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية
المصدر:	مجلة العلوم العربية والإنسانية
الناشر:	جامعة القصيم
المؤلف الرئيسي:	بوروبة، محمد فضيل
مؤلفين آخرين:	الدغيري، أحمد بن عبدالله بن محمد(م. مشارك)
المجلد/العدد:	مج11, ع1
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2017
الشهر:	سبتمبر
الصفحات:	435 - 489
رقم MD:	819747
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	القصيم، السعودية، هطول الأمطار، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/819747

التحليل التكراري واحتمالية هطول الأمطار في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية

د. محمد فضيل بوروبة^١، د. أحمد بن عبدالله الدغيري^٢

قسم الجغرافيا، كلية اللغة العربية والدراسات الاجتماعية، جامعة القصيم

١ أستاذ الجيومورفولوجيا المشارك كلية اللغة العربية والدراسات الاجتماعية جامعة القصيم

٢ أستاذ الجيومورفولوجيا والاستشعار عن بعد المشارك كلية اللغة العربية والدراسات الاجتماعية جامعة القصيم

ملخص البحث. تناول هذه الدراسة التحليل المكاني واحتمالية هطول الأمطار في منطقة القصيم وسط المملكة العربية السعودية، باستخدام البيانات المطرية المسجلة خلال الفترة ١٩٨١-٢٠١١م بمحطات بريدة (U107) وعينزة (U001) والرس (U104) وعقلة الصقور (U002) والمذنب (U217) وكراع المرو (U004) التابعة لوزارة الكهرباء والمياه بالإضافة إلى محطة مطار الأمير نايف (40405) بمنطقة القصيم.

وتحتوي هذه المحطات على سلسلة زمنية من بيانات مطرية متكاملة و مشتركة تسمح بتحليل التباينات الزمنية والمكانية للأمطار السنوية من جهة و إجراء تحليل تكراري لتقدير معدلات التهطلات السنوية المتوقعة مستقبلا خلال فترات رجوع تتراوح بين ٥ و ١٠٠ سنة، من جهة ثانية .

ولقد تم اختيار هذه المحطات لسببين، السبب الأول كونها تقع بمنطقة القصيم التي تعتبر إقليماً زراعياً متميزاً من جهة ومنطقة تشهد تطوراً عمرانياً كبيراً ما لبث أن توسع على حساب مساحات التصريف الدنيا لمختلف الأودية التي ترفد وادي الرمة والتي يعبر بعضها عدداً من مدن القصيم . والسبب الثاني هو احتواء البيانات المطرية لهذه المحطات على سلسلة زمنية مشتركة ومتكاملة ومتواصلة من يناير ١٩٨١م إلى ديسمبر ٢٠١١م .

ولذا فإن هذه الدراسة تستعرض تقديرات كميات التهطلات السنوية التي بإمكانها أن تتحول إلى مياه سيول غزيرة تؤثر مباشرة على الامتداد العمراني والسكني بالمنطقة.

وعليه فإنه بالإمكان الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في الدراسات الهيدرولوجية وفي تقدير التدفق السيلي لمختلف أودية منطقة القصيم من أجل استغلال الموارد المائية للسيول ووضع خطط الحماية من تأثيراتها عند حدوثها من فترة لأخرى من جهة وكذلك تصميم خطط ملائمة لاستغلال الموارد المائية السطحية الناتجة عن الفائض المائي الذي تنتجه الكميات المرتفعة من التهطلات على شكل جريان سطحي يمكن تخزينه بواسطة السدود أو تحويله لتغذية الطبقات الجوفية الحاملة للمياه.

مصطلحات الدراسة: محطات مطرية، احتمالية تجاوز، الاحتمال الطبيعي، فترات الرجوع، تخطات مطرية.

١ - المقدمة

تقدم هذه الدراسة التحليل التكراري للبيانات المطرية السنوية المسجلة لفترة إحدى وثلاثين عاماً تمتد من سنة ١٩٨١م إلى سنة ٢٠١١م، بمجموع سبع محطات تقع كلها في منطقة القصيم، هي محطات بريدة (U107) وعنيزة (U001) والرس (U104) وعقلة الصقور (U002) والمذنب (U217) وكراع المرو (U004) التابعة لوزارة الكهرباء والمياه بالإضافة إلى محطة مطار الأمير نايف المناخية (40405). ونظراً لموقع منطقة القصيم ضمن النطاق المداري والإقليم الصحراوي الحار الذي يتميز بمناخ جاف تندر به كميات التهطالات وترتفع معه حرارة الجو خاصة خلال فصل الصيف فإن الاستفادة العملية من كميات الأمطار التي تهطل بهذه المنطقة تتطلب تحليل خصائص التوزيع التكراري للكميات المطرية السنوية.

وتتفاوت كميات التهطالات السنوية بهذه المنطقة تفاوتاً كبيراً من حيث الزمان والمكان مما يجعل من دراستها وتحليل وتحديد خصائص نظام تهطلها أمراً مهماً يساعد على الاستفادة من مواردها المائية خلال فترات التهطل. كما أن تذبذب نظام المطر في الزمان وعدم انتظام توزيعه المكاني يجعل من دراسة وتحديد خصائص التوزيع التكراري واحتمالية هطول وتقدير كمياتها خلال فترات الرجوع الممتدة من ٥ إلى ١٠٠ سنة مستقبلاً أمراً مهماً بالنظر إلى تكرار حدوث ظاهرة السيول بمنطقة القصيم خلال فترات التهطل الغزير كما حدث في السنوات الأخيرة على غرار ما سيول جراء تهطل أمار شهر ديسمبر ٢٠١٥م التي أغرقت مركز مدينة بريدة. ولذا نجد أن التهطل المطري على منطقة القصيم يصاحبه أحياناً سيول غزيرة قد تؤدي إلى حدوث عمليات تعرية مائية وإتلاف للرسوبات الرباعية التي تغطي مساحات كبيرة من السفوح السفلية لأحواض الروافد التي تصب في وادي الرمة.

وتتزايد أخطار وتأثيرات التهطالات بمنطقة القصيم كلما تزايد تركيزها وتكرارها في الزمن خاصة على مساحة النسيج العمراني للمدن التي شهدت العديد من السيول الغزيرة على مدار العشرين عاماً الأخيرة .

ويوفر هذا البحث إمكانية تطبيق منهجية التحليل التكراري على أمطار المحطات الأخرى بالمنطقة من أجل الوصول إلى صورة متكاملة عن خصائص التوزيع المكاني والزمني للأمطار هذه المنطقة المتميزة بمناخ مداري جاف تلعب فيه مياه التهطالات دوراً بالغ الأهمية بالنسبة للبيئة والإنسان .

٢- مشكلة وأهمية موضوع الدراسة

دلت الدراسات الميترولوجية بوجه عام على أن منطقة القصيم تتعرض لتهطالات مطرية مصاحبة لمنخفضات جوية حركية متوسطة يبدأ موسمها - عادة - من منتصف شهر أكتوبر حتى نهاية مايو . كما يساهم منخفض السودان (البحر الأحمر) الحراري بجلب عواصف مطرية لمنطقة الدراسة عبر مداها بكميات من الرطوبة النسبية التي تتشكل من خلالها السحب فينزل المطر - بإذن الله - في حالة توافر منخفض جوي علوي بارد .

وتكمن أهمية البحث في كونه يقدم تحليلاً تكرارياً لكميات التهطالات السنوية لفترة ٣١ سنة في سبع محطات مختارة تقع في منطقة القصيم ، وهي المنطقة التي تحتضن معظم الشبكة الهيدرولوجية لوادي الرمة ، وتعد مجالاً خصباً للنشاط الفلاحي والاقتصادي الذي واكبه نمو سكاني وتوسع عمراني أخذ يتوسع تدريجياً مع مرور الزمن على أراضي مصبات مختلف الأودية التي تسيل ناحية وادي الرمة ؛ مما جعلها عرضة لتأثيرات السيول من فترة لأخرى هذا من جهة . ومن جهة أخرى تكمن

أهمية البحث في كونه يحلل خصائص التوزيع التكراري لكميات التهطالات السنوية في منطقة القصيم خلال الفترة المدروسة، وهي لم تدرس من قبل بالرغم من وجود عدد من دراسات تناولت موضوع الأمطار بالمملكة العربية السعودية كدراسات (عزيز، ١٩٧١) و (الشريف، ١٩٧٣) و (الكليب، ١٩٨٢) و (Al Shaikh, 1985) و (Al Blehed, 1986) و (محمددين، ١٩٨٩) و (محمد أحمد، ١٩٩٣) و (السيد، ١٩٩٥) و (الصالح، ١٩٩٤ و ١٩٩٧) و (Al Misnid, 2005).

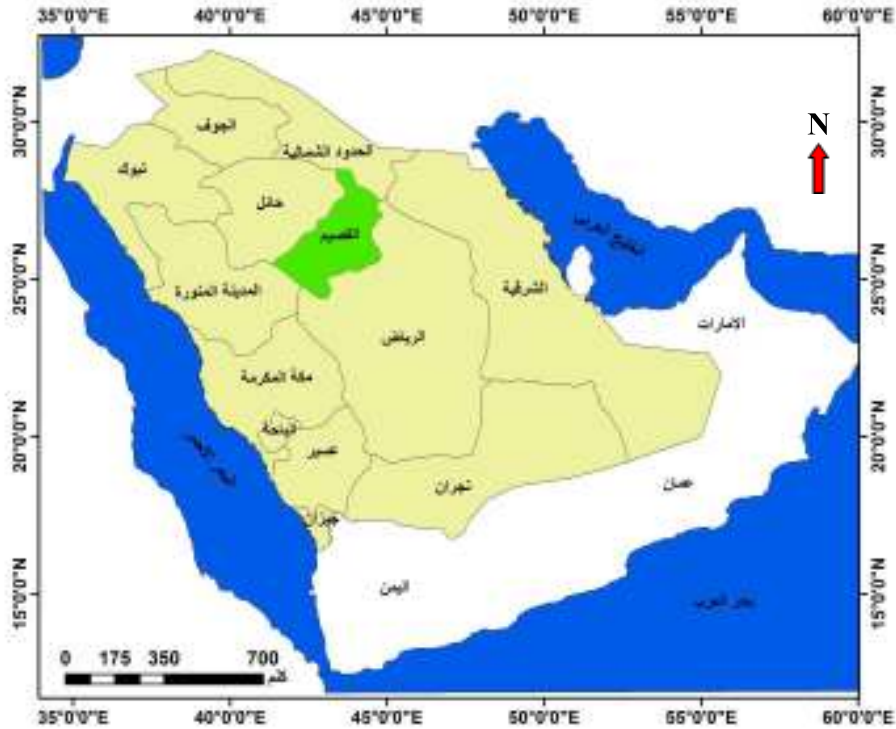
كما تتمثل أهمية البحث في كونه يقدم أيضاً تقديرات لكميات التهطالات السنوية لفترات تمتد من ٥ سنوات حتى ١٠٠ سنة، بحيث يمكن الاستفادة منها في الدراسات الهيدرولوجية المستقبلية بمنطقة القصيم، خاصة تلك التي تهتم بتقدير التدفق السيلي لمختلف الأودية التي تقع على ضفاف ومجاري الرمة وروافده وذلك في غياب وجود محطات هيدرومترية لقياس الجريان السطحي.

٣- منطقة الدراسة

تعد منطقة القصيم إحدى مناطق المملكة العربية السعودية الثلاث عشرة، وهي تقع بين دائرتي عرض $٢٤^{\circ} ٣٠'$ و $١٥^{\circ} ٢٧'$ شمالاً، وبين خطي طول $٤١^{\circ} ٥٠'$ و $٤٤^{\circ} ٥٠'$ شرقاً. وبهذا الموقع تحتل أواسط المملكة وتتوسط بين منطقتي الرياض وحائل. ويطلق على تلك المناطق الثلاث مجتمعة بنجد، أو المنطقة الوسطى (الشكل ١).

وتمتد منطقة القصيم على مساحة تقدر بحوالي ٧٣٢٩٠ كلم^٢، يحدها من الشمال منطقة حائل، ومن الغرب منطقتي حائل والمدينة المنورة، ومن الجنوب منطقة الرياض ومن الشرق منطقتي الرياض والشرقية. وكنتيجة حتمية لوقوع منطقة

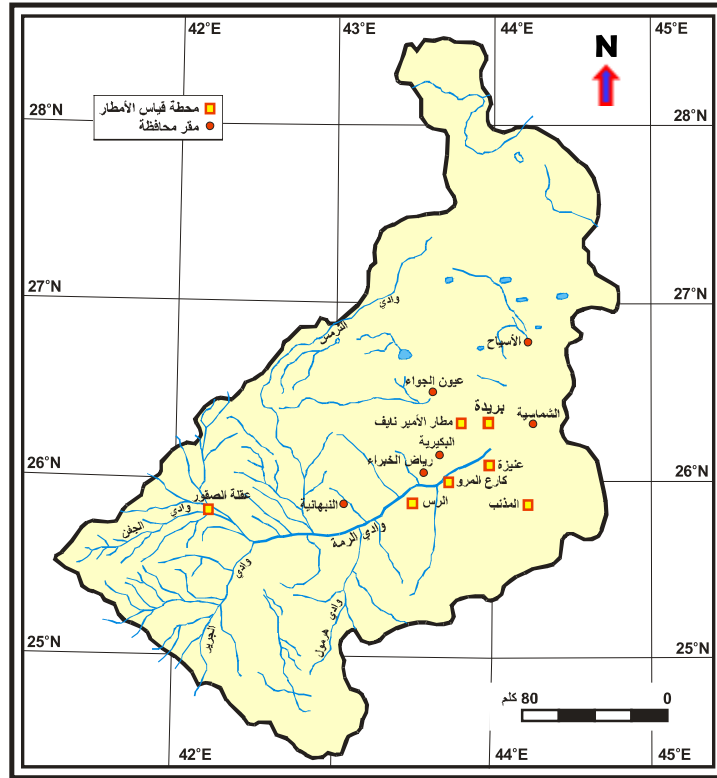
القصيم ضمن النطاق الصحراوي المداري القاحل ، فإن مناخها يتسم بالصفة القارية مع ندرة التهطلات التي يصل معدلها السنوي إلى 92 ملم، وبارتفاع حرارة بعض الشهور التي يصل معدلها السنوي إلى ٢٤.٣°م (Al Misnid, 2005) . ولقد تم اختيار سبع محطات مطرية في منطقة الدراسة تقع بين دائرتي العرض ($25^\circ 24'$ و $26^\circ 24'$) شمالاً وبين خطي الطول ($42^\circ 09'$ و $44^\circ 18'$) شرقاً (الجدول ١) و (الشكل ٢).



الشكل رقم (١). موقع منطقة الدراسة بالنسبة للمملكة العربية السعودية.

الجدول رقم (١). محطات التهيطات المختارة في الدراسة خلال الفترة ١٩٨١ - ٢٠١١ م

الإحداثيات		الارتفاع (متر)	الرقم التعريفى	اسم المحطة
(شمال)	(شرق)			
26°19'	43°46'	647	40405	محطة مطار الأمير نايف
26°04'	43°59'	724	U001	عينيرة
25°50'	42°21'	740	U002	عقلة الصقور
25°59'	43°44'	668	U004	كراع المرو (البدائع)
25°52'	43°31'	688	U104	الرس
26°20'	43°58'	632	U107	بريدة
25°52'	43°31'	725	U216	الرس
25°56'	44°07'	676	U217	المذنب



الشكل رقم (٢). الموقع الجغرافي للمحطات المطرية المدروسة بمحافظة منطقة القصيم.

٤- أهداف الدراسة

تتلخص أهداف البحث في ما يلي :

- ١ - تقدير احتمالية التجاوز "p" لكميات التهطالات السنوية لفترة ١٩٨١ - ٢٠١١م.
- ٢ - تقدير كميات، واحتمالية حدوث التهطالات السنوية "q" مستقبلاً ولفترة الرجوع الممتدة من ٥ إلى ١٠٠ سنة.
- ٣ - تطبيق طريقة التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal Probability Distribution ، والتوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي Log Normal Distribution ، والتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى - نوع ١ - Extreme Value Type 1 Probability Distribution ، والتوزيع الاحتمالي الأسّي Exponential distribution على كميات التهطالات السنوية من أجل تحديد أفضل توزيع لتقدير كمياتها خلال فترات الرجوع من ٥ إلى ١٠٠ سنة.
- ٤ - اختيار حسن المطابقة Goodness Fit بطريقة مربع كاي Chi Square لاختيار نوع التوزيع الاحتمالي المناسب لتقدير كميات التهطالات السنوية مستقبلاً.
- ٥ - تقدير كميات الأمطار السنوية المناسبة لفترات الرجوع الممتدة من ٥ إلى ١٠٠ سنة مستقبلاً.

٥- الدراسات السابقة

٥-١- الدراسات العربية

يوجد عدد من الدراسات العربية اهتمت بدراسة خصائص نظام تهطل الأمطار نظراً لأهميتها القصوى كمورد مائي سطحي يتحكم في كثير من النشاطات البشرية والاقتصادية بالوطن العربي . ومن هذه الدراسات :

- دراسة الصالح (١٩٩٤م) بعنوان: "التحليل التكراري لكميات الأمطار في منطقة القويعة بالمملكة العربية السعودية" التي هدفت إلى التعرف على تكرار كميات التهطالات السنوية، وأعلى كمية أمطار يومية في السنة بمنطقة القويعة بالدرع العربي. وتحقيقاً لهذا الهدف فقد استُخدمت طريقتا فترة الرجوع Return period والاحتمالية Probability. كما تم استخدام التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى Extreme Value Type 1 Probability Distribution (EVI) لتحديد العلاقة بين كمية وتكرار التهطالات وطريقة مربع "كاي" لاختبار حسن المطابقة لهذا التوزيع. وقد تبين أن هذا التوزيع متوافق مع بيانات التهطالات عند مستوى الدلالة ٠,١.

- دراسة السيد (١٩٩٥م) بعنوان: "احتمالات هطول الأمطار ودرجة الاعتماد عليها في المملكة العربية السعودية" التي هدفت إلى تحليل احتمالية حدوث التهطالات وتحديد كمياتها التي يمكن الاعتماد عليها بنسبة ٨٠٪ و ٩٠٪ أثناء في السنة بأنحاء المملكة المختلفة، وذلك بتطبيق أسلوب النظرية الاحتمالية. ولقد تم إعداد خرائط لكشف التباين المكاني لهذه الخصائص المطرية بهدف الاستفادة منها في تحديد المناطق التي يعتمد عليها في ممارسة النشاط الفلاحي، وكذلك المناطق الهامشية التي لا تحظى بأمطار يعتمد عليها، ويمكن استصلاحها للنشاط البشري بواسطة مياه الري، أو استغلالها للنشاط الرعوي.

- قدم بوروية في عام ٢٠١١ م دراسة بعنوان: "التباينات الزمانية والمكانية والتحليل التكراري للأمطار بمنطقة غرب الرياض" تناول فيه تحليل بيانات الأمطار اليومية القصوى والسنوية للفترة الممتدة من ١٩٦٧ إلى ٢٠٠٥ م بسبع محطات هي الرياض وسد وادي حنيفة والجبيلة وشقراء وضرما وحريملاء و سدوس. ولقد أظهرت نتائج الدراسة أن نظام تساقط الأمطار اليومي والسنوي يتسم بتباينات زمانية ومكانية

هامة ، بحيث تمثل كميات الأمطار التي تتراوح بين ١٠ و ٢٠ ملم/يوم ما نسبته ٤٠ ٪ من مجموع كميات الأمطار اليومية القصوى بمنطقة غرب الرياض خلال الفترة المدروسة. كما أن كميات الأمطار السنوية التي تتراوح بين ٥٠ و ١٠٠ ملم/سنة تمثل ٣٧,٧ ٪ من مجموع الأمطار السنوية بمنطقة غرب الرياض. كما تبين أن نظام تساقط الأمطار هو أكثر انتظاماً في محطتي حريملاء وسد وادي حنيفة وأكثر تذبذباً في محطة الجبيلة. ولقد أظهرت نتائج التحليل التكراري أن أكثر الكميات المطرية اليومية توقعاً خلال الفترة من سنتين إلى ٥ سنوات لا تتعدى ٣١ ملم/يوم وأكثر الأمطار السنوية توقعاً خلال نفس الفترة لا تتعدى ١٣٥,٥ ملم/سنة. أما على مستوى التوزيع الاحتمالي فقد تبين أن الأمطار اليومية القصوى تتبع التوزيع الاحتمالي الطبيعي بمحطات الرياض وسدوس وحريملاء والتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى -نوع ١ - بمحطات سد وادي حنيفة وحريملاء و شقراء والجبيلة ، في حين تتبع الأمطار السنوية التوزيع الاحتمالي الطبيعي بجميع المحطات.

٥-٢- الدراسات غير العربية

يعتبر عنصر المطر من أكثر العوامل المناخية دراسة على مستوى العالم. ومن الدراسات التي تمت الاستعانة بها في هذه الدراسة ما يلي :

- في دراسة قدمها Al Mashat و Abdel Basset في سنة ٢٠١١م بعنوان :

"Analysis of Rainfall over Saudi Arabia"

تم فيها تحليل هطول الأمطار على المملكة العربية السعودية (KSA) باستخدام بيانات الأمطار بمحطات الأرصاد الجوية المتاحة . ولقد أظهر تحليل هذه البيانات أن أعلى كمية لهطول الأمطار تحدث خلال فصل الربيع على جنوب غرب ووسط وشرق المملكة العربية السعودية وتليها ثاني أعلى كمية لهطول الأمطار خلال فصل الشتاء على الشرق والشمال الشرقي. وتبين أن موسم أدنى كمية الأمطار على المملكة العربية

السعودية هو فصل الصيف ، باستثناء المنطقة الجبلية في المنطقة الجنوبية الغربية . في حين أن نمط التوزيع الأفقي لهطول الأمطار خلال فصل الخريف يشبه إلى حد ما مثيله خلال فصل الربيع مع أن كمية الأمطار في الخريف هي أقل منها في فصل الربيع عندما يقترن الهواء البارد بمنخفضات البحر المتوسط الثانوية ويتقابل على المملكة العربية السعودية مع رطوبة الهواء الساخن الجنوبي المرتبط بحوض البحر الأحمر.

- تطرق Al Mazroui وآخرون في عام ٢٠١٢ في بحث بعنوان :

"Recent climate change in the Arabian Peninsula: Seasonal rainfall and temperature climatology of Saudi Arabia for 1979-2009"

إلى دراسة التغير المناخي من خلال تحليل قياسات الأمطار والحرارة بالاعتماد على البيانات المناخية المتوفرة بمحطات الارصاد الجوي بالمملكة العربية السعودية للفترة ١٩٧٩ - ٢٠٠٩ م . ولقد تم تحديد الفترة الرطبة (نوفمبر - ابريل) والفترة الجافة (يونيو - سبتمبر) من السنة من عدة مصادر هي مركز التحليل المدمج للأمطار Center of Merged Analysis of Precipitation (CMAP) و وحدة الدراسات المناخية Climate Research Unit (CRU) ووحدة قياس الأمطار الاستوائية Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).

ولقد تم تحديد منطقة جافة على مدار السنة تمتد على صحراء الربع الخالي حتى خلال الفترة الرطبة من السنة تحيط بها منطقتان رطبتان تمتدان شمال دائرة العرض ٣٠° شمالاً و جنوب دائرة العرض ١٥° شمالاً. أما خلال الفترة الجافة من السنة فإن شبه الجزيرة العربية تبقى كلها دون أمطار باستثناء شريط ضيق يقع جنوب دائرة العرض ١٥° شمالاً. وبغض النظر عن الفصل فإن تحليل البيانات المطرية أظهر وجود ارتفاع نسبي للأمطار خلال الفترة ١٩٧٩ - ١٩٩٣م وانخفاض هام للأمطار

خلال الفترة ١٩٩٤ - ٢٠٠٩م. ويقدر هذا الانخفاض بمجموع ٣٥,١ ملم، أي ما يعادل ٥,٥ ملم لكل ١٠ سنوات خلال الفترة الرطبة من السنة.

- قدم Al Mazroui وآخرون في سنة ٢٠١٢م بحثاً بعنوان:

"Recent climate change in the Arabian Peninsula: annual rainfall and temperature analysis of Saudi Arabia for 1978-2009"

تم فيه تحليل بيانات الأمطار والحرارة السنوية لفترة ٢٧ سنة تمتد من عام ١٩٧٨ إلى ٢٠٠٩م باستخدام قواعد البيانات الشبكية للمملكة العربية السعودية التي تمثل مساحتها حوالي ٨٠٪ من إجمالي مساحة شبه الجزيرة العربية بالإضافة إلى بيانات إضافية تخص وصف استقرار وتغير المناخ الحالي بهذه المنطقة.

ولقد أظهرت البيانات الشبكية وجود منطقة جافة جدا تتسم بمعدل أمطار يتراوح بين ٤٠ و ٨٠ ملم وتمتد على أكبر صحراء رملية في العالم (الربع الخالي)، ومنطقة جافة تتسم بمعدل أمطار يتراوح بين ٨٠ و ١٥٠ ملم تمتد من منتصف إلى شمال المملكة العربية السعودية، ومنطقة في جنوب غرب شبه الجزيرة يفوق بها معدل الأمطار السنوي ١٥٠ ملم.

كما حدد تحليل بيانات درجة الحرارة السنوية ثلاث مناطق حرارية بشبه الجزيرة العربية، منطقة أولى حارة جدا تمتد على صحراء الربع الخالي وتتسم بمعدل حراري سنوي يفوق ٢٧°م ومنطقة ثانية تمتد من وسط إلى جنوب شبه الجزيرة تتسم بمعدل حراري سنوي مرتفع نسبيا يتراوح بين ٢٤ و ٢٧°م ومنطقة ثالثة تتسم بمعدل حراري سنوي منخفض لا يتعدى ٢١°م وتمتد في الشمال الغربي والجنوب الغربي من شبه الجزيرة العربية.

كما أظهرت هذه الدراسة تناقص المتوسط السنوي للأمطار على مستوى أنحاء المملكة بما يعادل ٤٧,٨ ملم خلال النصف الثاني من فترة الدراسة مع ارتفاع الحد

الأدنى من درجات الحرارة بما يعادل ٠,٧١ م و ٠,٦٠ م و ٠,٤٨ م لكل عشر سنوات على التوالي .

- الدراسة التي قدمها Al Sheikh و Tarawneh في عام ٢٠١٣ م بعنوان :
"An analysis of dry spells patterns intensity and duration in Saudi Arabia"
استخدمت هذه الدراسة بيانات هطول الأمطار لفترة خمسة وثلاثين عاما بمجموع ٢٠ محطة للأرصاد الجوي بهدف التعرف على أنماط الجفاف في المملكة العربية السعودية . ولقد تم اعتماد متوسط هطول الأمطار ثم مؤشر Standardized (SPI) Precipitation Index لكل سنة في كل محطة لتحديد ما إذا كانت السنة رطبة أو جافة بالمنطقة . كما تم تطبيق مؤشر متوسط موجة الجفاف (ADSI) Average Dry Spell Index، وهي معلمة مشتقة من مؤشر SPI لتصنيف أنماط الجفاف في المملكة العربية السعودية. وقد أظهرت النتائج أن هناك ٨ محطات تتسم بالجفاف الحاد و ٥ بالجفاف الشديد و ٦ بالجفاف المعتدل وواحدة بالجفاف النسبي .

ولقد تم التمثيل الخرائطي لقيم العديد من معلمات الجفاف بواسطة خطوط الكنتور، مثل أطول مدة لموجة الجفاف (LDS) Longest Dry Spell Duration ، واتجاهات الجفاف (DT) Drought Tendency ومتوسط مدة النوبة الجافة Average Dry Spell Duration (ADSD). وكانت النتيجة أن كل منطقة من المملكة العربية السعودية، من دون استثناء، عانت من الجفاف لمدة ١٠ عاما أو أكثر.

ومن الملفت للانتباه هو الجفاف الشديد الذي تعاني منه المنطقة الجنوبية الغربية التي تتسم بأعلى كميات الأمطار. وهناك الجفاف الشديد الذي تتميز به أيضاً مناطق الأمطار التي لا يزيد متوسطها المطري السنوي عن ٥٠ ملم .

- وفي دراسة تقدم بها El Feki و آخرون في عام ٢٠١٣ م بعنوان :
"Analyze of annual rainfall climate variability in Saudi Arabia by using Spectral density Function"

استخدم هذا البحث تطبيق دالة الكثافة الطيفية Spectral Density Function (SDF) لتحليل إشارات الأمطار السنوية بجنوب غرب المملكة العربية السعودية . وتساعد هذه الطريقة في التعرف على الدورات المناخية من خلال تحليل البيانات المطرية. ولقد تم تطبيق هذا الأسلوب بسبع محطات تحتوي على قياسات للأمطار السنوية لفترة تتراوح بين ٤٢ و ٥٠ سنة وهي تمنية (A121) و الاجاعدة (B101) و بحرة الجديدة (J102) والفرين (J113) و العارضة (SA104) و جبل فيفا (SA110) و جبل سلا (SA111). ولقد أظهرت نتائج هذا البحث وجود مركبات دورية تتسم بتباينات هامة بالإضافة إلى تحديد دورة مناخية مشتركة تمتد لفترة ٢٦ سنة بالمحطات المدروسة. كما تبين أن لهذه الدورة تأثيراً قوياً على تقلبات المناخ وعلى تباين توزيع الأمطار السنوية بالمناطق المدروسة.

- قدم Al Ahmadi وآخرون في عام ٢٠١٤ م بحثاً بعنوان :

"Evaluation of the best fit distribution for partial duration series of daily rainfall in Madinah, western Saudi Arabia"

تم فيه تحليل سلاسل المدة الجزئية للأمطار (PDS) Partial Duration Series في المنطقة العمرانية المتنامية للمدينة المنورة في الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية بتطبيق عدة توزيعات احتمالية (التوزيع الطبيعي، التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي، توزيع القيم القصوى -نوع ١-، توزيع القيمة القصوى العام، توزيع بيرسون -النوع ٣-، التوزيع اللوغاريتمي لبيرسون -النوع ٣-) مع تقدير توزيع معالماتها باستخدام طريقة L-moments. ولاختيار أفضل التوزيعات الاحتمالية تم تطبيق عدة نماذج كمعيار أكايكي (AIC)، ومعيار أكايكي المصحح (AICc)، ومعيار بايسان (BIC) ومعيار أندرسون دارلينج (ADC). ولقد أظهر الفحص الإحصائي للتوزيعات الاحتمالية أن توزيع القيمة القصوى العام هو أفضل توزيع لسلسلة الأمطار اليومية

بالمنطقة المدروسة. وأشار البحث إلى أن هذا التوزيع يمكن أن يعتمد في تصميم إدارة الفيضانات، خاصة المتعلقة منها بتدابير الحماية.

- في دراسة قدمها Al Mazroui و Hasanean في عام ٢٠١٥ م بعنوان:

"Rainfall: Features and Variations over Saudi Arabia, A Review"

أظهر فيها تحليل الأمطار الموسمية أن الربيع والشتاء هما الفصلان المتميزان بأعلى هطول للأمطار على التوالي. وعلى مستوى المجموع السنوي للأمطار يتسم فصلا الخريف والصيف بكميات صغيرة من هطول الأمطار، مع أن أمطار الخريف تزيد عن أمطار موسم الصيف. وعلى مدار السنة تتلقى منطقة الجنوب الغربي أعلى كميات من الأمطار، ويحد أقصى في الربيع، في حين أنه في موسم الصيف، و تتلقى مناطق شمال شرق و شمال غرب المملكة كميات قليلة جدا من الأمطار ن بينما تبقى المنطقة الجنوبية الشرقية (الربع الخالي) جافة تماماً على مدار السنة. وقد تبين أن عامل الارتفاع ليس العامل الوحيد في التوزيع المكاني لكميات الأمطار بحيث أن أعلى كميات من الأمطار السنوية لا تتساقط دائماً على أعلى المرتفعات.

ولقد اتسمت الفترة (١٩٧٨ - ٢٠٠٩م) بتباينات كبيرة للأمطار السنوية مع وجود اتجاه خطي للأمطار نحو الانخفاض بالإضافة إلى اتجاه سلبي كبير للأمطار الفترة (١٩٩٤ - ٢٠٠٩). ولقد أظهر الجزء الجنوبي من شبه الجزيرة العربية وعلى طول ساحل البحر الأحمر زيادة في هطول الأمطار، في حين أنها انخفضت خلال معظم مناطق المملكة خلال العقد ٢٠٠٠ - ٢٠٠٩م، مقارنة مع ١٩٨٠ - ١٩٨٩م.

ولقد تم تطبيق النموذج الاحصائي ARIMA والنموذج العددي لمركز هادلي Hadley لدراسات آثار المناخات الإقليمية PRECIS لتحديد الطابع النوعي والكمي للتغيرات المناخية المحتملة في المستقبل، بحيث تبين أن هناك انخفاضاً واضحاً في معدلات الأمطار السنوية على مستوى جميع مناطق المملكة باستثناء الجنوب. كما أن أمطار

فصل الصيف تتباين من موسم لآخر وتكون مرتفعة بالجنوب و بالمحافظات الجنوبية الغربية و جبال عسير، في حين أن أمطار فصل الشتاء تبقى هي الأدنى.

٦- الخطوات المنهجية للبحث

تتناول هذه الدراسة تحليل بيانات سجلات التهطلات السنوية التي تم الحصول عليها من وزارة الزراعة والمياه للفترة الممتدة من يناير ١٩٨١ م حتى ديسمبر ٢٠١١ م بإتباع الخطوات المنهجية التالية: (الملحق)

١ - الحصول على بيانات التهطلات السنوية لمحطات بريدة (U107) و عنيزة (U001) و الرس (U104) و عقلة الصقور (U002) و المذنب (U217) و كراع المرو (U004) من وزارة الزراعة والمياه ومحطة مطار الأمير نايف المناخية (40405).

٢ - ترتيب التهطلات ترتيباً تنازلياً بكل محطة لحساب:

❖ فترة الرجوع "T" Return Period .

❖ احتمالية التجاوز "p" Exceedence Probability .

❖ احتمالية هطول الأمطار.

٣ - اختبار التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal Probability Distribution بكل

محطة.

٤ - اختبار لتوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي Log Normal distribution

بكل محطة.

٥ - اختبار التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى -نوع ١ - Extreme Value

Type 1 Probability Distribution بكل محطة.

٦ - اختبار التوزيع الاحتمالي الأسي Exponential distribution بكل محطة.

٧ - تطبيق التوزيع الاحتمالي المناسب لتقدير معدلات التهطلات لفترات الرجوع الممتدة من ٥ إلى ١٠٠ سنة بالمحطات المدروسة.

٧- تحليل النتائج

٧-١- تحليل احتمالية تهاطل الأمطار

تعتبر الاحتمالية أحد أهم عناصر الأساليب الإحصائية الاستنتاجية Inferential statistics. ويعرف Brooks الاحتمالية بأنها نسبة حالات تكرار وقوع الحدث في المستقبل أو في المدى القريب (Brooks, 1953:9). وتدلل الاحتمالية في الدراسات المناخية على احتمال سقوط كمية معينة من التهطلات أو كمية أكبر منها خلال فاصل زمني معلوم يعرف بفترة الرجوع Return period(T). وعليه فإن احتمالية التجاوز "p" تعني احتمالية هطول كميات من الأمطار في السنوات القادمة تتجاوز الكميات المسجلة خلال الفترة المدروسة. أما احتمالية حدوث الأمطار فهي تدل على إمكانية تكرار هطول كمية من الأمطار خلال فترة محددة بفواصل زمنية معلومة هي فترات الرجوع. وتعتبر فترة الرجوع متوسط الفاصل الزمني بين حالات Events هطول وقعت خلال عدد كبير من السنوات (الصالح، ١٨: ١٩٩٤). وعلى هذا الأساس فإن كمية التهطلات لفترة رجوع معينة لا تعني بالضرورة أنها تتهاطل بالضبط عند الفاصل الزمني الذي تمثله فترة الرجوع، بل إنه من الممكن أن تتهاطل الكمية المحسوبة عند فترة الرجوع خلال سنتين متلاحقتين أو تحدث خلال فترة أطول من فترة الرجوع.

وتعتمد الدراسات الهيدرولوجية والمناخية والزراعية كثيرا على تقديرات كميات التهطلات. ولذا فقد تم حساب احتمالية التجاوز للفترة ١٩٨١ - ٢٠١١م واحتمالية حدوث التهطلات لفترات الرجوع التي تمتد من ٥ إلى ١٠٠ سنة (الجدول ٣).

الجدول ٢: كميات الأمطار السنوية بمحطات الدراسة

السنة	بريدة	عنيزة	الرس	عقلة الصقور	كراع المرو	المدنب	مطار الأمير نايف
1981	102.3	67.9	67.2	31.8	85.9	1.4	154.2
1982	196.1	231.3	185.8	180.7	237.5	142.7	477.4
1983	117.2	103.0	92.2	119.6	117.9	93.5	90.2
1984	97.4	64.6	101.8	136.8	130.1	101.5	88.0
1985	69.2	86.8	147.5	94.0	188.5	101.8	140.9
1986	151.6	140.2	148.0	64.8	125.2	97.0	161.3
1987	108.5	149.2	73.2	40.2	178.8	29.8	118.5
1988	68.9	68.8	0.0	29.8	64.2	49.0	86.2
1989	63.9	77.6	13.8	48.0	95.8	43.2	96.2
1990	15.3	41.6	56.4	18.4	61.2	29.6	55.0
1991	87.6	106.0	50.8	14.2	0.2	34.6	163.0
1992	108.8	144.6	5.0	2.8	83.4	5.3	194.9
1993	195.9	116.0	18.8	13.9	195.5	20.1	199.2
1994	143.0	89.6	73.8	54.6	116.8	55.6	129.6
1995	183.2	130.6	8.0	5.9	201.4	8.6	248.6
1996	75.4	33.6	38.7	28.6	327.8	69.2	127.3
1997	239.6	145.8	121.8	90.2	246.9	142.7	291.0
1998	84.9	56.4	89.4	66.2	78.0	62.5	108.6
1999	92.2	103.4	36.7	101.1	84.6	54.0	98.5
2000	145.2	91.0	72.9	73.8	76.9	125.2	155.8
2001	131.7	84.8	172.8	83.1	62.2	74.9	152.1
2002	114.0	56.6	92.2	54.4	59.9	125.5	154.9
2003	92.5	57.8	34.8	40.3	72.2	53.5	78.5
2004	136.8	100.2	82.3	57.8	76.3	128.5	159.8
2005	112.9	92.7	75.3	94.1	35.8	57.5	202.4
2006	92.3	67.7	0.0	49.2	89.3	246.2	79.3
2007	17.3	34.2	2.5	7.0	24.2	9.0	64.3
2008	222.1	206.4	175.1	132.5	197.8	222.8	100.3
2009	119.7	73.9	55.0	52.2	62.3	81.5	119.3
2010	62.0	71.0	51.5	45.9	58.0	47.0	58.2
2011	16.6	64.7	19.5	28.5	89.9	32.0	128.6
المتوسط	111.7	95.4	69.8	60.0	113.7	75.7	144.6
الانحراف المعياري	55.5	45.9	54.0	42.8	73.9	59.0	82.3

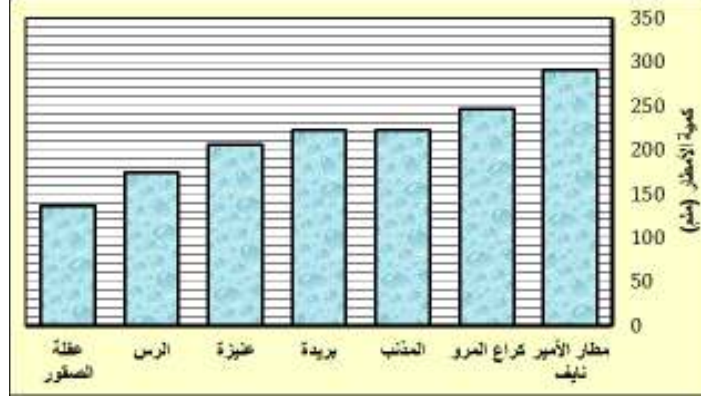
ويتضح من خلال الجدول ٣ أن هناك تباينات هامة في توزيع الأمطار واحتمالات تهطلها بحيث نجد أن:

١ - أعلى كميات للأمطار السنوية تتراوح بين ١٨٠.٧ ملم بمحطة عقلة الصقور و ٤٧٧.٤ ملم بمحطة مطار الأمير نايف ببريدة خلال سنة ١٩٨٢ على السواء. وتتسم هذه التهطلات باحتمالية تجاوز لم تتعد ٦.٣٪ خلال فترة الدراسة و باحتمالية

حدوث لا تتعدى ٢,٨ ٪ بالنسبة لفترة الرجوع 5 سنوات، في حين تصل هذه الاحتمالية إلى ٩٦ ٪ بالنسبة لفترة الرجوع ١٠ سنوات و ١٠٠ ٪ بالنسبة لفترات الرجوع التي تتراوح بين ٢٥ و ١٠٠ سنة (الشكل ٣).

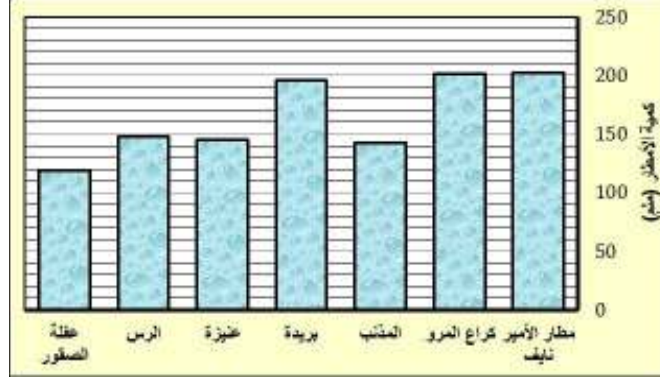
الجدول رقم (٣). احتمالية التجاوز واحتمالية حدوث التهطلات بالمحطات المدروسة خلال فترات الرجوع من ٥ إلى ١٠٠ سنة.

الرتبة	بريدة	عنيزة	الرس	عقلة الصقور	مطار الأمير نايف	كراع المرو	المنذب	T	P	q			
										100	50	25	10
1	239.6	231.3	185.8	180.7	477.4	327.8	246.2	32.00	0.031	0.147	0.796	1.000	1.000
2	222.1	206.4	175.1	136.8	291.0	246.9	222.8	16.00	0.063	0.276	0.960	1.000	1.000
3	196.1	149.2	172.8	132.5	248.6	237.5	142.7	10.67	0.094	0.389	0.993	1.000	1.000
4	195.9	145.8	148.0	119.6	202.4	201.4	142.7	8.00	0.125	0.487	0.999	1.000	1.000
5	183.2	144.6	147.5	101.1	199.2	197.8	128.5	6.40	0.156	0.572	1.000	1.000	1.000
6	151.6	140.2	121.8	94.1	194.9	195.5	125.5	5.33	0.188	0.646	1.000	1.000	1.000
7	145.2	130.6	101.8	94.0	163.0	188.5	125.2	4.57	0.219	0.709	1.000	1.000	1.000
8	143.0			90.2	161.3	178.8	101.8	4.00	0.250	0.763	1.000	1.000	1.000
8.5		116.0*	92.2*				3.76		0.266	0.786	1.000	1.000	1.000
9	136.8			83.1	159.8	130.1	101.5	3.56	0.281	0.808	1.000	1.000	1.000
10	131.7	103.4	89.4	73.8	155.8	125.2	97.0	3.20	0.313	0.846	1.000	1.000	1.000
11	119.7	103.0	82.3	66.2	154.9	117.9	93.5	2.91	0.344	0.878	1.000	1.000	1.000
12	117.2	100.2	75.3	64.8	154.2	116.8	81.5	2.67	0.375	0.905	1.000	1.000	1.000
13	114.0	92.7	73.8	57.8	152.1	95.8	74.9	2.46	0.406	0.926	1.000	1.000	1.000
14	112.9	91.0	73.2	54.6	140.9	89.9	69.2	2.29	0.438	0.944	1.000	1.000	1.000
15	108.8	89.6	72.9	54.4	129.6	89.3	62.5	2.13	0.469	0.958	1.000	1.000	1.000
16	108.5	86.8	67.2	52.2	128.6	85.9	57.5	2.00	0.500	0.969	1.000	1.000	1.000
17	102.3	84.8	56.4	49.2	127.3	84.6	55.6	1.88	0.531	0.977	1.000	1.000	1.000
18	97.4	77.6	55.0	48.0	119.3	83.4	54.0	1.78	0.563	0.984	1.000	1.000	1.000
19	92.5	73.9	51.5	45.9	118.5	78.0	53.5	1.68	0.594	0.989	1.000	1.000	1.000
20	92.3	71.0	50.8	40.3	108.6	76.9	49.0	1.60	0.625	0.993	1.000	1.000	1.000
21	92.2	68.8	38.7	40.2	100.3	76.3	47.0	1.52	0.656	0.995	1.000	1.000	1.000
22	87.6	67.9	36.7	31.8	98.5	72.2	43.2	1.45	0.688	0.997	1.000	1.000	1.000
23	84.9	67.7	34.8	29.8	96.2	64.2	34.6	1.39	0.719	0.998	1.000	1.000	1.000
24	75.4	64.7	19.5	28.6	90.2	62.3	32.0	1.33	0.750	0.999	1.000	1.000	1.000
25	69.2	64.6	18.8	28.5	88.0	62.2	29.8	1.28	0.781	0.999	1.000	1.000	1.000
26	68.9	57.8	13.8	18.4	86.2	61.2	29.6	1.23	0.813	1.000	1.000	1.000	1.000
27	63.9	56.6	8.0	14.2	79.3	59.9	20.1	1.19	0.844	1.000	1.000	1.000	1.000
28	62.0	56.4	5.0	13.9	78.5	58.0	9.0	1.14	0.875	1.000	1.000	1.000	1.000
29	17.3	41.6	2.5	7.0	64.3	35.8	8.6	1.10	0.906	1.000	1.000	1.000	1.000
30	16.6	34.2	5.9	5.9	58.2	24.2	5.3	1.07	0.938	1.000	1.000	1.000	1.000
30.5			0.0*				1.05		0.953	1.000	1.000	1.000	1.000
31	15.3	33.6		2.8	55.0	0.2	1.4	1.03	0.969	1.000	1.000	1.000	1.000



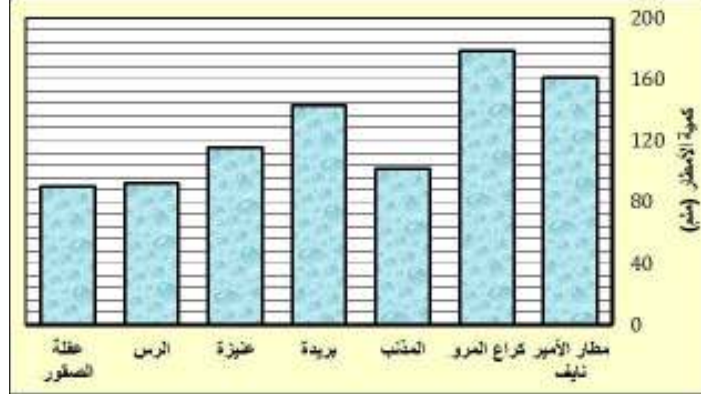
الشكل رقم (٣). تباين كميات التهطلات السنوية المناسبة لاحتمالية تجاوز ٦,٣ ٪ واحتمالية حدوث تتراوح بين ٩٦ ٪ لفترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠ ٪ ولفترات الرجوع من ١٠ إلى ١٠٠ سنة.

٢ - كميات التهطلات السنوية التي بلغت احتمالية تجاوزها خلال فترة الدراسة ١٢,٥ ٪ تتراوح بين ١١٩,٦ ملم (١٩٨٣) بمحطة عقلة الصقور و ٢٠٢,٤ ملم (٢٠٠٥) بمحطة مطار الأمير نايف، وهي كميات التهطلات التي تبلغ احتمالية حدوثها ٤٨,٧ ٪ خلال فترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠ ٪ خلال فترات الرجوع الممتدة من ١٠ إلى ١٠٠ سنة، أي أنها كميات مطرية يحتمل تهاطلها مرة واحدة خلال فترة قادمة لا تقل عن ١٠ سنوات (الشكل ٤).



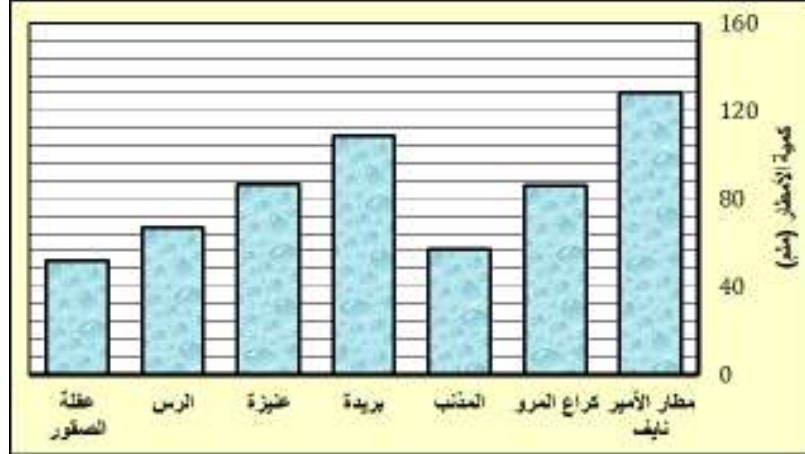
الشكل ٤: تباين كميات التهطلات السنوية المناسبة لاحتمالية تجاوز ١٢,٥ ٪ واحتمالية حدوث تتراوح بين ٤٨,٧ ٪ لفترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠ ٪ لفترات الرجوع من ١٠ إلى ١٠٠ سنة.

٣ - كميات التهطلات السنوية التي بلغت احتمالية تجاوزها خلال فترة الدراسة ٢٥,٠ ٪ تتراوح بين ٩٠,٢ ملم (١٩٩٧) بمحطة عقلة الصقور و ١٧٨,٨ ملم (١٩٨٧) بمحطة كراخ المرو، وهي كميات التهطلات التي تبلغ احتمالية حدوثها ٧٦,٣ ٪ خلال فترة الرجوع 5 سنوات و ١٠٠ ٪ خلال فترات الرجوع الممتدة من ١٠ إلى ١٠٠ سنة، أي أنها كميات الأمطار التي يحتمل تهاطلها مرة واحدة أو أكثر خلال فترة قادمة لا تقل عن 10 سنوات (الشكل ٥).



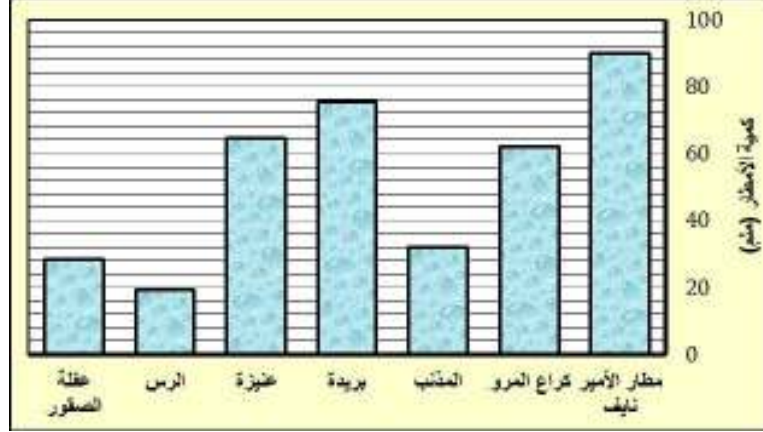
الشكل ٥: تبين كميات التهطلات السنوية المناسبة لاحتمالية تجاوز ٢٥,٠% واحتمالية حدوث تتراوح بين ٧٦,٣% لفترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠% لفترات الرجوع من ١٠ إلى ١٠٠ سنة

٤ - كميات التهطلات السنوية التي بلغت احتمالية تجاوزها خلال فترة الدراسة ٥٠,٠% تتراوح بين ٥٢,٢ ملم (٢٠٠٩) بمحطة عقلة الصقور و ١٢٨,٦ ملم (٢٠١١) بمحطة مطار الأمير نايف، وهي كميات مطرية تبلغ احتمالية حدوثها ٩٦,٩% خلال فترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠% خلال فترات الرجوع الممتدة من ١٠ إلى ١٠٠ سنة، أي أنها كميات التهطلات التي يحتمل تهاطلها مرة واحدة أو أكثر خلال فترة قادمة لا تقل عن ١٠ سنوات (الشكل ٦).



الشكل ٦: تباين كميات التهطلات السنوية المناسبة لاحتمالية تجاوز ٥٠,٠٪ واحتمالية حدوث تتراوح بين ٩٦,٩٪ لفترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠٪ لفترات الرجوع من ١٠ إلى ١٠٠ سنة

٥ - كميات التهطلات السنوية التي بلغت احتمالية تجاوزها خلال فترة الدراسة ٧٥,٠٪ تتراوح بين ٢٨,٦ ملم (١٩٩٦) بمحطة عقلة الصقور و ٩٠,٢ ملم (١٩٨٣) بمحطة مطار الأمير نايف، وهي كميات مطرية تبلغ احتمالية حدوثها ٩٩,٩٪ خلال فترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠٪ خلال فترات الرجوع الممتدة من ١٠ إلى ١٠٠ سنة، أي أنها كميات التهطلات التي يحتمل تهاطلها مرة واحدة أو أكثر خلال فترة قادمة لا تقل عن ٥ سنوات (الشكل ٧).



الشكل ٧: تباين كميات التهطلات السنوية المناسبة لاحتمالية تجاوز ٧٥,٠ ٪ واحتمالية حدوث تراوح بين ٩٩,٩ ٪ لفترة الرجوع ٥ سنوات و ١٠٠ ٪ لفترات الرجوع من ١٠ إلى ١٠٠ سنة

٧-٢- تحليل حسن المطابقة للتوزيع الاحتمالي

يتطلب تقدير التهطلات المناسبة لفترات الرجوع من ٥ إلى ١٠٠ سنة بمنطقة القصيم اختيار التوزيع الاحتمالي الأكثر توافقاً مع كمياتها السنوية المسجلة خلال الفترة المدروسة (١٩٨١ - ٢٠١١م) بكل محطة. ويوجد هناك العديد من نماذج التوزيعات الاحتمالية التي يمكن استخدامها في الدراسات الهيدرولوجية والزراعية والمناخية. ولقد تم اختيار ٤ نماذج للتوزيع الاحتمالي هي التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal probability distribution والتوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي Log Extreme Normal probability distribution والتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ Exponential probability value probability distribution والتوزيع الاحتمالي السي Chi Square distribution. ولقد تم استخدام طريقة مربع كاي لمعايرة حسن مطابقة Goodness of fit هذه التوزيعات لكميات التهطلات السنوية المسجلة خلال الفترة ١٩٨١ - ٢٠١١م بالمحطات المدروسة. ولاختبار حسن المطابقة لكميات التهطلات

السنوية للتوزيعات المذكورة سابقاً تم تقسيم كميات التهطلات إلى فئات لا يقل عددها عن ٤ للحصول على درجة حرية لا تقل عن ١ بالنسبة للتوزيعات الاحتمالية الطبيعية واللوغاريتمية الطبيعية و القيم القصوى نوع ١ لأن عدد الثوابت Parameters في هذه النماذج يساوي ٢. كما تم تقسيم كميات التهطلات السنوية إلى فئات يقل عددها عن ٣ للحصول على درجة حرية لا تقل عن ١ بالنسبة للتوزيع الاحتمالي الأسّي لأن عدد الثوابت في هذا النموذج تساوي ١ (الأشكال ٨ من إلى ١٤).

وعليه فإن درجة الحرية تساوي $(df = m - k - 1)$ ، أي عدد الفئات - عدد الثوابت - ١. ولقبول التوزيع الاحتمالي المدروس لا بد أن تكون قيمة مربع كاي المحسوبة أقل من قيمة مربع كاي الحرجة عند درجة الحرية ومستوى الأهمية المطلوبين. ويتضح من خلال نتائج حسن المطابقة للتوزيعات الاحتمالية المدروسة ما يلي:

١- التوزيع الاحتمالي الطبيعي: (الجدول ٤)

يتناسب هذا التوزيع مع كميات التهطلات السنوية بمحطات الرس وكراع المرو ومطار الأمير نايف. وقد بلغت قيمة مربع كاي المحسوبة ٥,٨١٨ بمحطة الرس و ٨,٧٠٨ بمحطة كراع المرو و ٧,٨٤٠ بمحطة مطار الأمير نايف، وهي تقل عن قيمة مربع كاي الحرجة التي تبلغ ٥,٩٩١ عند درجة الحرية ٢ ومستوى الأهمية ٠,٠٥ بمحطة الرس و ٩,٣٤٨ عند درجة الحرية ٣ ومستوى الأهمية ٠,٠٢٥ بمحطتي كراع المرو ومطار الأمير نايف.

٢- التوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي: (الجدول ٥)

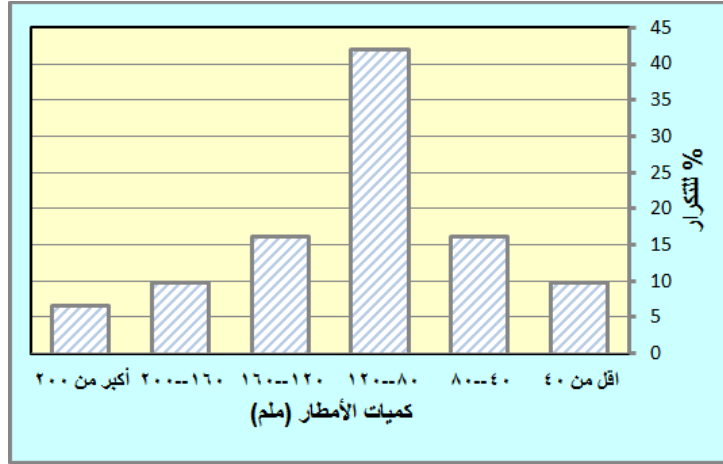
يتناسب هذا التوزيع مع كميات التهطلات السنوية بمحطة بريدة فقط التي بلغت بها قيمة مربع كاي المحسوبة ٩,٠٨٠، وهي تقل عن قيمة مربع كاي الحرجة التي تبلغ ٩,٣٤٨ عند درجة الحرية ٣ ومستوى الأهمية ٠,٠٢٥.

٣- التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١: (الجدول ٦)

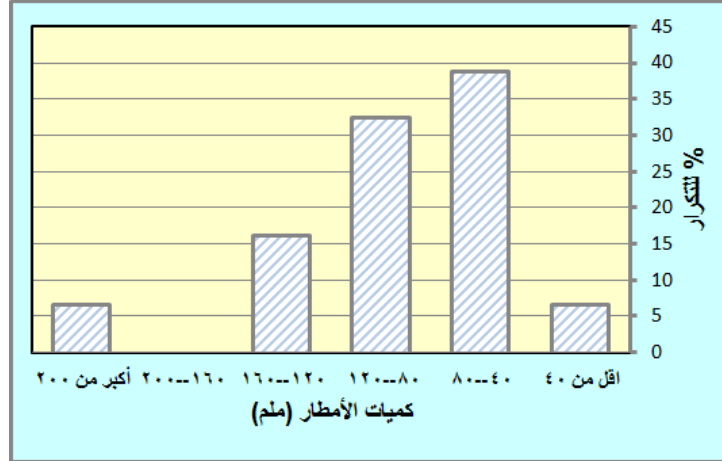
يتناسب هذا التوزيع مع كميات التهطالات السنوية بمحطة عنيزة فقط التي بلغت بها قيمة مربع كاي المحسوبة ٩,٠١٢ ، وهي تقل عن قيمة مربع كاي الحرجة التي تبلغ ٩,٣٤٨ عند درجة الحرية ٣ ومستوى الأهمية ٠,٠٢٥ .

٤- التوزيع الاحتمالي الأسي: (الجدول ٧)

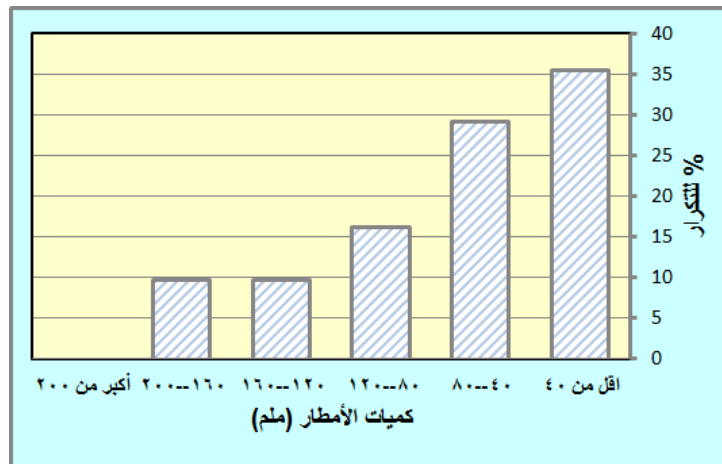
يتناسب هذا التوزيع مع كميات التهطالات السنوية بمحطتي عقلة الصقور والمذنب اللتين بلغت بهما قيمة مربع كاي المحسوبة ٥,٣٢٠ و ٤,٣١٠ على التوالي. وهما تقلان عن قيمة مربع كاي الحرجة التي تبلغ ٦,٢٥١ عند درجة الحرية ٣ ومستوى الأهمية ٠,١٠ .



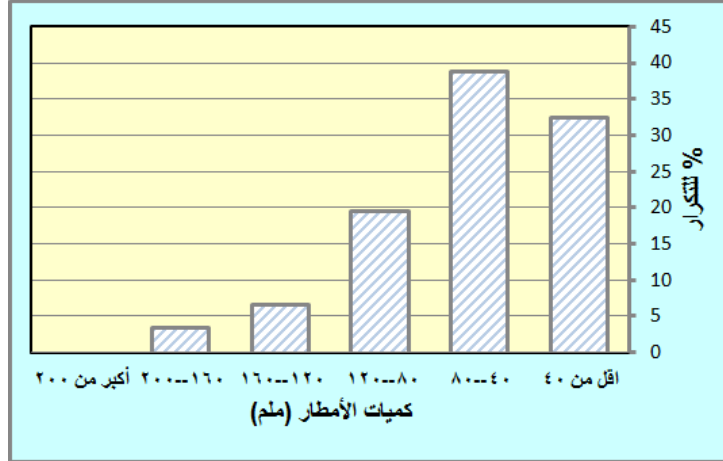
الشكل رقم (٨). تبين تكرار كميات التهطالات السنوية بمحطة بريدة



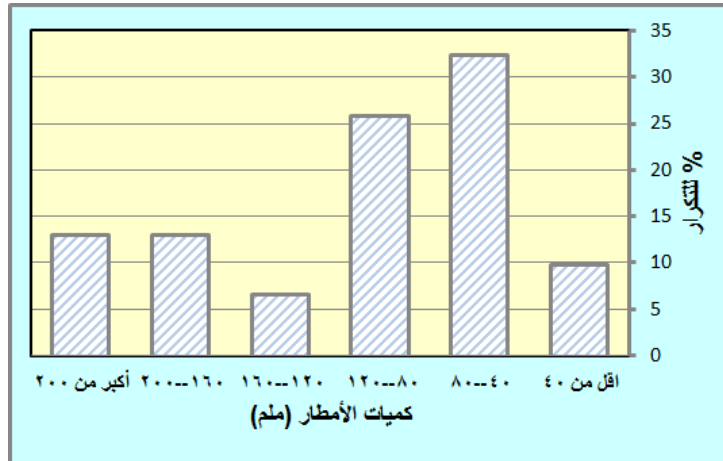
الشكل رقم (٩). تباين تكرار كميات الهطالات السنوية بمحطة عنيزة



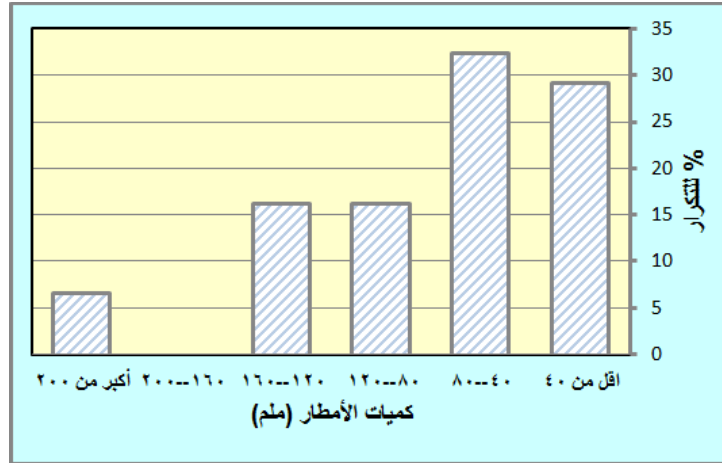
الشكل رقم (١٠). تباين تكرار كميات الهطالات السنوية بمحطة الرس



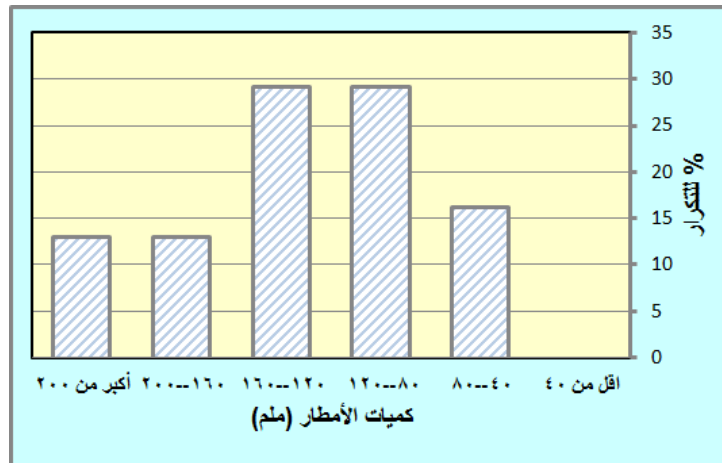
الشكل رقم (١١). تباين تكرار كميات الهطالات السنوية بمحطة عقلة الصقور



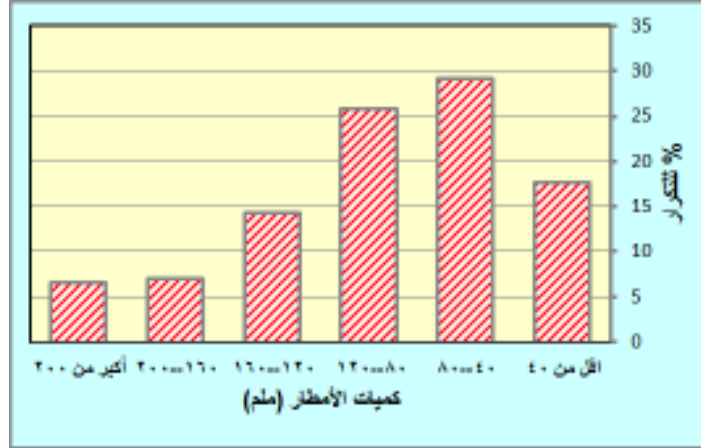
الشكل رقم (١٢). تباين تكرار كميات الهطالات السنوية بمحطة كراع المرو



الشكل رقم (١٣). تباين تكرار كميات التهطلات السنوية بمحطة المذنب



الشكل رقم (١٤). تباين تكرار كميات التهطلات السنوية بمحطة مطار الأمير نايف.



الشكل رقم (١٥). تباين تكرار كميات الهطولات السنوية لجميع المحطات المدروسة.

الجدول رقم (٤). نتائج حسن المطابقة للتوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal probability distribution .

المذنب	مطار الأمير نايف	كراع المرو	عقلة الصقور	الرس	عنيزة	بريدة	المتغير	
5	6	6	5	5	6	6	m	عدد الفئات
1.513	7.840	8.708	3.007	5.818	14.780	3.903	X_c	قيمة مربع كاي المحسوبة
2	3	3	2	2	3	3	df	درجة الحرية
7.378	9.348	9.348	7.378	7.378	9.348	9.348	$\alpha: 0.025$	قيمة مربع كاي الحرجة
5.991	7.815	7.815	5.991	5.991	7.815	7.815	$\alpha: 0.050$	
4.605	6.251	6.251	4.605	4.605	6.251	6.251	$\alpha: 0.100$	

الجدول رقم (٥). نتائج حسن المطابقة للتوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي Log Normal probability distribution .

المذنب	مطار الأمير نايف	كراع المرو	عقلة الصقور	الرس	عنيزة	بريدة	المتغير	
5	6	6	5	5	6	6	m	عدد الفئات
3.050	1.124	7.402	2.245	8.991	6.067	9.080	X_c	قيمة مربع كاي المحسوبة
2	3	3	2	2	3	3	df	درجة الحرية
7.378	9.348	9.348	7.378	7.378	9.348	9.348	$\alpha: 0.025$	قيمة مربع كاي الحرجة
5.991	7.815	7.815	5.991	5.991	7.815	7.815	$\alpha: 0.050$	
4.605	6.251	6.251	4.605	4.605	6.251	6.251	$\alpha: 0.100$	

الجدول رقم (٦). نتائج حسن المطابقة للتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ Extreme value type ١ probability distribution

المتغير	بريدة	عنيزة	الرس	عقلة الصقور	كراع المرو	مطار الأمير نايف	المذنب
عدد الفئات	6	6	5	5	6	6	5
قيمة مربع كاي المحسوبة	3.928	9.012	5.455	1.121	27.033	2.733	20.982
درجة الحرية	3	3	2	2	3	3	2
قيمة مربع كاي الحرجة	9.348	9.348	7.378	7.378	9.348	9.348	7.378
	7.815	7.815	5.991	5.991	7.815	7.815	5.991
	6.251	6.251	4.605	4.605	6.251	6.251	4.605

الجدول رقم (٧). نتائج حسن المطابقة للتوزيع الاحتمالي الأسّي Exponential probability distribution

المتغير	بريدة	عنيزة	الرس	عقلة الصقور	كراع المرو	مطار الأمير نايف	المذنب
عدد الفئات	6	6	5	5	6	6	5
قيمة مربع كاي المحسوبة	21.712	21.063	5.237	5.320	10.573	20.632	4.310
درجة الحرية	4	4	3	3	4	4	3
قيمة مربع كاي الحرجة	11.143	11.143	9.348	9.348	11.143	11.143	9.348
	9.488	9.488	7.815	7.815	9.488	9.488	7.815
	7.779	7.779	6.251	6.251	7.779	7.779	6.251

٧-٣- تحليل تباين تقديرات التهطلات

تتأثر تقديرات كميات التهطلات السنوية بمنطقة القصيم بثلاثة عوامل أساسية

هي :

١ - التباين المكاني لتوزيع متوسطات التهطلات السنوية للفترة ١٩٨١ - ٢٠١١م.

٢ - التباين المكاني لتوزيع الانحراف المعياري لكميات الأمطار السنوية خلال الفترة المدروسة.

٣ - تباين نوع التوزيع الاحتمالي المناسب لتقدير كميات التهطلات خلال فترات الرجوع المدروسة.

وعليه تتلخص أهم التباينات المكانية والزمنية لتقديرات التهطلات السنوية خلال فترات الرجوع الممتدة من ٥ إلى ١٠٠ سنة قادمة في ما يلي: (الجدول ٨).

١ - تنفرد محطة عقلة الصقور بأدنى كميات التهاطل المتوقع سقوطها خلالها فترات الرجوع من ٥ إلى ١٠ سنوات قادمة بحيث يتوقع هطول كميات من الأمطار تتراوح بين ١٠٩,٦ ملم خلال ٥ سنوات و ١٣٤,٩ ملم خلال ١٠ سنوات قادمة. كما تنفرد محطة الرس بأدنى كميات الأمطار المتوقع هطولها خلالها فترات الرجوع من ٢٥ إلى ١٠٠ سنة قادمة بحيث يتوقع هطول كميات مطرية تتراوح بين ١٦٤,٤ ملم خلال ٥ سنوات و ١٩٥,٤ ملم خلال ١٠٠ سنة قادمة .

٢ - تنفرد محطة مطار الأمير نايف بأعلى كميات الأمطار المتوقع هطولها خلالها فترات الرجوع من ٥ إلى ١٠٠ سنوات قادمة بحيث يتوقع هطول كميات من مطرية تتراوح بين ٢١٣,٩ ملم خلال ٥ سنوات و ٣٣٦,١ ملم خلال ١٠٠ سنة قادمة.

٣ - يتوقع أن تتهاطل كميات مطرية تتراوح بين ١٠٩,٦ ملم بمحطة عقلة الصقور و ٢١٣,٩ ملم بمحطة مطار الأمير نايف خلال ٥ سنوات قادمة، أي بفارق قدره ٤٨,٨ ٪ بين الكميتين (الشكل ١٦).

٤ - يتوقع أن تتهاطل كميات مطرية تتراوح بين ١٣٤,٩ ملم بمحطة عقلة الصقور و ٢٥٠,١ ملم بمحطة مطار الأمير نايف خلال ١٠ سنوات قادمة، أي بفارق قدره ٤٦,١ ٪ بين الكميتين (الشكل ١٧).

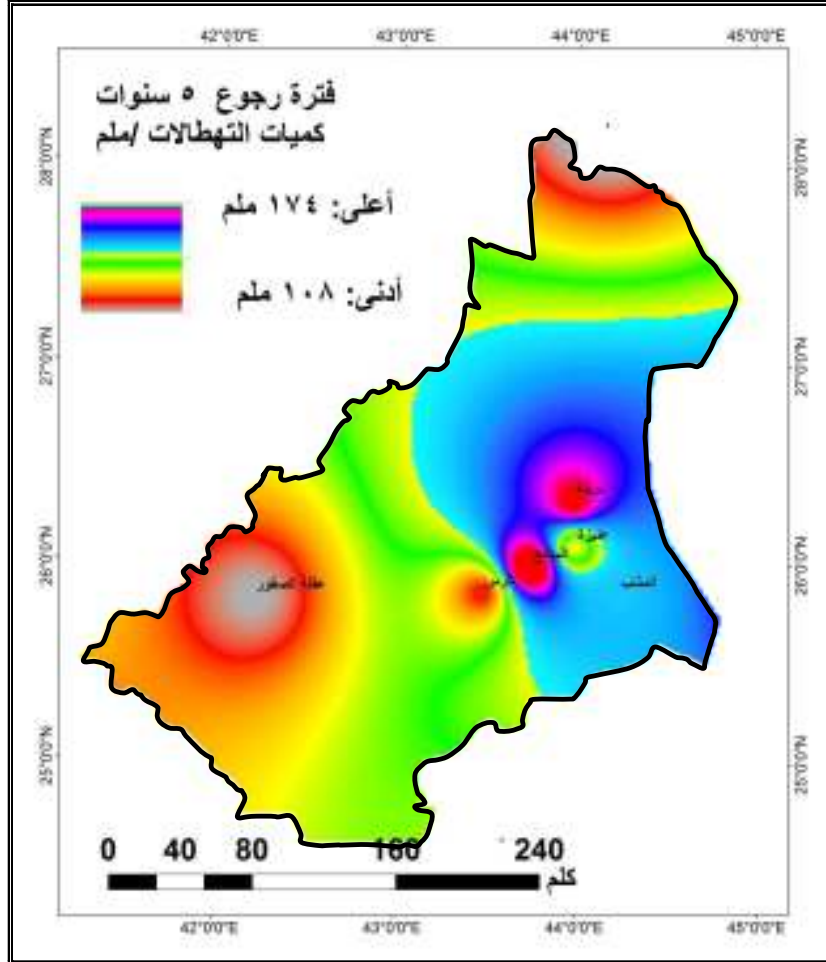
٥ - يتوقع أن تتهاطل كميات مطرية تتراوح بين ١٦٤,٤ ملم بمحطة الرس و ٢٨٨,٧ ملم بمحطة مطار الأمير نايف خلال ٢٥ سنة قادمة، أي بفارق قدره ٤٣,١ ٪ بين الكميتين (الشكل ١٨).

٦ - يتوقع أن تتهاطل كميات مطرية تتراوح بين ١٨٠,٧ ملم بمحطة الرس و ٣١٣,٧ ملم بمحطة مطار الأمير نايف خلال ٥٠ سنة قادمة، أي بفارق قدره ٤٢,٤ ٪ بين الكميتين (الشكل ١٩).

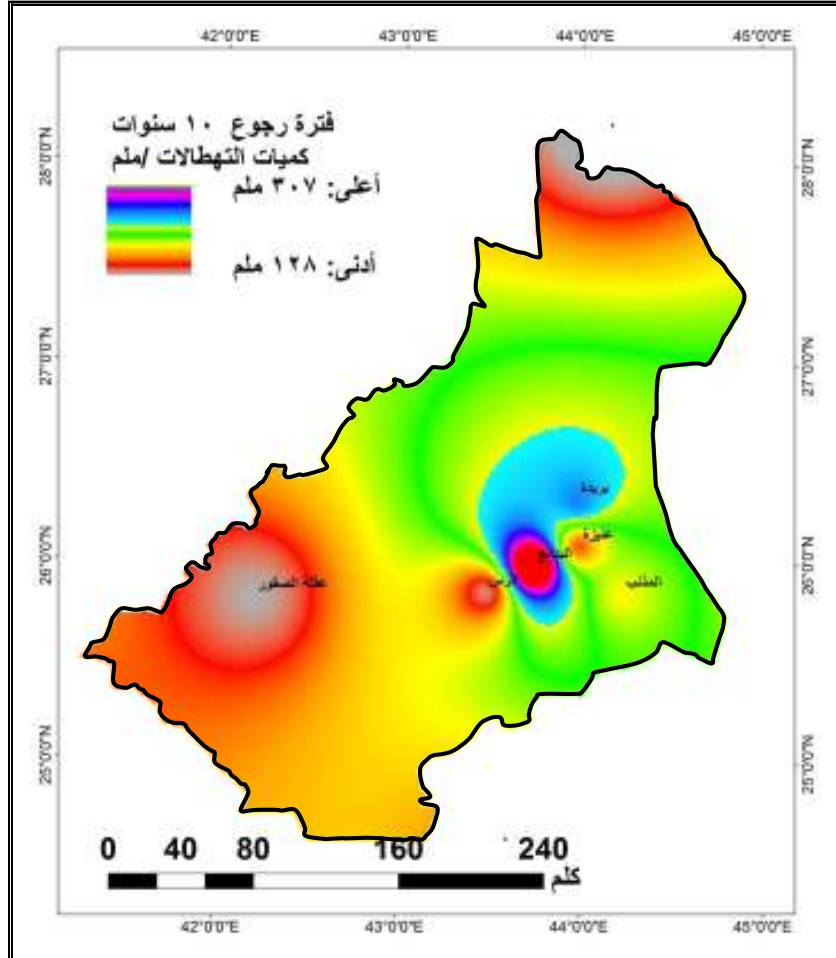
٧ - يتوقع أن تتهاطل كميات من مطرية تتراوح بين ١٩٥,٤ ملم بمحطة الرس و ٣٣٦,١ ملم بمحطة مطار الأمير نايف خلال ١٠٠ سنة قادمة، أي بفارق قدره ٤١,٩ ٪ بين الكميتين (الشكل ٢٠).

الجدول رقم (٨). تقدير كميات التهطالات المناسبة لفترات الرجوع وللتوزيع الاحتمالي

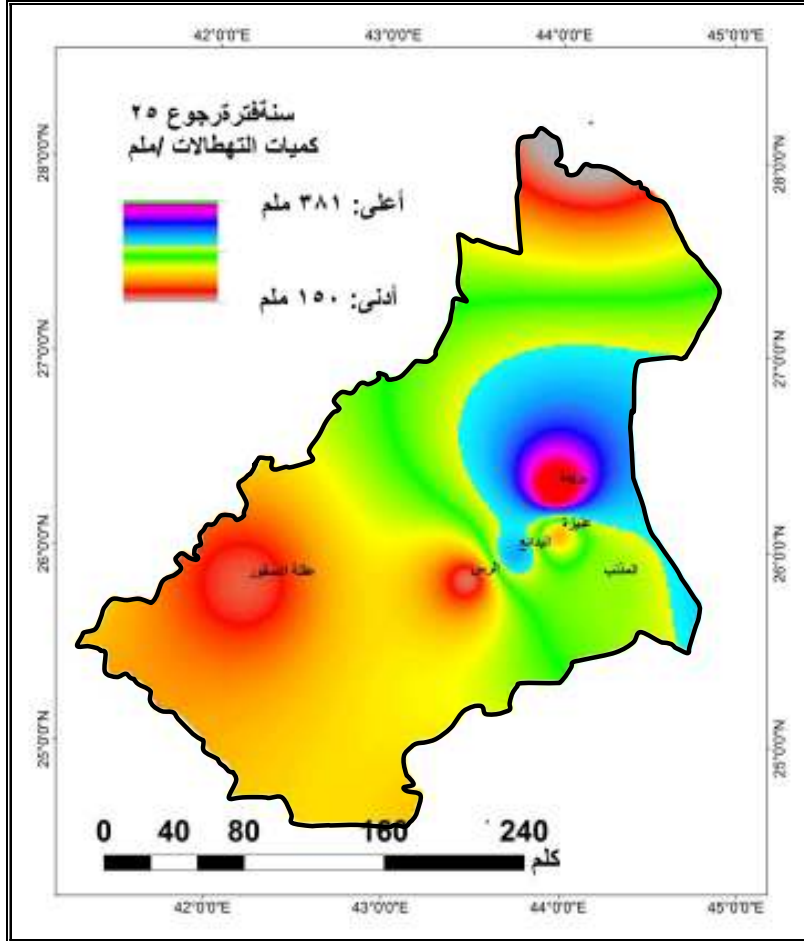
كمية التهطال (ملم) P_T					معامل التكرار K_T					Sd	X'	المحطة
100	50	25	10	5	100	50	25	10	5			
461.0	382.9	311.4	226.1	167.5	2.327	2.054	1.751	1.282	0.842	55.5	111.7	بريدة
239.4	214.4	189.2	155.3	128.4	3.137	2.592	2.044	1.305	0.720	45.9	95.4	عنيزة
195.4	180.7	164.4	139.0	115.2	2.327	2.054	1.751	1.282	0.842	54.0	69.8	الرس
213.5	190.2	166.7	134.9	109.6	3.586	3.041	2.492	1.749	1.159	42.8	60.0	عقلة الصقور
285.7	265.5	243.1	208.4	175.9	2.327	2.054	1.751	1.282	0.842	73.9	113.7	كراع المرو
336.1	313.7	288.7	250.1	213.9	2.327	2.054	1.751	1.282	0.842	82.3	144.6	مطار الأمير نايف
287.3	255.1	222.7	178.9	144.1	3.586	3.041	2.492	1.749	1.159	59.0	75.7	المنذوب



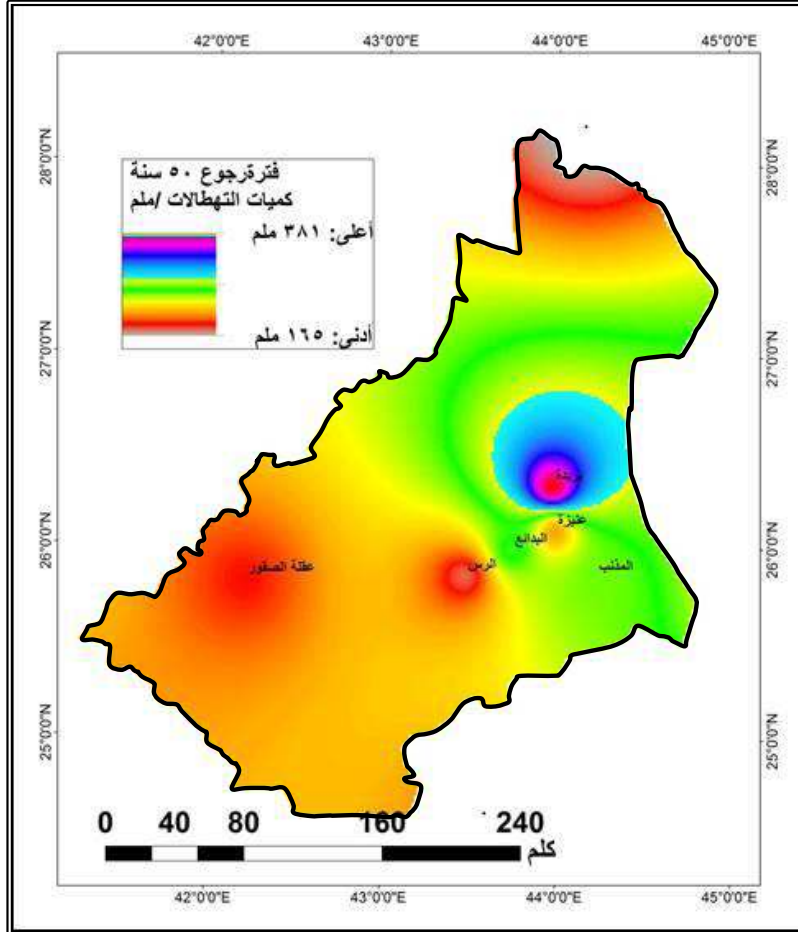
الشكل رقم (١٦). التوزيع المكاني لمتوسط أمطار فترة الرجوع ٥ سنوات بمنطقة القصيم.



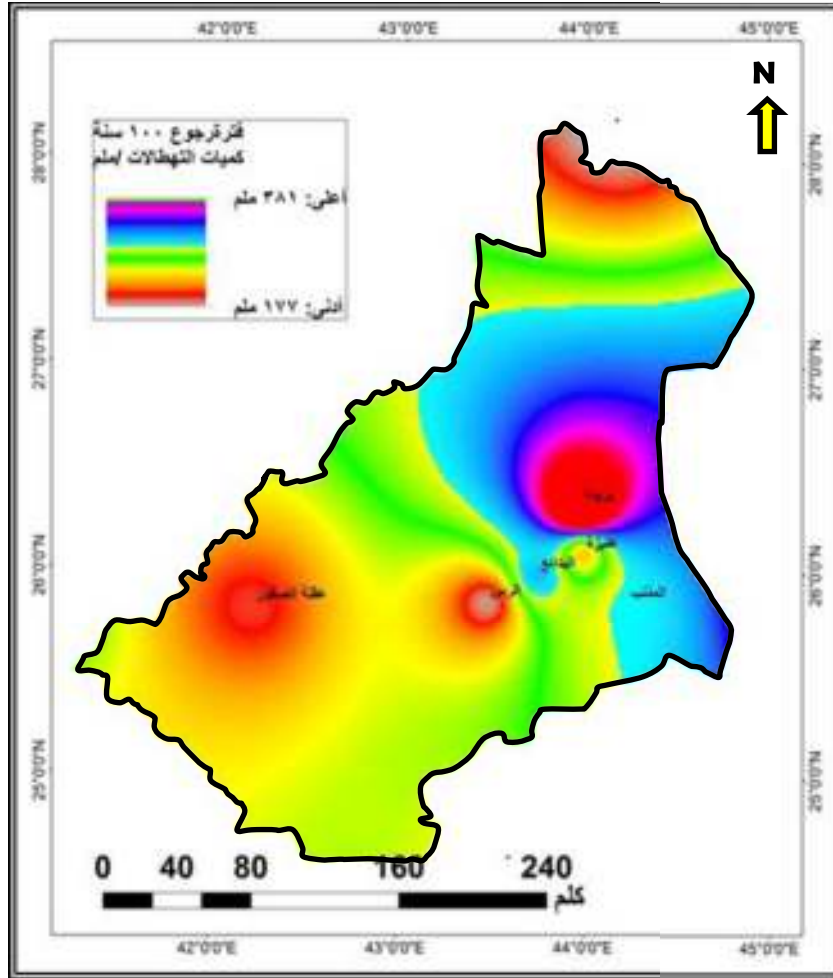
الشكل رقم (١٧). التوزيع المكاني لمتوسط أمطار فترة الرجوع ١٠ سنوات بمنطقة القصيم.



الشكل رقم (١٨). التوزيع المكاني لمتوسط أمطار فترة الرجوع ٢٥ سنة بمنطقة القصيم.



الشكل رقم (١٩). التوزيع المكاني لمتوسط أمطار فترة الرجوع ٥٠ سنوات بمنطقة القصيم.



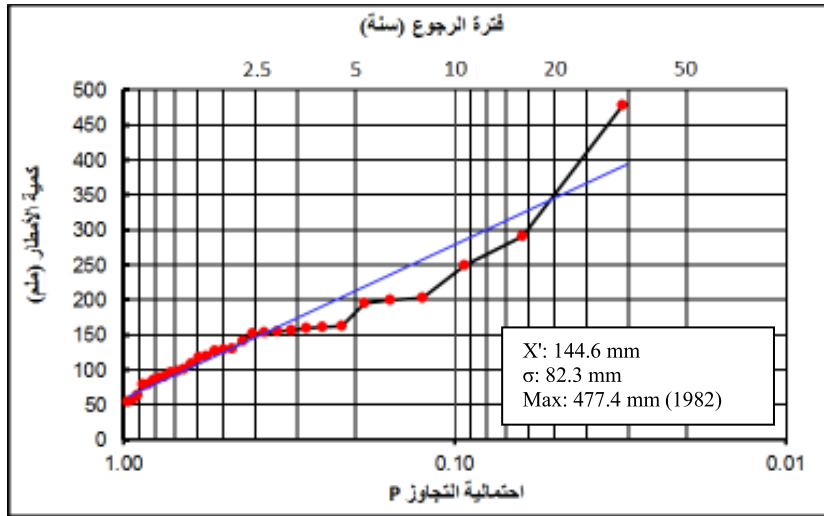
الشكل رقم (٢٠). التوزيع المكاني لمتوسط أمطار فترة الرجوع ١٠٠ سنة بمنطقة القصيم.

وتتماثل تقديرات كميات الأمطار السنوية بمنطقة القصيم مع معدلات أمطار فصل الشتاء التي تتراوح بين ١٣٤ و ١٤٠ ملم بالمناطق المدارية شبه الجافة بجنوب إفريقيا (Mzezewa and Gwata, 2012: 97) وكذلك مع توزيع الأمطار السنوية التي تتراوح بين

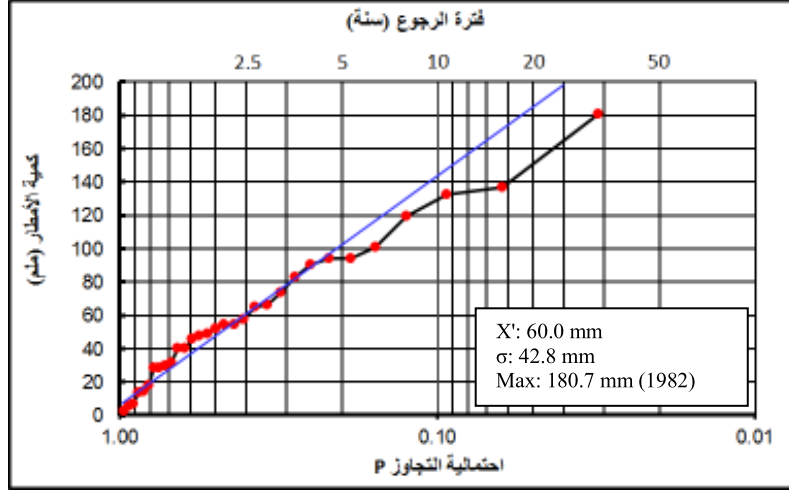
٦٥ و ٩٠ ملم/السنة بالمناطق الداخلية وبين ٧٤ و ١١٠ ملم/السنة بالساحل الشمالي الشرقي وبين ١١٨ و ١٣٣ ملم/السنة بسهل الباطنة بسلطنة عمان (Kwarteng et al., 2009: 608). كما لا تختلف كثيرا تقديرات الأمطار السنوية بمنطقة القصيم عن معدلات الأمطار التي تتراوح بين ٧٤ و ٢٧٦ ملم/السنة بمحطة Assaita و بين ٤٥ و ٤٨١ ملم/السنة بمحطة Gode بمناطق شرق اثيوبيا الجافة (Tilahun, 2006: 434).

٧-٤- تقدير فترات الرجوع للأمطار السنوية

يتم تقدير فترات الرجوع لكميات التهطالات السنوية التي تفوق المتوسط السنوي للفترة ١٩٨١ - ٢٠١١م بتطبيق نموذج غوس Gauss model (المعادلات ٥٢ و ٥٣ و ٥٤ بالملاحق) الذي أعطى النتائج التالية: (الجدول ٩ و الشكل ٢١ و ٢٢)



الشكل رقم (٢١). التوزيع الاحتمالي لكميات التهطالات السنوية لفترة ١٩٨١-٢٠١١م بمحطة مطار الأمير نايف.



الشكل رقم (٢٢). التوزيع الاحتمالي لكميات التهطلات السنوية لفترة ١٩٨١-٢٠١١م بمحطة عقلة الصقور.

ويتضح من خلال بيانات الجدول ٩ ما يلي :

١ - أن كميات التهطلات التي تفوق المتوسط السنوي تتسم بفترات رجوع تتراوح بين سنتين و ٥٨ سنة. ولا تتعدى فترة الرجوع لأعلى كميات الأمطار السنوية ٩ سنوات بمحطتي الرس وبريدة و ١١ سنة بمحطة عنيزة و ١٨ سنة بمحطة المذنب و ١٩ سنة بمحطة كراع المرو و ٢٠ سنة بمحطة عقلة الصقور وتصل حتى ٥٨ سنة بمحطة مطار الأمير نايف.

وبهذا يتضح أن تساقط هذه الكميات ليس استثنائياً بمنطقة القصيم فقد أكدت دراسات Jennings وزملائه أن نظام الرياح الموسمية القادمة من المحيط الهندي كانت تسقط وابتلاً من الأمطار على الجزيرة العربية، كما أيد امتدادات الرياح الموسمية القديمة الهابة من أفريقيا ناحية الجزيرة العربية، وقدما تخريطاً لامتداداتها خلال فترتين من حقبة الرباعي المتأخر؛ الأولى رطبة قبل ١٣٠ ألف سنة، أكد أنها كانت تسقط أمطاراً غاتيةً تراوحت معدلاتها بين ٣٠٠ و ٦٠٠ ملم وعملت على امتلاء بحيرات

جنوبي الجزيرة العربية وساعدت على نمو الصواعد الكلسية هنالك. والفترة الثانية كانت أقل انتشارا و سادت قبل حوالي ٢١ ألف سنة وبلغت معدلات أمطارها ١٠٠ ملم إثر تراجع تلك المؤثرات جنوبا (Jennings et, al.,2015). وتتوافق هذه التقديرات مع تقديرات وود وايمس، اللذين قدرا كمية الهطول خلال فترة أوائل الهولوسين بجنوب الجزيرة العربية بكميات تراوحت بين ٢٥٠ و ٣٠٠ ملم، أي بنحو ٣ إلى ٤ أضعاف المعدلات الحالية (Wood and Imes, 1998).

جدول رقم (٩). تقدير فترات الرجوع لكميات التهطلات السنوية التي تفوق المتوسط السنوي

عقلة الصقور				عنيزة				بريدة				الرس			
F(Pi)	u	P	T	F(Pi)	u	P	T	F(Pi)	u	P	T	F(Pi)	u	P	T
0.942	2.82	180.7	20	0.950	2.96	231.3	11	0.905	2.30	239.6	9	0.890	2.15	185.8	9
0.847	1.79	136.8	12	0.915	2.42	206.4	8	0.872	1.99	222.1	8	0.867	1.95	175.1	8
0.832	1.69	132.5	4	0.734	1.17	149.2	5	0.804	1.52	196.1	7	0.862	1.91	172.8	7
0.780	1.39	119.6	4	0.716	1.10	145.8	5	0.803	1.52	195.9	5	0.791	1.45	148.0	5
0.682	0.96	101.1	3	0.710	1.07	144.6	4	0.759	1.29	183.2	5	0.789	1.44	147.5	5
0.637	0.80	94.1	3	0.686	0.98	140.2	3	0.614	0.72	151.6	3	0.683	0.96	121.8	3
0.636	0.79	94.0	3	0.628	0.77	130.6	2	0.579	0.60	145.2	2	0.575	0.59	101.8	2
0.610	0.70	90.2	2	0.528	0.45	116.0	2	0.566	0.56	143.0	2	0.517	0.41	92.2	2
0.558	0.54	83.1	2	0.452	0.23	106.0	2	0.529	0.45	136.8	2	0.517	0.41	92.2	2
0.485	0.32	73.8	2	0.432	0.17	103.4	2	0.498	0.36	131.7	2	0.499	0.36	89.4	2
0.421	0.14	66.2	2	0.429	0.17	103.0	2	0.421	0.14	119.7	2	0.452	0.23	82.3	2
0.409	0.11	64.8	2	0.406	0.10	100.2	2	0.404	0.10	117.2	2	0.405	0.10	75.3	2
							2	0.383	0.04	114.0	2	0.395	0.07	73.8	2
							2	0.376	0.02	112.9	2	0.391	0.06	73.2	2
							2				2	0.389	0.06	72.9	2
0.983	4.044	477.4	58	0.946	2.890	246.2	18	0.946	2.897	327.8	19	0.983	4.044	477.4	58
0.845	1.779	291.0	6	0.921	2.493	222.8	13	0.848	1.802	246.9	7	0.845	1.779	291.0	6
0.754	1.264	248.6	4	0.725	1.136	142.7	4	0.829	1.675	237.5	6	0.754	1.264	248.6	4
0.609	0.702	202.4	3	0.725	1.136	142.7	4	0.737	1.187	201.4	4	0.609	0.702	202.4	3
0.597	0.663	199.2	2	0.665	0.895	128.5	3	0.726	1.138	197.8	4	0.597	0.663	199.2	2
0.581	0.611	194.9	2	0.651	0.844	125.5	3	0.719	1.107	195.5	4	0.581	0.611	194.9	2
0.449	0.224	163.0	2	0.649	0.839	125.2	3	0.695	1.013	188.5	3	0.449	0.224	163.0	2
0.442	0.203	161.3	2	0.526	0.442	101.8	2	0.661	0.881	178.8	3	0.442	0.203	161.3	2
0.435	0.185	159.8	2	0.524	0.437	101.5	2	0.449	0.222	130.1	2	0.435	0.185	159.8	2
0.418	0.136	155.8	2	0.498	0.361	97.0	2	0.425	0.156	125.2	2	0.418	0.136	155.8	2
0.414	0.125	154.9	2	0.477	0.302	93.5	2	0.389	0.056	117.9	2	0.414	0.125	154.9	2
0.411	0.117	154.2	2	0.404	0.098	81.5	2	0.383	0.042	116.8	2	0.411	0.117	154.2	2
0.401	0.091	152.1	2									0.401	0.091	152.1	2

- ٢ - أن كميات التهطالات التي تفوق ٢٠٠ ملم تتسم بفترات رجوع تصل إلى ٤ سنوات بمحطة مطار الأمير نايف و ٦ سنوات بمحطة كراع المرو و ٨ سنوات بمحطتي بريدة وعنيزة و ١٣ سنة بمحطة المذنب.
- ٣ - أن كميات التهطالات التي تفوق ١٥٠ ملم تتسم بفترات رجوع تتراوح بين ٧ سنوات بمحطة الرس و ٢٠ سنة بمحطة عقلة الصقور.
- ٤ - أن كميات التهطالات التي تقل عن ١٥٠ ملم تتسم بفترات رجوع تصل إلى سنتين بمحطتي كراع المرو و بريدة و ٤ سنوات بمحطة المذنب و ٥ سنوات بمحطتي عنيزة و الرس و ١٢ سنة بمحطة عقلة الصقور.

الخلاصة

من خلال معايرة حسن المطابقة للتوزيعات الاحتمالية المدروسة أن التهطالات السنوية لمحطات الرس و كراع المرو ومطار الأمير نايف تتبع التوزيع الاحتمالي الطبيعي وأمطار محطة بريدة تتبع التوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي وأمطار محطة عنيزة تتبع التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى - نوع ١ - وأمطار محطتي عقلة الصقور والمذنب تتبع التوزيع الاحتمالي الأسي.

ولقد تبين أن احتمالية التجاوز لأعلى كميات من التهطالات السنوية خلال الفترة المدروسة لا تتعدى ٦.٣٪ في حين اتسمت أعلى كميات من التهطالات السنوية باحتمالية حدوث تبلغ ٩٦٪ بالنسبة لفترة الرجوع الممتدة من ٢٥ إلى ١٠٠ سنة. ولقد اتسمت كميات التهطالات السنوية التي تتراوح بين ١٢٠ و ٢٠٢ ملم باحتمالية حدوث تبلغ ٤٩٪ وكميات تتراوح بين ٩٠ و ١٧٩ ملم باحتمالية حدوث تبلغ ٧٦٪ وكميات تتراوح بين ٥٢ و ١٢٩ ملم باحتمالية حدوث تبلغ ٩٧٪ وكميات تتراوح بين

٢٩ و ٩٠ ملم باحتمالية حدوث تفوق ٩٩,٩٪ خلال فترات الرجوع من ١٠ إلى ١٠٠ سنة. ولذا يتوقع تهاطل كميات من التهطالات تتراوح بين ١١٠ و ٢١٤ ملم خلال ٥ سنوات وكميات تتراوح بين ١٣٥ و ٢٥٠ ملم خلال ١٠ سنوات وكميات تتراوح بين ١٦٩ ملم و ٢٨٩ ملم خلال ٢٥ سنة وكميات تتراوح بين ١٨١ و ٣١٤ ملم خلال ٥٠ سنة وكميات تتراوح بين ١٩٥ و ٣٣٦ ملم خلال ١٠٠ سنة قادمة ولقد اتسمت كميات التهطالات السنوية التي تفوق المتوسط السنوي بفترات رجوع متباينة من محطة لأخرى بحيث نجد أن الكميات التي تقل عن ١٥٠ ملم/سنة يتوقع تكرار تهاطلها مرة واحدة خلال فترة تتراوح بين سنتين و ١٢ سنة والكميات التي تتراوح بين ١٥٠ ملم و ٢٠٠ ملم/سنة يتوقع تكرار تهاطلها خلال فترة تتراوح بين ٤ و ١٣ سنة. أما بالنسبة لأعلى كميات من التهطالات السنوية فيتوقع تهاطلها خلال فترة تتراوح بين ٩ و ٥٨ سنة.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- [١] السيد، عبد الملك قسم (١٩٩٥م). احتمالات هطول التهطالات ودرجة الاعتماد عليها في المملكة العربية السعودية، بحث منشور في مجلة الجمعية الجغرافية السعودية التي تصدرها جامعة الملك سعود، العدد (٢١).
- [٢] الشريف، عند الرحمن صادق (١٩٧٣ م). الأحوال المناخية في مدينة الرياض، مجلة كلية الآداب، جامعة الرياض، المجلد ٣: ٢٧٣- ٣١٦.
- [٣] الصالح، محمد بن عبدالله (١٩٩٤م). التحليل التكراري لكميات التهطالات في منطقة القويعة بالمملكة العربية السعودية، سلسلة بحوث جغرافية، العدد (٢١)، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض.

- [٤] الصالح، محمد عبد الله، (١٩٩٧)، *التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض*، سلسلة رسائل جغرافية، العدد ٢٠٣، الجمعية الجغرافية الكويتية، وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الكويت .
- [٥] الصبياني، علي محمد؛ بيومي، طارق حسن (٢٠١١). *تحليل الخصائص الطبيعية والهيدرولوجية لحوض وادي يللم، منطقة مكة المكرمة*، بحث منشور في مجلة Earth Sciences، العدد (١٣)، ص ١٥١-١٧٧.
- [٦] الكليب، عبد الملك علي، (١٩٨٢)، *التهطالات في شبه الجزيرة العربية*، في كتاب: *الندوة الأولى لمستقبل الموارد المائية بمنطقة الخليج وشبه الجزيرة العربية - الموارد المائية الطبيعية*، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، المجلد الثاني، ص ١٠٨-١٣١، الكويت.
- [٧] عزيز، مكي محمد، (١٩٧١)، *التهطالات في المملكة العربية السعودية*، مجلة كلية الآداب، جامعة الرياض، المجلد ٢، ص ٢٣٩-٢٨٨.
- [٨] محمد أحمد، بدر الدين يوسف، (١٩٩٣)، *مناخ المملكة العربية السعودية*، سلسلة رسائل جغرافية، العدد ١٥٧، الجمعية الجغرافية الكويتية، وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الكويت .
- [٩] محمددين، محمد محمود، (١٩٨٩)، *النمط الكمي والزمني للأمطار الرياض*، في كتاب: *حلقة الدراسات الصحراوية في المملكة العربية السعودية - مجالاتها والمهتمون بها*، ص ٢٢٩-٢٣٨.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- [10] Al Ahmadi, F. ; Norhan, A. and Abdurazzak, M. (2014): *Evaluation of the best Fit distribution for partial duration series of daily rainfall in Madinah, Western Saudi Arabia* , *Evolving Water Resources Systems: Understanding, Predicting and Managing Water-Society Interaction*, Proceeding of ICWRS, Bologna, Italy.
- [11] Al Beheled, S.A., (1986): *Rainfall Distribution and Variability in Saudi Arabia* , *Journal of College of Arts* , *King Saud University* , Vol. 13 , pp. 17-39.
- [12] Al Mazroui, M. ; Nazrul, Islam, M. ; Athar, H. ; Jones, P.D. and Ashfaur, R. (2012): *Recent climate change in the Arabian Peninsula: Annual rainfall and temperature analysis of Saudi Arabia for 1978-2009*, *International Journal of Climatology* 32: 953-966.
- [13] Al Mazroui, M. ; Nazrul, Islam, M. ; Athar, H. ; Jones, P.D. and Ashfaur, R. (2012): *Recent climate change in the Arabian Peninsula: Seasonal rainfall and temperature analysis of Saudi Arabia for 1979-2009*, *Atmospheric Research*, Vol. 111, pages 29-45.
- [14] Al Shaikh, A., (1985): *Rainfall Frequency Studies for Saudi Arabia* , Unpublished M. Sc. Thesis, Department of Civil Engineering , King Saud University, Riyadh.
- [15] Al Sheikh, A. and Tawarneh, Q. Y. (2013): *An analysis of dry spells patterns intensity and duration in Saudi Arabia* , *Middle East Journal of Scientific Research* 13(3): 314-327.
- [16] Augustine, David J (2010): *Spatial versus temporal variation in precipitation in a semiarid ecosystem*, *Landscape Ecology*, Volume 25, Number 6, July 2010 , pp. 913-925.
- [17] Al Misnid, Abdullah. (2005): *Climate change and water use for irrigation: A case study in the Gassim area of Saudi Arabia*, Unpublished Ph.D. dissertation, University of East Anglia, U.K.
- [18] El Feki, A. ; Al Amri, N. and Bahrawi, J. (2013): *Analysis of Annual rainfall climate variability in Saudi Arabia by using spectral density function*, *International Journal of Water Resources and Arid Environments* 2(4): 205-212.
- [19] Brooks, C.E.P. (1953): *Handbook of Statistical methods in Meteorology*, H.M.S.O., London.
- [20] Christos A. Karavitis, Stavros Alexandris, Demetrios E. Tsesmelis and George Athanasopoulos (2011): *Application of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Greece*, *Water journal*, 3, pp. 787-805.
- [21] Dubreuil, P. (1974): *Initiation à l'analyse hydrologique*, Masson Cie et ORSTOM, Paris.
- [22] Elizabeth, M.S. ; Keith, J.B. Nick, A.C. and Rob, L. (2011): *Hydrology in Practice*, 4th edition , Spon Press, Abingdon, Oxfordshire.

- [23] Fisher, R.A. (1956): *Statistical methods and Scientific inference*, Edinbrough University Press, Edinbrough.
- [24] Guo, J.C.Y. (2006): *Urban Hydrology and Hydraulic Design*, Water Resources Publications , LLC, Colorado.
- [25] Hasanean, H and Al Mazroui, M. (2015): *Rainfall: Features and variations over Saudi Arabia, A review* , *Climate 3*: 578-629.
- [26] Hawando, Tamirie (1997): *Desertification in Ethiopian highlands*, RALA report No. 200. Norwegian Church AID, Addis Ababa, Ethiopia .
- [27] Jennings, R. P. ; Singarayan, J ; Stone, E. J. ; Krabs-Kazow, U. ; Khon, V. ; Nisancioglu, K.M. ; Pfeiffer, M. ; Zhang, X. ; Parker, A. ; Parton, A. ; Groucutt, H. S. ; White, T. S. ; Darke, N. A. and Petraglia, M. D. (2015): *The greening of Arabia: Multiple opportunities for human occupation of the Arabian Peninsula during the Late Pleistocene inferred from an ensemble of climate model simulations*, *Quaternary International*, Vol. 382: 181-199.
- [28] Kanji, G.K. (1993): *100 Statistical tests*, London, SAGE Publications.
- [29] Kite, G.W. (1977): *Frequency and Risk Analysis in Hydrology*, Water Resources Publications.
- [30] Kwarteng, A.Y ; Dorvlo, A.S and Vijaya Kumar, G.T. (2009): *Analysis of a 27-year rainfall data (1977-2003) in Sultanate Oman*, *International Journal of Climatology 29*: 605-617.
- [31] Mashat, A and Abdel Basset, H. (2011): *Analysis of rainfall over Saudi Arabia*, *JKAU: Met., Env. And Arid Land Agric. Sci.*, Vol. 22, No. 2, pp. 59-78.
- [32] Mzezewa, J. and Gwata, E.T. (2012): *The nature of rainfall at a typical semi-arid Tropical Ecotope in Southern Africa and options for sustainable crop production* , *InTech* (Open Science-Open minds): 93-112.
- [33] Tilahun, K. (2006): *The characterization of rainfall in the Arid and Semi-Arid regions of Ethiopia*, *Water SA*, Vol. 32, No. 3: 429-436.
- [34] Wood, W. and Imes, J. (1998): *How wet is wet? Precipitation constraints Late Quaternary climate in Southern Arabian Peninsula*, *Journal of Hydrology* 164: 263-268.

الملحق

الخطوات المنهجية للبحث

تتناول هذه الدراسة تحليل بيانات سجلات التهطالات السنوية التي تم الحصول عليها من وزارة المياه والكهرباء بالنسبة لمحطات بريدة وعنيزة والرس وعقلة الصقور والمذنب وكراع المرو ومن الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة بالنسبة لمحطة القصيم، للفترة الممتدة من يناير ١٩٨١م حتى ديسمبر ٢٠١١م باتباع الخطوات المنهجية التالية:

١ - التحليل التكراري لكميات التهطالات

1 - الحصول على بيانات التهطالات من وزارة المياه والكهرباء للمحطات المطرية لسبع محطات مطرية تقع داخل المساحة الجغرافية لمنطقة القصيم وهي عنيزة (U001) و بريدة (U107) و الزلفي (R004) و الرس (U104) و عقلة الصقور (U002) و المذنب (U217) و كراع المرو (U004).

2 - استكمال البيانات المفقودة نتيجة انقطاع سجلات قياس التهطالات في بعض المحطات إما نتيجة لغياب القائمين على رصد البيانات لأسباب معينة أو نتيجة لخلل في الأجهزة.

3 - حساب المعدل والانحراف المعياري لكميات التهطالات السنوية لكل محطة.

5 - ترتيب قيم التهطالات ترتيباً تنازلياً لكل محطة لتحديد رتب قيم التهطالات بالمحطة لاستخدامها في حساب فترات الرجوع.

6 - حساب فترة الرجوع Return Period لكميات التهطالات السنوية حسب المعادلة (٣٣)، وهي تساوي:

$$T = \frac{(n + 1)}{m} \quad (33)$$

بحيث يمثل T فترة الرجوع ضمن السلسلة الزمنية المدروسة و N عدد سنوات فترة التسجيل و m رتبة كمية التهطلات ضمن السلسلة الزمنية المدروسة.

7 - حساب احتمالية التجاوز Exceedence probability وهي عبارة عن مقلوب

قيمة فترة الرجوع حسب المعادلة (٣٤) وهي تساوي :

$$P(X \geq X_T) = \frac{1}{T} \quad (34)$$

بحيث تمثل P احتمالية أن تتجاوز كمية التهطلات القيمة القصوى X_T و T فترة

الرجوع.

8 - حساب احتمالية تكرار تهطل كميات التهطلات خلال عدد معين من

السنوات مستقبلا حسب المعادلة (٣٥)، وهي تساوي :

$$q = 1 - (1 - p)^N \quad (35)$$

$$q = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

بحيث يمثل q احتمالية حدوث التهطلات مستقبلا خلال عدد N من السنوات و

P احتمالية التجاوز لأمطار الفترة المسجلة و N عدد سنوات التقدير المستقبلي لحدوث التهطلات.

ولإيجاد التوزيع الاحتمالي الموافق لبيانات التهطلات سوف يتم تطبيق عدد من

طرق التوزيعات الاحتمالية شائعة الاستخدام في هذا المجال وهي :

1 - التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal distribution.

2 - التوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي Lognormal distribution.

3 - التوزيع الاحتمالي لغامبل (Gumbel distribution) المعروف بالتوزيع

الاحتمالي للقيم القصوى (Extreme value 1-EV1).

4 - التوزيع الاحتمالي الأسي (Exponential distribution).

٢ - اختبار حسن المطابقة لنماذج التوزيع الاحتمالي لكميات التهطلات

1 - بعد ذلك تم اختبار ملاءمة التوزيعات الاحتمالية لبيانات التهطلات من خلال تطبيق أحد اختبارات حسن المطابقة Goodness of Fit والتي من أشهرها وأكثرها استخداما في هذا المجال اختبار مربع كاي Chi-Square Test. وتتلخص الخطوات المنهجية لحسن المطابقة في ما يلي:

2 - تقسيم كميات التهطلات إلى فئات يجب يتعدى عددها 3 فئات لتناسب مع درجة الحرية التي تساوي حسب المعادلة (٣٦):

$$(36) \quad \alpha = [n - 2 - 1] \quad (\text{عدد الفئات})$$

3 - حساب التكرار النسبي الفعلي $f_s(x_i)$ لعدد كميات التهطلات (n_i) بكل فئة.

4 - حساب التكرار النسبي التراكمي $F_s(x_i)$ لعدد كميات التهطلات (n_i) لكل الفئات.

5 - حساب الاحتمالية التراكمية $F(x_i)$ باستخدام قيمة المتغير الطبيعي المعياري Standard normal variable Z وهي تساوي:

٥-١ - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي الطبيعي: Normal Distribution

تحسب قيمة المتغير Z من لقيم كميات التهطلات كما في معادلة (٣٧):

$$Z = \frac{x - a}{b} \quad (37)$$

بحيث يمثل x أعلى كمية للأمطار بالفئة و $a = x'$ المتوسط الحسابي لكميات التهطلات بالمحطة و $b = S_x$ الانحراف المعياري لكميات التهطلات بالمحطة.

٢-٥ - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي الطبيعي اللوغاريتمي: Log Normal**Distribution**

تحتسب قيمة المتغير Z من القيم اللوغاريتمية كميات التهطلات كما في معادلة

(٣٨):

$$Z = \frac{\ln X - a}{b} \quad (38)$$

بحيث يمثل $\ln X$ اللوغاريتم الطبيعي لأعلى كمية للأمطار بالفئة و a متغير

يساوي حسب معادلة (٣٩):

$$a = \ln X' \frac{\ln(1 + C_{vx}^2)}{2} \quad (39)$$

بحيث يمثل X' المتوسط الحسابي لكميات التهطلات بالمحطة و C_v^2 مربع معامل

التباين لكميات التهطلات بالمحطة. ويحسب المتغير b بتطبيق المعادلة رقم (٤٠):

$$b = \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \quad (40)$$

٣-٥ - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى - نوع-١ (توزيع غامبل**Gumbel): Extreme Value type 1 Distribution**

تحتسب قيمة المتغير Z (y) لهذا التوزيع كما في معادلة (٤٠):

$$y = \frac{x - u}{\alpha} \quad (40)$$

بحيث يمثل x أعلى كمية للأمطار بالفئة. ويحسب المتغير u بواسطة المعادلة

(٤١):

$$u = x' - 0.45 S_y \quad (41)$$

بحيث يمثل x' المتوسط الحسابي و S_y الانحراف المعياري لكميات التهطالات بالمحطة. ويحسب المتغير α بواسطة المعادلة (٤٢):

$$\alpha = 0.78 S_x \quad (42)$$

٥-٤ - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي الأسي Exponential Distribution

تحسب قيمة المتغير Z لهذا التوزيع كما في معادلة (٤٣):

$$F(x) = 1 - \exp \left[-\frac{x}{a} \right] \quad (43)$$

بحيث يمثل x أعلى كمية لأمطار الفئة و $a = x'$ المتوسط الحسابي لكميات التهطالات بالمحطة.

وعليه فإن قيمة $F(x_i)$ المماثلة لقيمة Z المحسوبة تستخرج من جدول خاص بقيم المتغير المعياري الطبيعي Z Standard Normal Variable كالتالي:

1/ إذا كانت قيمة Z المحسوبة سالبة فإن $F(x_i) = 1 - Z$ ، بحيث تساوي Z القيمة المجدولة في جدول الاحتمالية التراكمية للتوزيع الاحتمالي الطبيعي "المعتدل" المعياري Cumulative probability of the standard distribution والمناسبة لقيمة Z المحسوبة.

2/ إذا كانت Z المحسوبة موجبة فإن $F(x_i) = Z$

5 - حساب قيم الاحتمالية $p(x_i)$ من الفرق بين قيم الاحتمالية التراكمية $F(x_i)$.

6 - حساب قيمة مربع كاي X^2 بتطبيق المعدلة (٤٤):

بحيث يمثل:

$$X_c^2 = \frac{n[f_s(x_i) - p(x_i)]^2}{p(x_i)} \quad (44)$$

X_c^2 : قيمة مربع كاي المحسوبة.

n : عدد سنوات فترة التسجيل.

$f_s(x_i)$: التكرار النسبي لفئة التهطالات حسب معادلة (٤٥) وهو يساوي :

$$f_s(x_i) = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad (45)$$

بحيث يمثل :

n_i : عدد القيم لأمطار الفئة .

$\sum n_i$: مجموع عدد قيم أمطار الفئة.

$p(x_i)$: الفرق بين قيم الاحتمالية التجميعية $F(x_i)$.

بعد التحقق من موافقة التوزيعات الاحتمالية لبيانات التهطالات يتم تقدير

كميات التهطالات المناسبة لفترات الرجوع.

٣ - تقدير كميات التهطالات المناسبة لفترات الرجوع

بعد تحديد التوزيع الاحتمالي الأكثر ملاءمة للأمطار كل محطة يتم تقدير كميات

التهطالات السنوية المحتمل أن تتهاطل مستقبلا على منطقة القصيم خلال فترات زمنية

تتراوح بين 5 و 100 سنة بتطبيق نموذج شو Chow وفقا للعلاقة (٤٦) :

$$X_T = \mu + K_T \sigma \quad (46)$$

بحيث يمثل X_T كمية التهطالات المحسوبة لفترة الرجوع T و μ متوسط كميات

التهطالات للفترة المسجلة بالمحطة و σ قيمة الانحراف المعياري لكميات التهطالات

خلال الفترة المسجلة بالمحطة و K_T معامل التكرار Frequency Factor لنموذج التوزيع

الاحتمالي وهو يحسب كما يلي :

1 - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal distribution

يحسب معامل التكرار K_T في التوزيع الاحتمالي الطبيعي باستخدام متغير وسيط

W من العلاقة في المعادلة (٤٧):

$$K_T = Z = W - \frac{2.516 + 0.803 W + 0.01033W^2}{1 + 1.433W + 0.189W^2 + 0.00131W^3} \quad (47)$$

بحيث يمثل:

$$W = \left[\ln\left(\frac{1}{(1-P)^2}\right) \right]^{0.5} \quad \text{if } P > 0.5 \quad (48)$$

$$W = \left[\ln\left(\frac{1}{P^2}\right) \right]^{0.5} \quad \text{if } 0 < P < 0.5 \quad (49)$$

وفيه P هي احتمالية تجاوز كمية التهطلات القيمة القصوى X_T وهي تحسب

بواسطة المعادلة (34) و Z قيمة المتغير المعياري الطبيعي و W قيمة المتغير الوسيط.

2 - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي Lognormal

distribution

تطبق في نموذج هذا التوزيع الاحتمالي نفس الخطوات السابقة المذكورة في

نموذج التوزيع الطبيعي اعتمادا على لوغاريتمات قيم التهطلات والمتوسط والانحراف

اللوغاريتمين لها ومن ثم نحسب معامل التكرار من العلاقة (47) وقيمة التهطلات

المطلوبة X_T برفع قيمتها اللوغاريتمية المقدرة للأساس العشري .

3 - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى (توزيع غامبل) Gumbel

distribution (EV1)

يحسب معامل التكرار في هذا التوزيع بتطبيق المعادلة (٥٠): (Elizabeth et l.,

2011, p. 265)

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[0.5772 + \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (50)$$

بحيث يمثل T فترة الرجوع (سنة) و K_T معامل التكرار و π العدد الثابت 3,1416.

4 - بالنسبة للتوزيع الاحتمالي الأسي Exponential distribution

يحسب معامل التكرار Z_{eTr} في التوزيع الاحتمالي الأسي من بالعلاقة المدرجة في

معادلة (٥١): (Guo, 2006, p. 69)

$$Z_{eTr} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} (\ln Tr - 0.5772) \quad (51)$$

بحيث يمثل T_r فترة الرجوع (سنة).

٤ - تقدير فترات الرجوع لكميات التهطالات السنوية

يتم تقدير فترات الرجوع T لكميات التهطالات السنوية التي تفوق المتوسط

السنوي والمسجلة خلال الفترة المدروسة 1981-2011 م باستخدام نموذج غوس Gauss

model بتطبيق المعادلة (٥٢):

$$T = \frac{1}{1 - F(P_i)} \quad (52)$$

بحيث يمثل T فترة الرجوع (سنة) و $F(P_i)$ التكرارية المناسبة لفترة الرجوع وهي

تحسب بواسطة المعادلة (٥٣):

$$F(P_i) = e^{-e^{-u}} \quad (53)$$

بحيث يمثل u متغير غوس Gauss variate وهو يحسب بواسطة المعادلة (٥٤):

$$u = \frac{P_i - P'}{\sigma P_i} \quad (54)$$

بحيث يمثل P_i كمية التهطالات المسجلة المراد حساب فترة رجوعها و P' المتوسط السنوي لأمطار الفترة المدروسة و σP_i الانحراف المعياري لكميات التهطالات المسجلة.

Spatial Analysis and Probability of Precipitation in Al Qassim Region (Kingdom of Saudi Arabia)

Dr. Mohamed Bourouba*, Dr. Ahmed Al Dughairi*

*Associate Professor, Department of Geography ,
Qassim University, Saudi Arabia.

Abstract. This study deals with the spatial analysis of variations of annual rainfall using the recorded rain data during the period 1981 - 2011 in stations of Buraidah (U107) , Unayzah (U001) , Rass (U104) , Uglat Sgor (U002) . Al Madhnab (U217) and Kra'a Al Marw (U004) and the meteorology station of Princess Naif airport (40405) in Al Qassim area. These stations contain the complete series time of rainfall data which can helping in the analysis of spatio-temporal variations of annual rainfall to estimate rainfall of return periods between 5 and 100 years.

These rainfall stations has been selected because of their location in Al Qassim area which is an important agricultural region with its significant urban expansion on the lower drainage area of the various Wadi Al Rummah tributaries which drain some urban and residential areas in more locations .

Therefore, this study estimates the annual rainfall can be transformed directly to the floods affecting the urban and the residential areas in Qassim.

So, the results of this study can be used in hydrologic studies and to estimate the flood discharge of different wadis in Al Qassim area in order to exploit the water resources of floods and to develop protection plans of the risks when they occur and design appropriate plans of surface water resources resulting from precipitations surplus. This precipitations surplus produces surface runoff can be stored by dams or converted to groundwater recharge .