رسائل جغرافية

التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض

د. محمد عبد الله الصالح

٢٠٣

ذو القعدة ١٤١٧ هـ
أبريل ١٩٩٧ م

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

بسم الله الرحمن الرحيم

التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض

د. محمد عبدالله الصالح

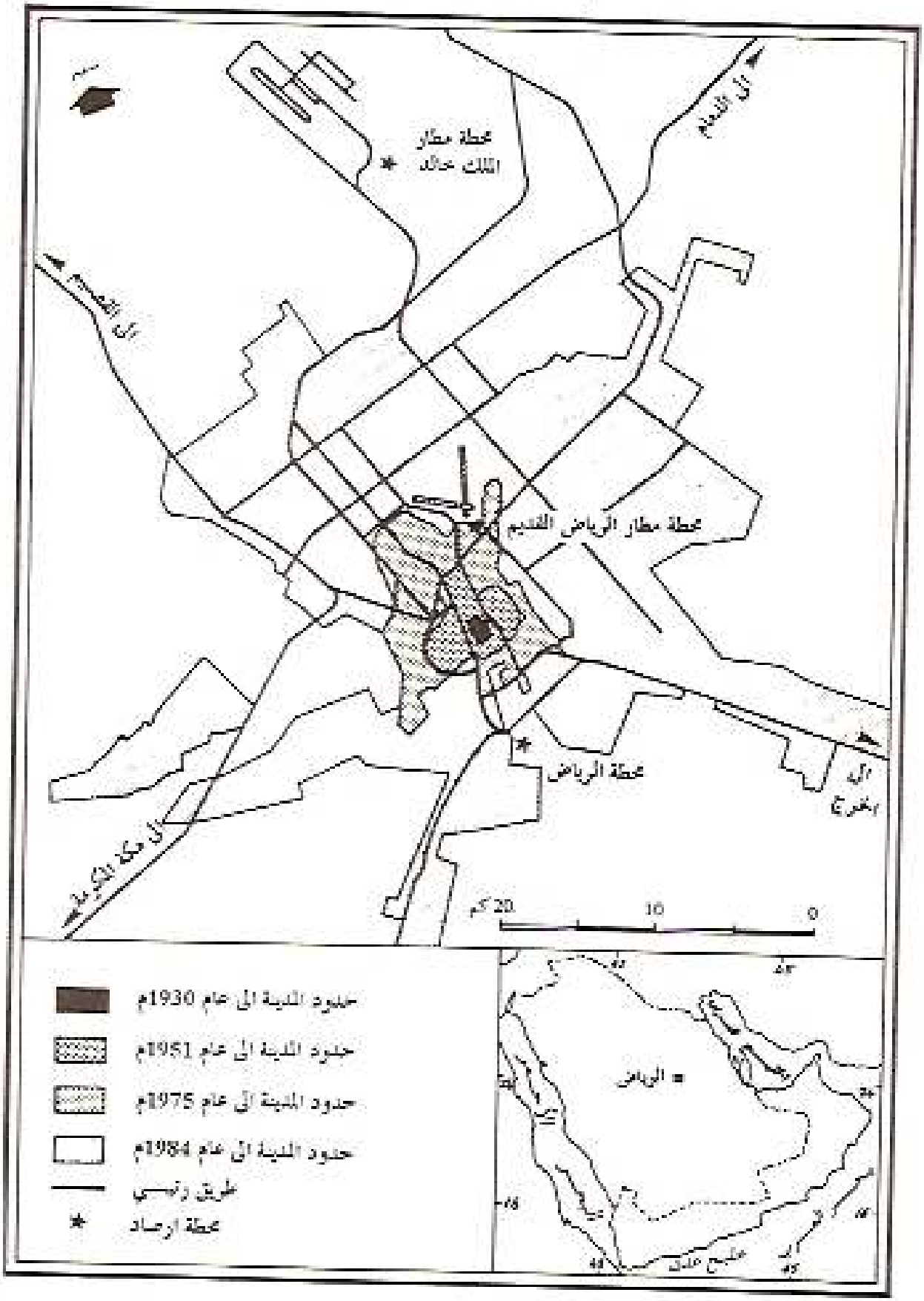
مقدمة

تقع مدينة الرياض على وادي حنيفة إلى الشرق من جبال طويق في وسط المملكة العربية السعودية وتحتل مساحة تمتد بين دائرتي عرض ٣٠ ٢٤° و٢٥° شمالاً وخطي طول ٣٠ ٤٦° و٤٧° شرقاً . وجبل طويق عبارة عن هضبة كويستا تنحدر بشدة (جال) نحو الغرب وتنحدر تدريجياً نحو الشرق . ويصرف هضبة جبل طويق أودية عميقة تتبع الانحدار العام للهضبة وتصب في وادي حنيفة الذي يتجه بشكل عام من الشمال إلى الجنوب . والى الشرق من وادي حنيفة الأرض قليلة التضرس وخفيفة الانحدار ويصرفها بشكل رئيسي وادي الايسن ووادي البطحاء .

ولقد شهدت مدينة الرياض في النصف الثاني من هذا القرن نمواً سريعاً في جميع الاتجاهات ، ولكن معدل النمو نحو الشرق والشمال يفوق بكثير معدل النمو نحو الغرب والجنوب (شكل ١) . والاختلاف في معدلات النمو ربما يعزى لتأثير العوامل الجيومورفولوجية والمناخية . ونظراً للتوسع الكبير نحو الشرق والشمال ، لذا فإن المدينة تحتل كامل حوض وادي البطحاء والأجزاء السفلى والوسطى من حوض وادي الأيسن .

ومساحة مدينة الرياض قبل عام ١٩٥٠م كانت أقل من ٤ كم مربع (Barth

شكل رقم (١) مراحل نمو مدينة الرياض



المصدر : Barth, H.K. and F. Quiel, (1987)

(and Quiel 1987) ، بينما تقدر في الوقت الحاضر بأكثر من ٦٠٠ كم مربع . ومعظم هذه المساحة تتكون من سطوح غير منفذة (مباني وطرق وأرصفة ومواقف سيارات) ، الأمر الذي يساعد على زيادة الجريان السطحي في المدينة . ولقد أشار موسى (١٩٨٢) إلى أن «الشوارع الاسفلتية وممرات المشاة الجانبية وأسطح البيوت وفناء البيوت ومناطق الساحات الكبرى ، كلها تساهم في زيادة الجريان السطحي للمياه الهاطلة ، حتى لو كانت كمية الأمطار قليلة فإنها ستنساب على السطح في المدينة» (ص ٢١٧) .

وتتصف الرياض بقلة الأمطار ، إذ يبلغ المعدل السنوي للأمطار فيها حوالي ٩٨مم ، ولكن معظم الأمطار في وسط المملكة العربية السعودية تحدث من سحب رعدية صغيرة المساحة وذات أمطار غزيرة تسقط في فترة زمنية قصيرة تؤثر فقط في المناطق الواقعة على خط سيرها . ونظراً لشدة سقوط الأمطار ولوجود السطوح المصمتة لذا فإن معظم المياه الساقطة تجري على السطح وبكميات كبيرة في فترة زمنية قصيرة ، الأمر الذي يجعل مياه السيول تفيض في بعض الأحيان في الشوارع وذلك بسبب زيادة كمية المياه الجارية على الطاقة الاستيعابية لنظام تصريف السيول أو للانسداد الجزئي أو الكلي لنظام التصريف بالأتربة أو لعدم وجود نظام تصريف .

والدراسات التي تتعلق بخصائص الأمطار في مدينة الرياض محدودة وغير شاملة . فقد أشار النص (١٩٧٠) في بحثه عن «المزاج الطبيعي لمنطقة نجد» إلى ضخامة الفروق في كميات الأمطار السنوية للرياض . وقد ناقش الشريف (١٩٧٣) ضمن دراسته للأحوال المناخية في مدينة الرياض خصائص الأمطار السنوية والشهرية . ودرس محمدين (١٩٨٩) خصائص الأمطار السنوية ، بالإضافة إلى ذلك توقشت الخصائص العامة للأمطار ضمن الخلفية الطبيعية في العديد من الدراسات المتعلقة بمدينة الرياض .

هدف الدراسة

توفر الدراسات عن خصائص الأمطار أمر ضروري للمخططين وللمصممين وذلك عند العمل على حل المشاكل المرتبطة بتصريف السيول في المدينة أو عند التخطيط للاستفادة من هذه المياه . ونظراً لقلة ما كتب عن خصائص الأمطار في الرياض وخصوصاً عن الأمطار اليومية إضافة إلى أن ما كتب عنها يُعد قديماً نسبياً وبيانات الأمطار المستخدمة فيها كانت لفترة قصيرة ، لذا فإن الهدف من هذه الدراسة هو التعرف على الاختلافات الزمانية والمكانية للأمطار وذلك من خلال التحليل الإحصائي لبيانات الأمطار اليومية والشهرية والسنوية . كما تهدف هذه الدراسة إلى تحديد العلاقة بين الكمية والتكرار Depth-frequency لأعلى كمية أمطار يومية في السنة 24-hour annual maximum rainfall وذلك كمحاولة للحصول على توقعات مستقبلية Prediction مقبولة لحوادث الأمطار القصوى Extreme events .

أساليب الدراسة

تحقيقاً لهدف هذه الدراسة فقد اتبعت الخطوات التالية :

١) الحصول على بيانات الأمطار اليومية من وزارة الزراعة والمياه لمحطة الرياض الواقعة عند دائرة عرض ٣٤ ٢٤° شمالاً وخط طول ٤٣ ٤٦° شرقاً للفترة من سنة ١٩٦٤م إلى سنة ١٩٩٣م ، وكذلك الحصول على بيانات الأمطار اليومية من مصلحة الأرصاد وحماية البيئة لمحطة مطار الرياض القديم الواقعة عند دائرة عرض ٤٢ ٢٤° شمالاً وخط طول ٤٤ ٤٦° شرقاً للفترة من سنة ١٩٦٦م إلى سنة ١٩٩٣م ، ولمحطة مطار الملك خالد الواقعة عند دائرة عرض ٥٥ ٢٤° شمالاً وخط طول ٤٣ ٤٦° شرقاً للفترة من سنة ١٩٨٤م إلى سنة ١٩٩٣م (مع ملاحظة أن محطة المطار القديم تقع إلى الشمال من محطة الرياض بمسافة قدرها ١٥كم تقريباً ومحطة مطارالملك خالد تقع إلى الشمال من محطة المطار القديم بمسافة قدرها ٢٥ كم تقريباً) .

٢) حساب معدلات الأمطار اليومية وأعلى كمية أمطار يومية في السنة والأمطار الشهرية والأمطار السنوية .

٣) حساب معامل الاختلاف للأمطار اليومية ولأعلى كمية أمطار يومية في السنة وللأمطار الشهرية وللأمطار السنوية وذلك بتطبيق المعادلة التالية :

معامل الاختلاف (٪) = الانحراف المعياري ÷ المعدل × ١٠٠

٤) قسمة المعدلات اليومية وأعلى كمية أمطار يومية في السنة والشهرية والسنوية في محطة الرياض على نظيراتها في محطة مطار الرياض القديم .

٥) تحديد قيم معامل الارتباط بين كميات الأمطار في المحطات الثلاث .

٦) على المستوى الموضعي Point analysis وعلى المستوى الإقليمي تم تحديد العلاقة بين الكمية والتكرار لأعلى كمية أمطار يومية في السنة وذلك بتطبيق نموذج التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ Extreme Value Probability distribution Type1 (EV1) ، وقد تم استخدام طريقة مربع كاي لاختبار حسن مطابقة Goodness of Fit هذا التوزيع مع بيانات الأمطار وذلك على النحو التالي (Chow et al, 1988) :

$$X^2 = n\,[f(xi) - p(xi)]^2 / p(xi)$$

حيث أن :

X^2 = مربع كاي .

n = عدد السنوات خلال فترة التسجيل .

f(xi) = التكرار النسبي .

p(xi) = الفرق بين قيم الاحتمالية التجمعية F(xi) للتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى والتي تحسب من المعادلة التالية :

$$F(xi) = \exp\,[-\exp\,(-y)]$$

$$y = x - u / a$$

$$a = 2.4495s \div 3.1416$$

$$u = \bar{x} - 0.5772a$$

حيث إن :

y = المتغير المخفض Reduced Variate .

a&u = معالم (متغيرات) Parameters للتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى .

s = الانحراف المعياري .

x = أعلى قيمة أمطار في كل فئة .

$\bar{x}$ = معدل الأمطار .

٧) تطبيق طريقة Station-year لتحليل التكرار الإقليمي . وهذا النموذج يتمثل في تركيب بيانات الأمطار في محطات المدينة لتعطي بيانات لفترة أطول تساوي مجموع سني التسجيل في المحطات المستخدمة .

٨) حساب فترة الرجوع Return period وكذلك احتمالية التجاوز Exceedence probability ومن ثم تحديد مواقع الرسم البياني Plotting Positions باستخدام طريقة Weibull . وتعد هذه الطريقة أكثر الطرق استخداماً لهذا الغرض (Mutreja 1986; Chow 1988) :

$$T = n + 1/m$$

$$p = 1/T = m / n + 1$$

حيث إن :

T = فترة الرجوع بالسنين .

n = عدد السنوات خلال فترة التسجيل .

m = رتبة كمية الأمطار .

p = احتمالية التجاوز .

المنخفضات الجوية المسببة للأمطار

تقع الرياض ضمن المنطقة شبه المدارية Subtropical والتي تعد منطقة انتقالية بين المنطقة المدارية ومنطقة العروض الوسطى . والمنطقة شبه المدارية تقع تحت سيطرة الضغط المرتفع ولذا فإنها تتصف بوجود استقرار جوي وهواء هابط . وعملية هبوط الهواء تؤدي إلى حدوث تسخين ذاتي Adiabatic heating للهواء ورطوبة نسبية منخفضة ، ولذا فإنه يساعد على جفاف السطح . وكقاعدة عامة السحب لا تتطور في مثل هذه الظروف حتى لو أدى ارتفاع درجة حرارة السطح إلى تكون ضغط منخفض وذلك لأنه بسبب الانقلاب الحراري الهبوطي Subsidence Inversion تكون طبقة الحمل Convection Layer غير سميكة (Critchfield, 1983) .

وعلى الرغم من وقوع وسط المملكة العربية السعودية ضمن نطاق الضغط المرتفع الدائم ، إلا أنه يتعرض بشكل غير منتظم ، لتأثير المنخفضات الجوية التي تعد المسبب الرئيسي لحدوث التساقط والعواصف الرعدية وذلك في الفترة من نوفمبر إلى مايو . فالأمطار في مدينة الرياض تعتمد على تأثير منخفضات البحر الأبيض المتوسط والمنخفضات المدارية .

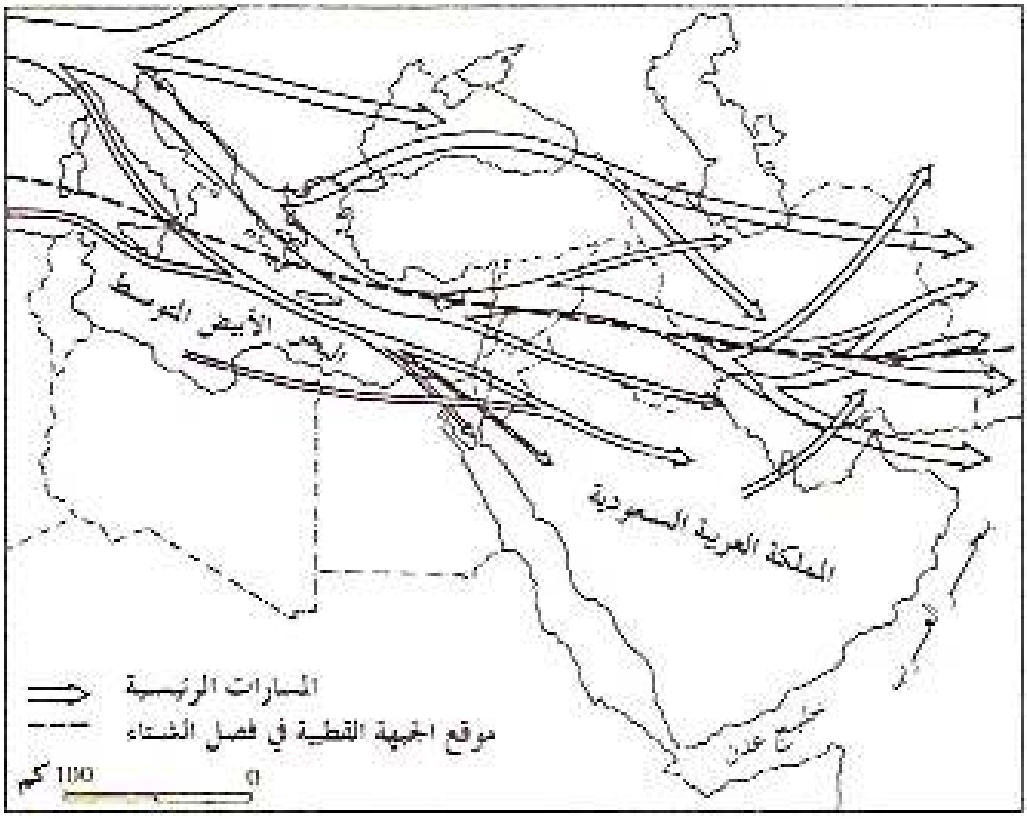
البحر الأبيض المتوسط منطقة انتقالية تقع في الوسط بين المناخ المعتدل الرطب Temperate maritime والمناخ الجاف شبه المداري ، ولذا تسيطر عليه الرياح الغربية في الشتاء بينما في الصيف يقع تحت تأثير الضغط المرتفع شبه المداري . فالشتاء في البحر الأبيض المتوسط يحل فجأة عندما تنهار خلية الضغط المرتفع الآزوري وذلك نتيجة لتحرك الضغط المرتفع شبه المداري

والتيار النفاث شبه المداري في أعلى طبقة التربوسفير المرتبط به إلى الجنوب . ويرتبط بهذا التغير دخول الجبهات القطبية (التي تفصل بين الكتل الهوائية القطبية والمدارية) إلى إقليم البحر الأبيض المتوسط . وتحت هذه الظروف وبسبب الارتفاع النسبي لدرجة حرارة مياه البحر تبدأ تتطور الأعاصير الموجية (المنخفضات الجوية الجبهية) Cyclones فوق المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط والتي تتحرك من الغرب إلى الشرق (Beaumont, et. al 1976; Barry and Chorley 1992) .

ففي الفترة من نوفمبر إلى إبريل تتأثر الجزيرة العربية بمنخفضات البحر الأبيض المتوسط (شكل ٢) . وتسهم هذه المنخفضات بنسبة كبيرة من كميات الأمطار في الجزيرة العربية وخاصة في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية لأن تأثير هذه الأعاصير يقل بالابتعاد عن مصدر رطوبتها المتمثل في مياه البحر الأبيض المتوسط (عزيز ١٩٧١) . ويذكر أحمد (١٩٩٣) أن توغل منخفض السودان في المملكة يجلب معه الهواء الدافئ الرطب وبالتالي «يعظم تأثير هذه المنخفضات التي تتفاعل فيها الكتل الهوائية المتناقضة ، القطبية والمدارية ، عندما تتوافق مع مراكز التيارات النفاثة القطبية وشبه المدارية وعندما يتوغل منخفض السودان» (ص ٨٩) .

وقد ذكرت الشركة الاستشارية MacLaren International Limited (1979) في دراسة أجرتها عن المناخ والهيدرولوجيا السطحية للذرع العربي الجنوبي أنه في فصل الربيع (مارس وأبريل ومايو) يحدث تراجع وتقدم سريع وغير منتظم للجبهة بين المدارية Intertropical Front (I.T.F) (المنطقة الفاصلة بين الرياح الشمالية الشرقية والرياح التجارية الجنوبية الشرقية) ، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث العواصف الرعدية وسقوط أمطار غزيرة في هذه المنطقة مما يجعلها تسهم بأكثر من ٥٠٪ من كمية الأمطار فيها . وعلى الرغم من أن سلسلة جبال

شكل رقم (٢) مسارات المنخفضات الجوية القادمة من البحر الأبيض المتوسط



المصدر : Beaumont, et al., (1976) .

السروات تستنزف كميات كبيرة من المياه إلا أن الأمطار المرتبطة بهذا الهواء الرطب يصل ، في بعض الأحيان ، تأثيرها إلى المناطق الداخلية .

ويتعرض وسط المملكة العربية السعودية في الشتاء أحياناً إلى تأثير الجبهات الدافئة Warm Fronts التي تعطي أمطاراً متوسطة وخفيفة ولكنها تغطي منطقة كبيرة وتستمر لمدة زمنية طويلة نسبياً . ويحدث مثل هذا التساقط عندما يصعد الهواء المداري الرطب فوق الهواء المستقر للكتلة القطبية القارية بسبب امتدادها جنوباً لتغطي أجزاء كبيرة من شبه الجزيرة العربية مكونة بذلك جبهة شبه ثابتة وموازية لخطوط العرض تقريباً . ويذكر الكليب (١٩٩٠) بهذا الخصوص «أن الأجزاء الوسطى والشمالية من شبه الجزيرة العربية والخليج العربي تتأثر في بعض الأحيان بأمطار الجبهات الدافئة التقليدية وخاصة في أواخر ديسمبر وطوال شهر يناير عندما تنشأ وتتطور المنخفضات الجوية الجنوبية فوق وسط شبه الجزيرة العربية نفسها وتمر مراكزها فوق الكويت والبصرة تقريباً وتتميز هذه بكونها قريبة من الانتظام في مجموع الهطول في مناطق شاسعة»(ص ٧٦) .

إضافة إلى ذلك في فصل الربيع أحياناً وفي حالات نادرة جداً في فصل الصيف قد تكون الظروف مشجعة لحدوث تساقط التصعّد Convection Precipitation في وسط المملكة العربية السعودية . ففي فصل الربيع ، على سبيل المثال ، تغطي الكتل الهوائية الباردة الأجزاء الشمالية من شبه الجزيرة العربية وذلك في أعقاب منخفضات البحر الأبيض المتوسط التي تعبرها . وخلال يومين تقريباً من تأثير هذه الكتل الباردة تكون طبقة الحمل سميكة والحرارة فيها منخفضة بشكل كبير ، لذا فإن الظروف مشجعة لتكون السحب الركامية والعواصف الرعدية عندما يتكون ضغط منخفض تحت هذه الكتلة الهوائية الباردة بسبب ارتفاع درجة حرارة السطح (الكليب ١٩٩٠) .

الاختلاف الزماني والمكاني للأمطار

بلغت معدلات الأمطار السنوية في محطات مدينة الرياض ١,٨٥مم و٩٧,٩مم و١١,٦مم في محطة الرياض وفي محطة مطار الرياض القديم وفي محطة مطار الملك خالد على التوالي ، وذلك بفارق ٢٦,٥مم بين أعلى وأدنى معدل سنوي في محطات المدينة . وربما يعود هذا الفرق الكبير إلى قصر فترة التسجيل في محطة مطار الملك خالد . ويتبين من سجل الأمطار في محطات مدينة الرياض أن موسم سقوط الأمطار يمتد من شهر أكتوبر إلى شهر مايو ، ولكن هذا لا يعني أن الأمطار تسقط بانتظام في هذه الفترة بل أنه من المتوقع أن تسقط الأمطار في هذا الموسم . ويتبين من سجل الأمطار أيضاً أن الأمطار في شهور الصيف نادرة جداً . أما شهر سبتمبر فهو الشهر الوحيد الذي لم تسقط فيه أية كمية من الأمطار خلال فترة التسجيل . من ناحية أخرى ، أكبر معدل شهري للأمطار في محطات المدينة وجد في شهر إبريل ويليه في الترتيب شهر مارس . فمعدلات الأمطار الشهرية في هذين الشهرين تمثل ٤٧٪ و٥٦٪ و٥٢٪ من معدلات الأمطار السنوية في محطة الرياض ومحطة مطار الرياض القديم ومحطة مطار الملك خالد على التوالي . وهذه النسبة العالية للأمطار في هذين الشهرين ربما تعزى إلى تأثر الأمطار في وسط المملكة العربية السعودية في هذه الفترة بكل من الهواء القطبي الرطب القادم من البحر الأبيض المتوسط والهواء المداري الرطب القادم من المحيط الهندي والبحر العربي .

وكما هو معروف الاختلاف الزماني والمكاني إحدى الخصائص الرئيسة للأمطار في المملكة Jones, 1981; Wheather, et. al. 1991; Alyamani and Sen, 1993) الصالح ، ١٩٩٤ ؛ السيد ، ١٩٩٥) . والسبب الرئيسي في ذلك

هو اختلاف مسارات Tracks المنخفضات الجوية المصحوبة ، غالباً ، بالعواصف الرعدية والتي تؤدي إلى حدوث أمطار غزيرة مصحوبة في بعض الأحيان بالبرد ، إضافة إلى ذلك عدم انتظام عبور (غزو) هذه المنخفضات للمملكة . وللحصول على فكرة كاملة عن الاختلاف الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض ، فقد تم تطبيق العديد من الطرق الإحصائية مع تركيز خاص على الطرق التي تبرز الاختلاف المكاني وذلك لأن تطبيق أكثر من طريقة لا يعني التكرار بقدر ما هو تأكيد للنتائج وبالتالي يعطي صورة أكثر وضوحاً عن عدم تجانس التوزيع الجغرافي للأمطار .

الاختلاف الزماني للأمطار يمكن تحديده بحساب معامل الاختلاف Coefficient of Variation . ومن جدول رقم (١) يتبين أن معامل الاختلاف للأمطار اليومية والأمطارالشهرية عالٍ جداً . فلقد بلغ معامل الاختلاف للأمطار اليومية ١٤٦ ٪ في محطة الرياض و١٣٨٪ في محطة مطار الرياض القديم و١٢٢٪ في محطة مطار الملك خالد والانخفاض النسبي لمعامل الاختلاف في محطة مطار الملك خالد ربما يعود إلى قصر فترة التسجيل (١٠ سنوات) . أما معامل الاختلاف للأمطار الشهرية (في موسم الأمطار من شهر نوفمبر إلى شهر مايو) فيتراوح بين ٩٧٪ و٢٣٣٪ في محطة الرياض وبين ١٠٧٪ و١٨٩٪ في محطة مطار الرياض القديم . ومن ناحية أخرى قيم معامل الاختلاف لأعلى كمية أمطار يومية في السنة وللأمطار السنوية في كل من محطة الرياض ومحطة مطار الرياض القديم أقل بكثير من قيم معامل الاختلاف للأمطار اليومية وللأمطار الشهرية في هاتين المحطتين . ففي محطة الرياض ، على سبيل المثال ، بلغت نسبة معامل الاختلاف لأعلى كمية أمطار يومية في السنة وللأمطار السنوية ٤٥٪ و٥٤٪ على التوالي .

جدول رقم (١) الاختلاف الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض

المحطة		الأمطار اليومية	أكبر أمطار يومية	الأمطار الشهرية												الأمطار السنوية (مم)
				١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	
الرياض (١)	المعدل	٣,٥	١٨,٠	١٤,١	٨,٢	١٨,١	٢١,٨	٦,٩	٠,٠٣	٠,١٣	٠,٠٤	٠	٠,٨٣	٢,٤	١٢,٥	٨٥,١
	الانحراف المعياري	٥,١	٨,٢	١٠,٣	١٠,٧	١٧,٥	٢٢,٦	٩,٤	٠,١٣	٠,٧١	٠,٢٠	٠	٤,٣٠	٥,٦	١٧,٤	٤٦,١
	معامل الاختلاف٪	١٤٦	٤٥	١٤٤	١٣٠	٩٧	١٠٤	١٣٦	٦٥٠	٥١٤	٥٠٠	٠	٥١٨	٢٣٣	١٣٩	٥٤
مطار الرياض القديم (٢)	المعدل	٤,٥	٢٠,٥	١٢,٣	٧,٤	٢٥,٨	٢٩,٢	٩,١	٠	٠,٣٢	٠,٠٧	٠	١,٢٥	١,٩	١٠,٤	٩٧,٩
	الانحراف المعياري	٦,٢	١١,٥	٢٢,٩	١٠,٢	٢٧,٦	٣٧,٠	١٤,٣	٠	١,٦٦	٠,٢٢	٠	٥,٢٢	٣,٦	١٢,٦	٦٨,٠
	معامل الاختلاف٪	١٣٨	٥٧	١٨٦	١٣٨	١٠٧	١٢٧	١٦٨	٠	٥١٨	٣٧١	٠	٤٢١	١٨٩	١٢١	٦٩
مطار الملك خالد	المعدل	٤,٩	٢١,٤	١٨,٢	١٣,٩	٢٤,٦	٢٣,٤	٥,٤	٠,٠٢	٠	٠	٠	٠,٠٧	٠,٨٢	١٤,١	١١١,٦
	الانحراف المعياري	٦,٠	٦,١	٢١,٥	١٨,٤	٢٣,١	٢٥,٧	١١,٤	٠,٠٦	٠	٠	٠	٠,٢٢	١,٧	١٥,٢	٦٩,١
	معامل الاختلاف٪	١٢٢	٢٨	١١٨	١٣٢	٩٨	١٠٧	٢١١	٣٠٠	٠	٠	٠	٣١٤	٢٠٧	١٠١	٦٢
المعدل (١) \ المعدل (٢)		٠,٧٨	٠,٨٩	١,١٥	١,١١	٠,٧٠	٠,٧٥	٠,٧٦	٠	٠,٢١	٠,٥٧	٠	٠,٦٦	١,٢٤	١,٢٥	٠,٨٧

الاختلاف المكاني أيضاً إحدى الخصائص الرئيسة للأمطار في بيئة الصحاري الدافئة . وفي مدينة الرياض تختلف كمية الأمطار من مكان إلى آخر . فمحطة الرياض تقع إلى الجنوب من محطة مطار الرياض القديم والمسافة بينهما حوالي ١٥كم ، وبمقارنة بيانات الأمطار في المحطتين فإنه

يمكن ملاحظة الاختلاف المكاني للأمطار . فعلى سبيل المثال ، في يوم ٢٢ مارس من سنة ١٩٧٢م كانت كمية الأمطار في محطة الرياض ١٥مم بينما سجلت محطة مطار الرياض القديم أكثر من ٥٦مم في ذلك اليوم . ودرجة الاختلاف المكاني للأمطار في هذه المنطقة الجغرافية الصغيرة تظهرها بوضوح نتائج التحليل الإحصائي لبيانات الأمطار .

تعد طريقة النسب Ratios من أبسط الطرق الإحصائية للتعرف على درجة الاختلاف المكاني للأمطار . ومن المعروف أن النسبة بين معدلات الأمطار تكون واحداً أو قريبة منه في المناطق التي يكون فيها التوزيع المكاني للأمطار متجانساً والعكس صحيح . وفي هذه الدراسة تم الحصول على النسب بقسمة المعدلات اليومية وأعلى كمية أمطار يومية في السنة والشهرية والسنوية في محطة الرياض على نظيراتها في محطة مطار الرياض القديم (انظر جدول رقم ١) . والنسب التي تم الحصول عليها إما أكبر أو أصغر من واحد مما يدل على الاختلاف المكاني في المدينة . فنسب معدلات الأمطار اليومية ومعدلات أعلى كمية أمطار يومية ومعدلات الأمطار السنوية للمحطتين تكون ٧٨, و٨٩, و٨٧, على التوالي . أما نسب معدلات الأمطار الشهرية في موسم سقوط الأمطار فإنها تتراوح بين ٧٠, و١,٢٦ . إضافة إلى ذلك ، يعد معامل الارتباط بين كميات الأمطار في المحطات المختلفة مفيداً لتحديد درجة التباين المكاني للأمطار ، وذلك لأنه كلما صغرت قيمة معامل الارتباط أو كانت سالبة كانت درجة التباين المكاني أكبر . وبتطبيق هذه الطريقة الإحصائية على بيانات الأمطار في محطات الرياض تبين أنه لا توجد علاقة طردية جيدة بين كميات الأمطار ما عدا العلاقة بين كميات الأمطار السنوية في محطتي الرياض ومطار الرياض القديم (معامل الارتباط (r) ٩٤٩,) (جدول رقم ٢) . فالعلاقة بين كميات الأمطار اليومية في المحطات منخفضة

إذ يتراوح معامل الارتباط (r) بين ٥٤١, و٦٥٣, . أما العلاقة بين أعلى كمية أمطار يومية في السنة للمحطات فليست ضعيفة فحسب بل إنها سالبة بين محطة الرياض ومحطة مطار الملك خالد (قيمة معامل الارتباط -٢٤٥,) . ومن قيم معامل الارتباط السابقة يتبين المدى الكبير للاختلاف المكاني للأمطار في منطقة جغرافية صغيرة .

التحليل التكراري للأمطار

المتفحص لسجل الأمطار في محطات مدينة الرياض يدرك أن معظم الأمطار اليومية سقطت بكميات قليلة . فعلى سبيل المثال ، يتبين من نتائج التكرار النسبي للأمطار اليومية أن حوالي ٩٠٪ من الأمطار اليومية لا تزيد كميتها على ١٠مم . ولكن في المقابل يحتوي سجل الأمطار اليومية على حالات قليلة تسقط فيها كميات كبيرة نسبياً وفي الوقت نفسه تعد فعّالة . والتباين الكبير في كميات الأمطار في البيئات الجافة يؤثر ، بلا شك ، على دقة التوقعات المستقبلية Prediction ، وبالرغم من ذلك تستخدم بيانات الأمطار في السنين الماضية لتقدير كميات الأمطار لفترات الرجوع المختلفة . وعليه فإن تطبيق طريقة التحليل التكراري على أعلى كمية أمطار يومية في السنة يمكن أن تعطي توقعات مستقبلية مقبولة لحوادث الأمطار القصوى Extreme events .

وحيث إن التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ يستخدم ، عادة في التحليل التكراري لحوادث الأمطار القصوى ، لذا فقد تم تطبيق هذه الطريقة على أعلى كمية أمطار يومية في السنة على المستوى الموضعي وعلى المستوى الإقليمي لمدينة الرياض . وقد تمّ استخدام طريقة مربع كاي لاختبار حسن مطابقة Goodness of Fit هذا التوزيع مع بيانات الأمطار . وحيث إن درجة الحرية لهذا التوزيع تساوي عدد الفئات ناقص ثلاثة (d.f. = m – 3) ، لذا فقد قسمت كميات الأمطار إلى أربع فئات بفاصل قدره ١٠مم (جدول رقم ٣) .

يتضح من هذا الجدول أن قيم التكرار المشاهد (التكرار النسبي) f(xi) وقيم التكرار المتوقع p(xi) في كل فئة من فئات الأمطار لا تختلف كثيراً عن بعضها البعض ، الأمر الذي أدى إلى انخفاض قيم مربع كاي . فمن جدول (٣)

يتبين أن مجموع قيم مربع كاي (المحسوبة) للتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ تكون ٤٨٧٨١, و١,٥٣١٨ و٦١٤٩, لمحطة الرياض ومحطة مطار الرياض القديم وللإقليم على التوالي (يقصد بالإقليم هنا مدينة الرياض بشكل عام وقد طبق لهذا الغرض طريقة Station-year) . وحيث إن درجة الحرية تساوي واحداً ، لذا فإن القيم الحرجة (القيم الجدولية) لمربع كاي عند مستويات الدلالة ٠٥, و١٠, ٢٠, تكون ٣,٨٤١ و٢,٧٠٦ و١,٦٤٢ على

جدول رقم (٢) معامل الارتباط بين كميات الأمطار في مدينة الرياض

	المحطة	(١)	(٢)	(٣)
الأمطار اليومية	(١)	١,٠٠٠		
	(٢)	٠,٦٠١	١,٠٠٠	
	(٣)	٠,٥٤١	٠,٦٥٣	١,٠٠٠
أعلى كمية أمطار يومية	(١)	١,٠٠٠		
	(٢)	٠,٤٨٠	١,٠٠٠	
	(٣)	-٠,٢٤٥	٠,٢٢٦	١,٠٠٠
الأمطار الستوية	(١)	١,٠٠٠		
	(٢)	٠,٩٤٩	١,٠٠٠	
	(٣)	٠,٧٩٧	٠,٨٥٢	١,٠٠٠

(١) محطة الرياض .

(٢) محطة مطار الرياض القديم .

(٣) محطة مطار الملك خالد .

جدول رقم (٣) تطبيق التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١
على أعلى كمية أمطار يومية في السنة بمدينة الرياض

المحطة	فئة الأمطار (مم)	التكرار ni	التكرار النسبي f(xi)	الاحتمالية التجمعية F(xi)	الفرق بين قيم الاحتمالية التجمعية p (xi)	مربع كاي X^2
محطة الرياض	أقل من ١٠	٥	٠,١٦٦٧	٠,١٢٥٠	٠,١٢٥٠	٠,٤١٧٣
	١٠ – ٢٠	١٥	٠,٥٠٠٠	٠,٦٤٨٤	٠,٥٢٣٤	٠,٠٣١٤
	٢٠ – ٣٠	٧	٠,٢٣٣٣	٠,٨٩٩٨	٠,٢٥١٤	٠,٠٣٩١
	أكثر من ٣٠	٣	٠,١٠٠٠	١,٠٠٠٠	٠,١٠٠٢	٠,٠٠٠٠١
المجموع		٣٠	١,٠٠٠			٠,٤٨٧٨١
محطة مطار الرياض القديم	١٠ أو أقل	٤	٠,١٤٢٩	٠,١٦٤٠	٠,١٦٤٠	٠,٠٧٦٠
	١٠ – ٢٠	١٢	٠,٤٢٨٦	٠,٤٨٣٨	٠,٣١٩٨	١,٠٣٦٤
	٢٠ – ٣٠	٨	٠,٢٨٥٧	٠,٨٢٤٣	٠,٣٤٠٥	٠,٢٤٦٩
	أكثر من ٣٠	٤	٠,١٤٢٨	١,٠٠٠٠	٠,١٧٥٧	٠,١٧٢٥
المجموع		٢٨	١,٠٠٠٠			١,٥٣١٨
الإقليم	١٠ أو أقل	٩	٠,١٣٢٤	٠,١٢١٩	٠,١٢١٩	٠,٠٦١٥
	١٠ – ٢٠	٣١	٠,٤٥٥٩	٠,٥٩٠٥	٠,٤٦٨٦	٠,٠٢٣٤
	٢٠ – ٣٠	٢١	٠,٣٠٨٨	٠,٨٧١٦	٠,٢٨١١	٠,١٨٥٦
	أكثر من ٣٠	٧	٠,١٠٢٩	١,٠٠٠٠	٠,١٢٨٤	٠,٣٤٤٤
المجموع		٦٨	١,٠٠٠٠			٠,٦١٤٩

التوالي . وبمقارنة قيم مربع كاي المحسوبة مع القيم الحرجة لمربع كاي في الجداول الخاصة به يتضح أن القيم المحسوبة للتوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ أقل من القيم الحرجة عند مستوى الدلالة ٢٠, . وهذا يعني أن أعلى كمية أمطار يومية في السنة في مدينة الرياض تتبع التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ (EV1) عند مستوى الدلالة ٢٠, .

وبتطبيق هذا النموذج تمّ تحديد العلاقة بين الكمية والتكرار لأعلى كمية أمطار يومية في السنة بمدينة الرياض ، وعليه فإن النماذج الرياضية المستخلصة يمكن استخدامها للحصول على تقديرات مقبولة لكميات الأمطار في فترات الرجوع المختلفة . ومعادلات التوقعات المستقبلية يمكن كتابتها على النحو التالي :

١) لمحطة الرياض :

$$xT = 14.367 + 6.375\ yT$$

٢) لمحطة مطار الرياض القديم :

$$xT = 15.0234 + 8.9876\ yT$$

٣) للإقليم (مدينة الرياض بشكل عام) :

$$xT = 15.1795 + 7.3657\ yT$$

حيث إن :

xT = كمية الأمطار المقدرة بالمليمتر لفترة الرجوع المختارة .

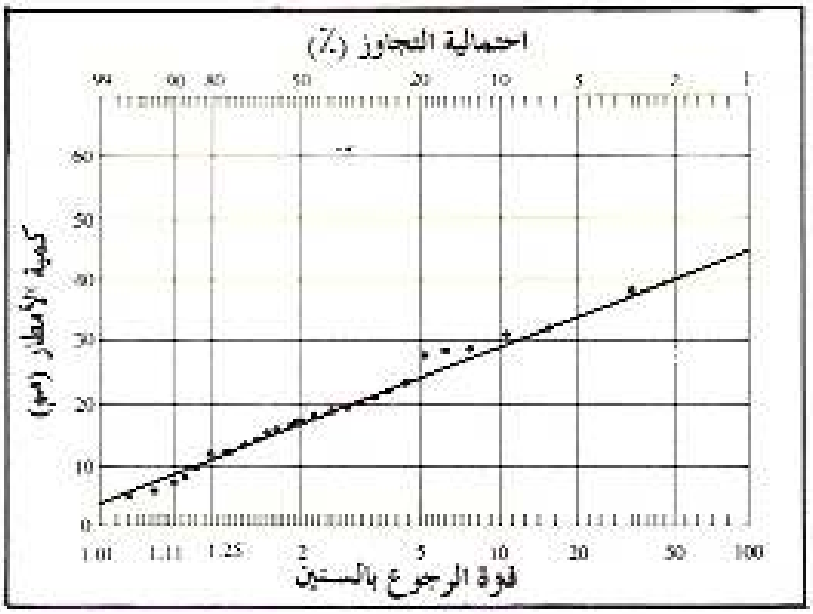
yT = المتغير المخفض Reduced Variate لفترة الرجوع المختارة ويحسب من المعادلة التالية :

$$yT = \ln [\ \ln (T/T-1)]$$

T = فترة الرجوع بالسنين .

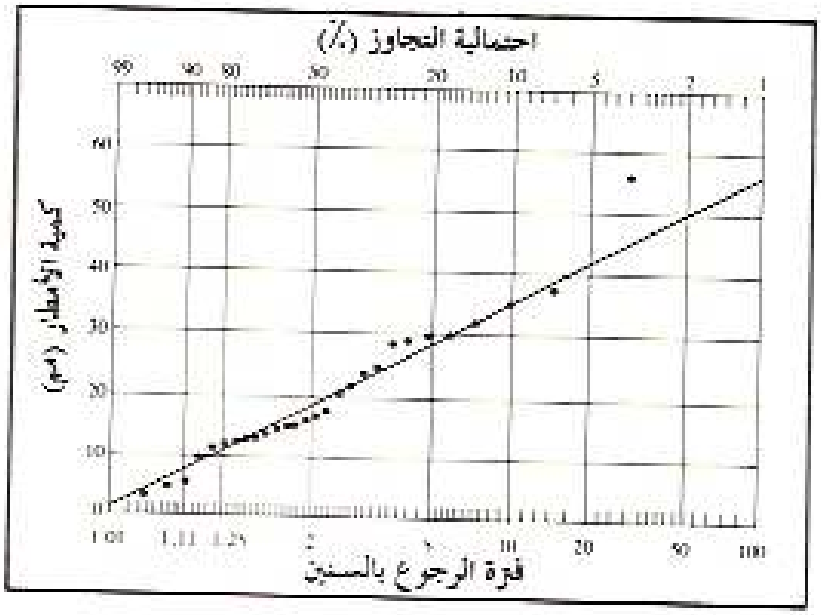
وحيث أن التعرف على تكرار حوادث الأمطار القصوى يتم باستخدام طريقتي فترة الرجوع والاحتمالية ، لذا فإن رسم بيانات الأمطار المشاهدة ورسم خط مستقيم للقيم المحسوبة عي الورق البياني الخاص بهذا التوزيع Extreme-value paper يسهل تحديد فترة الرجوع واحتمالية التجاوز . كما أنه أيضاً يبرز مدى التوافق بين البيانات المشاهدة والقيم المحسوبة ويسهل عملية المقارنة . وبما أن طريقة Weibull تعد أكثر الطرق استخداماً لتحديد مواقع الرسم البياني Plotting positions ، لذا فقد تم تطبيقها لتمثيل العلاقة بين الكمية والتكرار لأعلى كمية أمطار يومية في محطة الرياض ومحطة مطار الرياض القديم والإقليم (الأشكال ٣ و٤ و٥) .

شكل رقم (٣) العلاقة بين الكمية والتكرار لأعلى كمية أمطار يومية في السنة
(محطة الرياض)



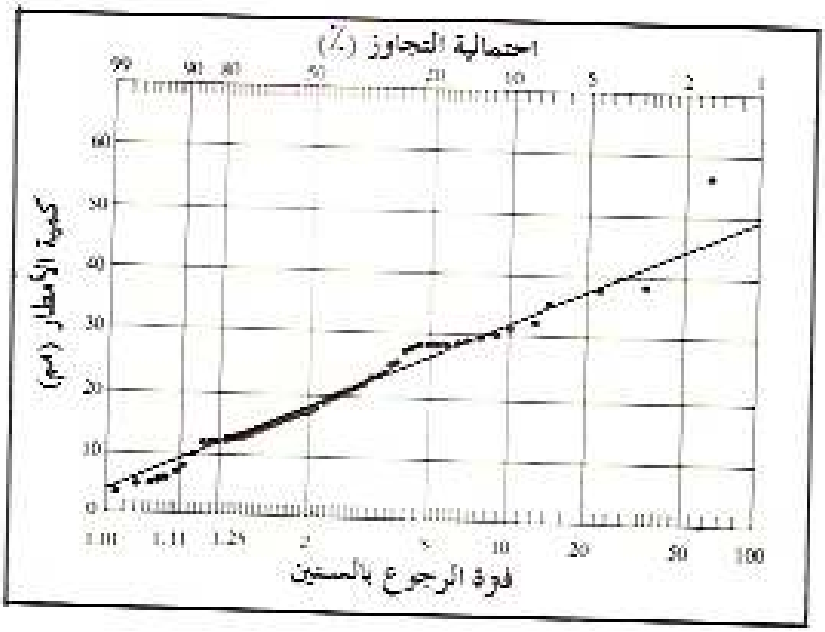
شكل رقم (٤) العلاقة بين الكمية والتكرار لأعلى كمية أمطار يومية في السنة

(محطة مطار الرياض القديم)



شكل رقم (٥) العلاقة بين الكمية والتكرار لأعلى كمية أمطار يومية في السنة

(ا لرقعي)



الخلاصة والخاتمة

وحيث إن توفر بيانات الأمطار لفترة طويلة من الزمن تمكن من الحصول على نتائج جيدة عند دراسة خصائص الأمطار في منطقة جغرافية معينة ، لذا فإن القصر النسبي لفترة تسجيل بيانات الأمطار (حوالي ٣٠ سنة) في مدينة الرياض له تأثير بالتأكيد على دقة نتائج هذه الدراسة . ولكن في الوقت نفسه ، مثل هذه البيانات يعتقد أنها كافية لإعطاء نتائج بدرجة مقبولة إن لم تكن مرضية عن التوزيع الزماني والجغرافي للأمطار في مدينة الرياض .

وتشير نتائج التحليل الإحصائي لبيانات الأمطار اليومية والشهرية والسنوية إلى أن الأمطار في مدينة الرياض تختلف بدرجة كبيرة من زمان إلى آخر ومن مكان إلى آخر . فلقد بلغ معامل الاختلاف للأمطار اليومية ١٤٦٪ في محطة الرياض و١٣٨٪ في محطة مطار الرياض القديم و١٢٢٪ في محطة مطار الملك خالد . أما معامل الاختلاف للأمطار الشهرية في موسم سقوط الأمطار فإنه يتراوح بين ٩٧٪ و٢٣٣٪ في محطة الرياض وبين ١٠٧٪ و١٨٩٪ في محطة مطار الرياض القديم . وفي الوقت نفسه يتضح من نتائج التحليل الإحصائي أن درجة الاختلاف الزماني لأعلى كمية أمطار يومية في السنة وللأمطار السنوية أقل بكثير مقارنة بالأمطار اليومية والشهرية . ففي محطة الرياض بلغت نسبة معامل الاختلاف لأعلى كمية أمطار يومية في السنة وللأمطار السنوية ٤٥٪ و٥٤٪ على التوالي .

من ناحية أخرى ، تبين نتائج التحليل الإحصائي المدى الكبير للاختلاف المكاني للأمطار في منطقة جغرافية صغيرة . فعلى الرغم من أن المسافة بين محطة الرياض ومحطة مطار الرياض القديم تساوي حوالي ١٥كم ، إلا أن نسب معدلات الأمطار وقيم معامل الارتباط بين كميات الأمطار في هاتين المحطتين تثبت الاختلاف الكبير في التوزيع الجغرافي للأمطار . فنسب

معدلات الأمطار اليومية ومعدلات أعلى كمية أمطار يومية في السنة ومعدلات الأمطار السنوية للمحطتين تكون ٧٨, و٨٩,٨٧,على التوالي . أما نسب معدلات الأمطار الشهرية في موسم سقوط الأمطار فإنها تتراوح بين ٧٠, و٢٦,١ . بالإضافة إلى ذلك ، تبين أنه لا توجد علاقة طردية جيدة بين كميات الأمطار ما عدا العلاقة بين كميات الأمطار السنوية في محطتي الرياض ومطار الرياض القديم (معامل الارتباط (r) ٩٤٩,) . إضافة إلى ذلك العلاقة كانت سالبة بين أعلى كمية أمطار يومية في السنة في محطة الرياض ومحطة مطار الملك خالد (قيمة معامل الارتباط – ٢٤٥,) .

ويتضح من هذه الدراسة أيضاً أن أعلى كمية أمطار يومية في السنة في مدينة الرياض تتبع التوزيع الاحتمالي للقيم القصوى نوع ١ (EVI) عند مستوى الدلالة ٢٠, مما يعني أن هذا التوزيع متوافق مع التوزيع المشاهد بدرجة مرضية . وعليه فقد طبق هذا النموذج لتحديد العلاقة بين الكمية والتكرار لأعلى كمية أمطار يومية في السنة بمدينة الرياض . ونتج عن ذلك استخلاص معادلات يمكن استخدامها للحصول على تقديرات مقبولة لكميات الأمطار في فترات الرجوع المختلفة .

وفي الختام يمكن القول إن نتائج هذه الدراسة سوف تساعد المخططين والمصممين وذلك عند العمل على حل المشاكل المرتبطة بتصريف السيول في المدينة أو عند التخطيط للاستفادة من هذه المياه . وبالإضافة إلى ذلك ، الأمطار في وسط المملكة العربية السعودية تتأثر بمنخفضات البحر الأبيض المتوسط والمنخفضات المدارية ، الأمر الذي يجعل من هذه الدراسة مثالاً نموذجياً لخصائص الأمطار في وسط المملكة . أي أن تحليل بيانات الأمطار لفترة تسجيل تقارب ٣٠ سنة لا تقتصر فائدته على مدينة الرياض بل مفيد أيضاً للمنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية .

شكر وتقدير

يسعدني أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير للمسؤولين في قسم الهيدرولوجيا بوزارة الزراعة والمياه وفي مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بالرياض على تعاونهم وتزويدي ببيانات الأمطار اليومية لمحطات مدينة الرياض . ويسرني أيضاً أن أدون شكري وتقديري للأستاذ صلاح الدين سليمان تركي ، خبير إنتاج الخرائط بقسم الجغرافيا ، جامعة الملك سعود ، الذي قام برسم وإنتاج الأشكال في هذه الدراسة .

المراجـــع

- أحمد ، بدر الدين يوسف محمد ، (١٩٩٣) ، مناخ المملكة العربية السعودية ، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد رقم ١٥٧ ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، جامعة الكويت .

- السيد ، عبدالملك قسم ، (١٩٩٥) ، احتمالات هطول الأمطار ودرجة الاعتماد عليها في المملكة العربية السعودية ، سلسلة بحوث جغرافية ، العدد رقم ٢١ ، الجمعية الجغرافية السعودية ، جامعة الملك سعود ، الرياض .

- الشريف ، عبدالرحمن صادق ، (١٩٧٣) ، الأحوال المناخية في مدينة الرياض ، مجلة كلية الآداب ، جامعة الرياض ، م ٣ ، ص ٢٧٣ - ٣١٦ .

- الصالح ، محمد عبدالله ، (١٩٩٤) ، التحليل التكراري لكميات الأمطار في منطقة القويعية بالمملكة العربية السعودية ، سلسلة بحوث جغرافية ، العدد رقم ١٧ ، الجمعية الجغرافية السعودية ، جامعة الملك سعود ، الرياض .

- الكليب ، عبدالملك علي ، (١٩٨٢) ، الأمطار 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 .

- الكليب ، عبدالملك علي ، (١٩٩٠) ، مناخ الخليج العربي ، دار السلامة ، الكويت .

- النص ، عزة ، (١٩٧٠) ، المزاج الطبيعي لمنطقة نجد ، مجلة كلية الآداب ، جامعة الرياض ، م ١ ، ص ٩ - ٣٧ .

- عزيز ، مكي محمد ، (١٩٧١) ، الأمطار في المملكة العربية السعودية ، مجلة كلية الآداب ، جامعة الرياض ، م ٢ ، ص ٢٣٩ - ٢٨٨ .

- محمدين ، محمد محمود ، (١٩٨٩) النمط الكمي والزماني لأمطار الرياض ، في كتاب : حلقة الدراسات الصحراوية في المملكة العربية السعودية - مجالاتها والمهتمون بها ، ص ٢٢٩ - ٢٣٨ .

- موسى ، علي ، (١٩٨٢) ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، دار الفكر ، دمشق .

- AlShaikh, A., (1985), Rainfall Frequency Studies for Saudi Arabia, Unpublished M. Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, King Saud University, Riyadh.

- Alyamani, M.S. and Z. Sen, (1993), Regional variations of monthly rainfall amounts in the Kingdom of Saudi Arabia, JKAU: Earth Sci., Vol. 6, pp. 113 - 133.

- Barth, H.K. and F. Quiel, (1987), Riyadh and its development, Geojournal, Vol. 15, pp. 39 - 46.

- Barry, R.G. and RIJ. Chorley, (6th ed). (1992). Atmosphere. weather & cli8mate, Routledge, London.\

- Beaumont, P., et. al. (1976), The Middle East: a geographical study, John Wiley & Sons, Chichester, U. K.

- Chow, V. T., et al., (1988), Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

- Critchfield, H.J., (4th ed), (1983), General climatology, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

- Dune, T. and L. B. Leopold, (1978), Water in Environmental Planning, W. H. Freeman and Company, San Francisco.

- Jones, K. R., (19081). Arid Zone Hydrology fo Agricultural Development. FAO, Rome.

- MacLaren International Limited, (1979). Water and agricultural development studies Arabian Shield-South: climate and surface hydrology, Annex 8, Minstry of Agriculture and Water, Saudi Arabia.

- Mutreja, K.N., (1986), Applied hydrology, Tata McGraw-Hill Publ. Co. Ltd., New Delhi, India.

- Oyebande, L., (1982), Deriving Rainfall Intensity - Duration - Frequency Relationships and Estimates for Regions With Inadequate Data, Hydrological Sciences Journal, Vol. 27, pp. 353-367.

- Taha, M. F., et. Al., (1981), The climate of the Near East, in: K. Takahasi, et. al., (eds), Climate of Southern and Western Asia, Elsevier Scientific Publ. Co.

- Wan, P. (1976), Point Rainfall Characteristics of Saudi Arabia, Proc. Instn. Civ. Engrs., Part 2, pp 179 - 187.

- Wheather, H. S., et. al., (1991), A multivariate spatial-temporal model of rainfall in Southwest Saudi Arabia. I. Spatial rainfall characteristics and model formulation, Journal of Hydrology, Vol. 125, pp. 175 - 199.