



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

## العدد التاسع/ الجزء الثالث تشرين الأول 2021

توظيف التحليل التكراري المقارن للأمطار اليومية القصوى  
في تقدير احتمالية هطولها بمنطقة عسير

**Using of the comparative frequency analysis in estimating  
the maximum daily rainfall and its probable event in Asir region**

د. صالح عبد المحسن الشمري.  
المملكة العربية السعودية – الرياض  
sshamar@hotmail.com

### الملخص.

تعتمد هذه الدراسة على البيانات المطرية المسجلة خلال الفترة 1971-2017م بمحطات أبها (A005-13) وآل تاجر (A108-23) وآل عامر (A103-18) والسودة (A118-28) والنماص (A007-15) بللسمر (A127-34) وبني ثور (A113-26) وتنومة (A120-30) وخيبر الجنوب (B110-73) وصبح بللحمر (A117-27) التابعة لوزارة الكهرباء والمياه خلال الفترة 1971-2017 في تطبيق منهجية التحليل التكراري لتقدير احتمالية هطول الأمطار اليومية القصوى بمنطقة عسير بالجنوب الغربي من المملكة العربية السعودية.

ولقد تم اختيار المحطات المذكورة وبياناتها المطرية لأنها تمثل سلسلة زمنية متكاملة ومشتركة تسمح بتحليل التباينات الزمنية والمكانية للأمطار اليومية القصوى من جهة، وتطبيق متطلبات التحليل التكراري لتقدير معدلات الأمطار اليومية القصوى المتوقعة مستقبلاً خلال فترات رجوع تتراوح بين 5 و 100 سنة، من جهة ثانية.

ولقد تم اختيار منطقة عسير كونها تعتبر إقليمياً تضاريسياً متميزاً من جهة ومنطقة تشهد تطوراً عمرانياً كبيراً ما لبث أن توسع على حساب مساحات التصريف الدنيا لمختلف الأودية التي يعبر بعضها عدداً من مدن المنطقة. ولذا فإن هذه الدراسة تهدف إلى تقدير كميات الأمطار اليومية القصوى التي بإمكانها أن تتحول إلى مياه سيول غزيرة تؤثر مباشرة على الامتداد العمراني والسكني بالمنطقة.

وتعتمد الخطوات المنهجية لهذه الدراسة على التوظيف المتكامل للعديد من الفحوص الاحصائية المستخدمة في تحليل بيانات الأمطار وهي اختبار Shapiro-Wilk لفحص مدى مطابقة توزيع بيانات الأمطار للتوزيع الطبيعي واختبار Leven لفحص تجانس التباين لها واختبار التباين الأحادي ANOVA والاختبار الاحصائي لمربع كاي Chi-Square test لفحص حسن المطابقة للبيانات المطرية للتوزيعات الاحتمالية المدروسة (توزيع القيم القصوى (نوع 1) والتوزيع الطبيعي والتوزيع اللوغاريتمي الطبيعي وتوزيع بيرسون اللوغاريتمي (نوع 3)



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

والتوزيع الأسي). كما تم بتطبيق نموذج Chow في تقدير كميات الأمطار اليومية القصوى المناسبة لفترات الرجوع الممتدة من 5 إلى 100 سنة.

**الكلمات المفتاحية :**

التحليل التكراري، الأمطار اليومية القصوى، الفحص الاحصائي، التوزيعات الاحتمالية، نموذج التقير Chow، منطقة عسير، المملكة العربية لسعودية.

**Abstract.**

This study is based on the rain data recorded during the period 1971–2017 at the stations of Abha (A005–13), Al Tajer (A108–23), Al Amer (A103–18), Al Soudah (A118–28), Al Namas (A007–15), Balsamar (A127–34). ), Bani Thawr (A113–26), Tanumah (A120–30), Khaybar Al–Janoub (B110–73) and Subh Bahamar (A117–27) supervised by the Ministry of Electricity. The frequency analysis is used to estimate the maximum daily rainfall in the Asir region (The Southwest of the Kingdom of Saudi Arabia).

The studied stations and the rain data were chosen because they represent an integrated and common time series that helps analyzing the temporal and spatial variations of the maximum daily rain, and applying the requirements of frequency analysis to estimate the maximum daily rainfall rates expected in the return periods from 5 to 100 years.

The Asir region was is considered a distinct mountain region, and an area characterized by the great urban development, expanded at the drainage areas of the various wadis, which cross a number of cities in the region. Therefore, this study aims to estimate the maximum daily rain can generate the floods affecting directly the urban and residential in the region.

The study methodology depend on the integrated employment of several statistical tests, which are the Shapiro–Wilk test, the Leven test t, the ANOVA. The



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

probability distributions of Extreme Values (type 1), the normal distribution, the log-normal distribution, the logarithmic Pearson distribution (type 3) and the exponential distribution are applied in analyzing the comparative rain frequency. The goodness of Fit of rain data used The Chi-Square test to determine the best probability distribution and the Chow model was also applied in estimating the maximum daily rain amounts of the return periods from 5 to 100 years.

**Key-Words :**

Frequency analysis, Maximum daily rainfall, Statistical tests, probability distributions, Chow model, Asir region, Saudi Arabia.

**1- المقدمة**

تعتبر الأمطار من أكثر عناصر المناخ تأثيراً على نشاط الإنسان في المناطق الجافة. ويتزايد اهتمام المختصين في المناخ والهيدرولوجيا والرصد الجوي والزراعة بدراسة التغيرات الزمنية والمكانية للأمطار مع زيادة الاهتمام بالتغير المناخي في العالم. ولقد ظهرت دراسات عديدة متزامنة لخصائص الأمطار بمناطق مختلفة كدراسة Tilahun لخصائص المناطق الجافة وشبه الجافة بأثيوبيا (Tilahun, 2006) و دراسة Zhao وأخرين لخصائص الأمطار بهضبة الصين خلال الفترة 1957-2012 (Zhao et al., 2015) ودراسة Mzezewa وأخرون لخصائص الأمطار بمقاطعة ليمبوبو بجنوب إفريقيا (Mzezewa et al., 2010). وهناك دراسات عديدة اهتمت بالتحليل التكراري للأمطار كدراسة Goula Bi وأخرين التي اعتمدت على التحليل التكراري للأمطار اليومية القصوى باستخدام خرائط توزيع الأمطار بساحل العاج (Goula Bi et al., 2010) وكذلك التحليل التكراري لانحراف الأمطار بمقاطعة Dharmapuri بولاية Tamil Nadu في الهند (Rajendran and Ventasubramani, 2017). وهناك بعض الدراسات اهتمت بدراسة الأمطار من خلال تحليل منحنى المدة-الشدة-التكرار بالمناطق الجافة (Saghafan et al., 2003) وأخرى بتحليل تركيز الأمطار بالمناطق الجافة وشبه الجافة بالساحل الإفريقي (Panthou et al., 2015).



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

ونالت كذلك دراسة الأمطار اهتماماً بدول شبه الجزيرة العربية بحيث ظهرت عدة دراسات اهتم البعض منها بتحليل العلاقة بين الأمطار والجريان السطحي في اليمن (Farquharson et al., 1996) وفي عمان (McIntyre et al., 2009) وأخرى تناولت تحليل الأمطار كمظهر من مظاهر التغير المناخي في اليمن (Netherland MAE, 2018). كما قدم Karyamsetty and Raju دراسة تناول فيها تحليل نمط تغير الأمطار ودرجة الحرارة باستخدام الانحدار الخطي بثلاث مناطق بسلطنة عمان خلال الفترة 1996-2009 (Karyamsetty and Raju, 2017). ونشر من جهته Kwarteng وأخرون دراسة أخرى تناولت تحليل البيانات المطرية للفترة 1977-2009 (27 سنة) بسلطنة عمان (Kwarteng et al., 2017). وفي دولة الإمارات العربية المتحدة قام Sherif وأخرون بتحليل احتمالية هطول الأمطار القصوى والجفاف بأربعة نطاقات مناخية هي الساحل الشرقي و الجبال والسهل الحصوي والصحراء. وقد اعتمدت هذه الدراسة على تطبيق ستة توزيعات احتمالية هي توزيع Gumbel وتوزيع LP III وتوزيع GEV وتوزيع Log N وتوزيع Wakeby وتوزيع Weibull. وقد أظهرت هذه الدراسة أن توزيعي Gumbel و Weibull هما أفضل التوزيعات الاحتمالية المدروسة في تقدير الأمطار القصوى (Sherif et al., 2014).

وفي المملكة العربية السعودية قام Al Sabyani بتحليل الأمطار اليومية لفترة زمنية تتراوح بين 26 و 40 سنة بثماني محطات تقع بأحواض مكة بتطبيق توزيعين احتماليين هما توزيع Gumbel وتوزيع بيرسون اللوغاريتمي الثالث (LP III). ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن توزيع غامبل هو التوزيع الاحتمالي الأكثر ملاءمة لتوزيع الأمطار اليومية والأقدر على تقديرها بالمحطات المدروسة (Al Sabyani, 2009). كما تناولت دراسة Al Ahmadi وآخرين تقييم أفضل توزيع احتمالي للسلاسل الزمنية القصيرة للأمطار اليومية بالمدينة المنورة. ولقد اعتمدت هذه الدراسة على تطبيق ستة توزيعات احتمالية هي ND و Log N و EV1 و GEV و Pearson III و LP III من جهة وعلى تطبيق أسلوب L-Moments في حساب المعالم الاحصائية لهذه التوزيعات من جهة أخرى. ولتقدير كفاءة النماذج الاحتمالية المدروسة تم تطبيق اختبارات AIC



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

و AICc و BIC و ADC. ولقد أظهرت نتائج فحص كفاءة هذه التوزيعات أن توزيع GEV هو أكثرها ملاءمة للسلاسل الزمنية القصيرة لأمطار المدينة المنورة (Al Ahnadi et al., 2014). وفي دراسة أخرى قام بها Abd Rahman وآخرون تناولت تحليل الأمطار اليومية القصوى لفترة 40 سنة بمحطتي المدينة المنورة وبئر الماشي باستخدام سبعة توزيعات احتمالية هي GEV (القيم القصوى العام) و GLO (اللوجيستي العام) و GPa (Pareto العام) و Gumbel و Log Normal 3 و Log Pearson III و Pearson3. وقد تم تطبيق فحص Anderson Darling لاختبار كفاءة أداء هذه النماذج واختبار L-Moments لتحديد أفضل دالة للتوزيع الاحتمالي وتطبيق أسلوب L-Momco لحساب معالمها الاحصائية (Abd Rahman et al., 2016).

ومن ما تقدم فإن هذه الدراسة تتناول تحليل تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى للفترة 1971-2017 واحتمالية سقوطها بمجموع عشر محطات منتشرة بمنطقة عسير الجبلية. وتكمن أهمية هذه الدراسة في كونها تستعرض خصائص التحليل الكراري للأمطار اليومية القصوى التي لم تتناولها حتى الآن أية دراسة سابقة بمنطقة عسير.

## 2- منطقة الدراسة

تمتد منطقة عسير على مساحة قدرها 80000 كم<sup>2</sup> تقع بين دائرتي العرض 16°55' و 20°38' شمالاً و بين خطي الطول 41°15' و 44°15' شرقاً (الشكل 1). وتنقسم مساحة منطقة عسير إلى 15 محافظة منها أربع محافظات فئة (أ) و إحدى عشرة محافظة فئة (ب) تابعة لها 129 مركز (المساحة الجيولوجية ، 2017 : 23). وتتباين الأشكال التضاريسية والطوبوغرافية بمنطقة عسير من حيث الارتفاع وامتداد الجبال طوياً من الشمال إلى الجنوب و عرضاً من الغرب إلى الشرق. ويؤثر كثيراً العامل التضاريسي على نظام تساقط الأمطار بمنطقة عسير. وتعتبر السحب الركامية التي تصاحب العواصف الرعدية التي يولدها اصطدام الرياح المحملة ببخار الماء القادمة من المحيط الهندي بمرتفعات عسير المصدر الرئيس لتساقط الأمطار (آل مشيط ، 2009). كما تؤثر أيضاً الحركات الهوائية المحلية التي تحدث بسبب اختلاف التضاريس وطوبوغرافية السطح على مناخ المنطقة بالإضافة إلى تأثير الحركات الهوائية العامة فوق المنطقة وما حولها (Taha et al., 1981) و (المولد ، 1983).

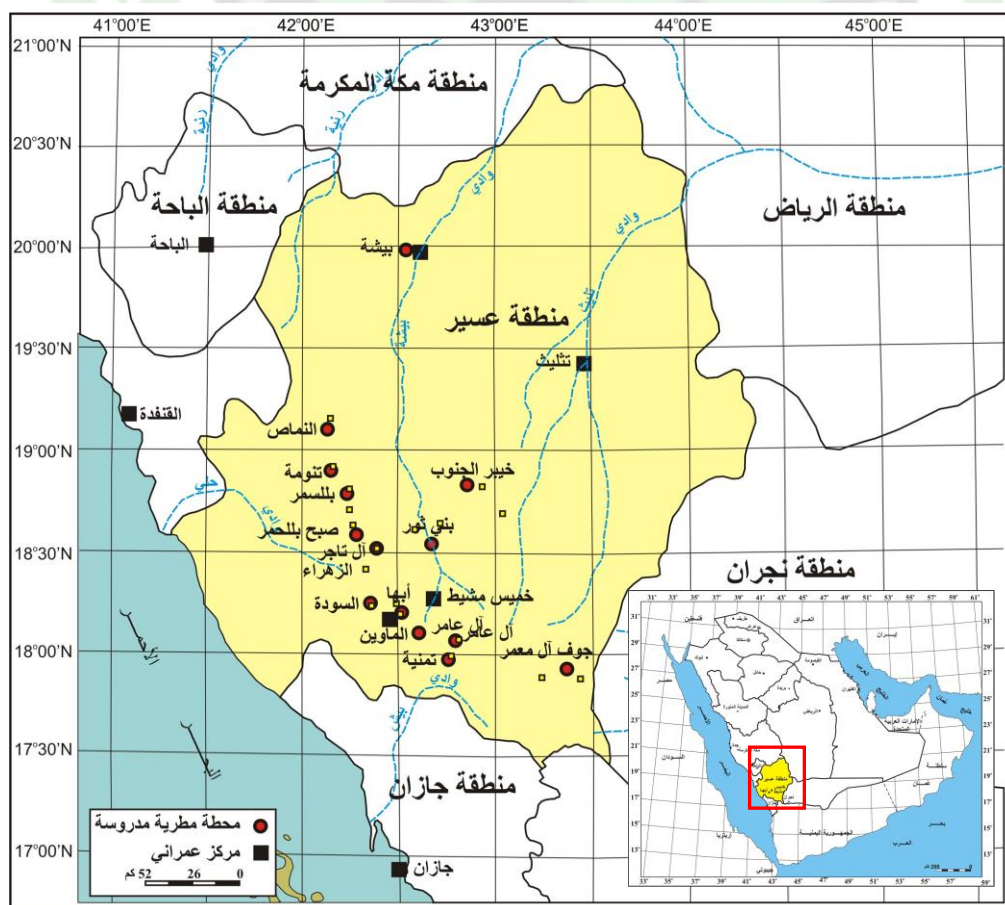


المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

الجدول 1 : إحداثيات المواقع الجغرافية للمحطات المطرية المدروسة

المحطة	رقم المحطة	خط الطول (شرقاً)	دائرة العرض (شمالاً)	الارتفاع (متر)	كود المحطة
أبيها	13	42°30'	18°13'	2249	A005
آل تاجر	23	42°23'	18°31'	2455	A108
آل عامر	18	42°47'	18°06'	2195	A103
السودة	28	42°22'	18°15'	2196	A118
النماص	15	42°09'	19°06'	2400	A007
بللسمر	34	42°15'	18°47'	2012	A127
بني ثور	26	42°41'	18°38'	1908	A113
تنومة	30	42°10'	18°53'	2367	A120
خيبر الجنوب	73	42°53'	18°48'	1531	B110
صبح بللحمر	27	42°16'	18°37'	1843	A117

وتنتشر المحطات المطرية المدروسة بين خطي الطول  $42^{\circ}05'$  و  $42^{\circ}55'$  شرقاً وبين دائرتي العرض  $18^{\circ}05'$  و  $19^{\circ}10'$  شمالاً وعلى ارتفاعات تتراوح بين 1531م بمحطة خيبر الجنوب و 2455م بمحطة آل تاجر (الجدول 1 والشكل 1).



الشكل 1 : الموقع الجغرافي لمنطقة عسير والمحطات المطرية المدروسة



### 3- منهجية الدراسة

تتلخص الخطوات المنهجية لهذه الدراسة في ما يلي :

#### 3-1- جمع البيانات وفحصها

تعتمد هذه الدراسة على البيانات المطرية المسجلة خلال الفترة 1971-2017م بمحطات أباها (A005-13) وآل تاجر (A108-23) وآل عامر (A103-18) والسودة (A118-28) والنماص (A007-15) بللسمر (A127-34) وبني ثور (A113-26) وتنومة (A120-30) وخيبر الجنوب (B110-73) وصبح بللحمر (A117-27) التابعة لوزارة الكهرباء والمياه (الجدول 2).

وقبل الشروع في التحليل التكراري للأمطار ، تم فحص بيانات الأمطار اليومية القصوى بتطبيق ثلاثة فحوص احصائية متوفرة في بيئة التحليل الاحصائي Analyze لبرنامج SPSS23 هي :

(أ)- فحص مطابقة توزيع الأمطار اليومية القصوى للتوزيع الطبيعي Tests of Normality بتطبيق اختبار Shapiro-Wilk.

(ب)- فحص تجانس تباين كميات الأمطار اليومية القصوى Homogeneity of variance test بتطبيق اختبار Levene.

(ج)- فحص تباين كميات الأمطار اليومية القصوى بتطبيق اختبار التباين الأحادي ANOVA.



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

الجدول 2 : كميات الأمطار اليومية القصوى بالمحطات المدروسة

السنة	صبح بللحمر	خيبر الجنوب	آل تاجر	تتومة	بني ثور	بللسمر	النماص	السودة	أل عامر	ابها
1971	25.5	8.0	19.0	42.1	26.2	33.5	56.5	35.5	45.2	33.0
1972	18.1	23.5	26.0	53.7	5.2	36.0	60.8	28.0	32.9	130.9
1973	20.1	12.3	4.8	21.2	5.6	23.5	84.0	43.6	12.6	39.5
1974	28.0	15.0	22.0	10.9	20.0	21.0	129.6	35.5	34.5	63.0
1975	21.5	26.0	22.5	47.0	32.5	50.2	66.0	40.1	30.0	39.2
1976	47.8	12.0	18.5	5.2	21.3	27.5	74.4	36.5	35.2	43.4
1977	36.0	12.5	0.5	24.5	0.4	29.0	62.2	55.3	48.0	53.6
1978	43.5	3.3	8.8	35.0	16.5	31.2	45.0	24.4	29.0	25.6
1979	13.6	31.1	22.0	27.5	25.1	45.0	30.5	48.5	55.0	34.8
1980	14.0	42.7	5.0	62.0	24.0	50.2	46.7	37.5	26.0	52.4
1981	12.8	18.2	36.5	38.8	34.4	14.0	26.8	35.0	24.0	53.8
1982	47.0	38.3	5.0	99.3	8.5	70.0	194.6	99.0	53.0	139.4
1983	41.3	49.5	38.0	28.0	13.4	55.0	52.6	99.1	99.0	149.6
1984	5.3	25.7	3.6	20.7	8.6	20.5	85.2	0.6	30.2	38.8
1985	30.2	25.5	27.1	100.5	42.6	50.0	120.4	41.9	30.2	57.2
1986	29.3	16.0	17.0	33.5	22.3	26.2	28.4	49.0	40.0	51.2
1987	51.0	17.0	21.0	51.0	9.5	40.3	43.6	54.3	19.0	38.6
1988	60.0	24.0	30.0	46.2	21.7	49.0	46.4	16.3	32.3	42.0
1989	64.0	24.0	28.5	51.0	18.5	48.0	79.4	63.4	45.2	32.6
1990	58.0	54.0	48.5	114.0	47.5	65.2	107.6	84.0	52.0	81.4
1991	50.0	24.2	10.5	90.0	29.5	40.0	25.6	38.4	23.2	31.4
1992	34.5	9.0	18.5	50.0	25.3	57.0	58.2	25.0	30.2	58.2
1993	56.0	8.0	26.5	50.0	36.4	66.0	45.2	30.0	16.0	27.8
1994	34.0	16.9	22.8	35.5	9.5	35.0	34.1	49.0	23.2	58.2
1995	38.5	41.0	45.0	75.0	10.4	51.0	72.0	31.2	35.0	22.0
1996	68.3	15.0	28.5	71.0	45.8	91.0	68.2	44.4	31.5	38.8
1997	28.0	24.0	51.0	85.0	42.2	43.0	81.2	36.0	38.1	62.0
1998	26.5	90.3	35.0	110.0	37.6	210.0	192.4	198.6	240.5	248.6
1999	32.5	11.6	27.5	130.0	9.0	27.0	46.8	78.5	50.0	40.0
2000	33.2	11.0	13.0	83.0	32.6	17.0	79.7	56.0	28.0	68.0
2001	29.0	21.0	51.5	139.0	32.5	53.0	0.2	52.0	16.0	29.6
2002	51.0	9.0	11.2	115.0	16.0	44.0	110.4	33.0	27.0	54.6
2003	9.0	5.5	20.5	34.0	16.6	12.0	18.3	22.7	16.2	24.2
2004	26.5	4.0	37.5	42.0	16.0	34.5	60.9	62.0	6.0	60.1
2005	47.3	32.0	21.5	44.0	20.0	41.0	55.3	83.0	31.2	19.5
2006	47.0	2.0	32.2	103.0	36.8	61.0	54.0	80.3	30.0	77.9
2007	24.5	13.0	27.5	25.0	21.0	33.5	52.0	34.0	22.0	33.0
2008	33.0	1.5	33.0	20.0	0.0	58.0	48.0	37.5	36.0	25.0
2009	25.0	17.5	29.4	30.0	15.0	5.5	55.0	40.0	27.0	40.0
2010	44.0	41.0	32.5	27.0	48.0	28.0	53.5	49.5	43.0	40.0
2011	15.0	28.0	16.0	51.0	18.0	58.0	50.0	118.0	33.0	53.0
2012	102.0	50.0	37.0	92.0	25.0	40.0	54.0	47.0	32.0	23.0
2013	51.0	51.0	58.0	35.0	6.0	79.0	55.0	40.0	43.0	49.0
2014	79.5	6.0	22.0	102.0	10.0	48.0	40.0	47.8	44.0	30.0





المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

47.0	20.0	35.0	15.0	94.0	10.0	38.0	10.0	38.0	46.0	2015
68.0	55.0	111.0	60.0	102.0	10.0	84.0	55.0	22.0	52.0	2016
165.0	40.0	158.0	55.0	26.0	15.0	40.0	52.0	11.2	51.0	2017
57.3	38.5	54.6	63.4	47.7	21.2	57.7	26.2	23.0	38.3	Aver
42.7	33.2	35.7	37.4	31.7	12.6	33.6	14.3	17.0	19.0	SD
0.75	0.86	0.65	0.59	0.66	0.59	0.58	0.55	0.74	0.50	CV

### 2-3- التحليل التكراري للأمطار اليومية القصوى

يعتمد التحليل التكراري على تطبيق ثلاث خطوات منهجية هي :

- 1- حساب معدل الأمطار اليومية القصوى في كل محطة.
- 2- حساب الانحراف المعياري للأمطار اليومية القصوى في كل محطة.
- 3- ترتيب الأمطار ترتيباً تنازلياً بكل محطة لحساب :

### (1) فترة الرجوع "T"

تحتسب فترة الرجوع بتطبيق المعادلة التالية : (Viessman, 1997)

$$T = \frac{n+1}{m}$$

بحيث يمثل :

T : فترة الرجوع ضمن السلسلة الزمنية المدروسة.

n : عدد السنوات خلال فترة التسجيل.

m : رتبة كمية الأمطار ضمن السلسلة الزمنية المدروسة.

### (2) احتمالية التجاوز "p"

تحتسب احتمالية التجاوز بتطبيق المعادلة الآتية : (Muterja, 1986)

$$P = \frac{1}{T} = \frac{m}{n+1}$$

### (3) احتمالية هطول الأمطار

تحتسب احتمالية هطول الأمطار بتطبيق المعادلة الآتية : (Chow et al. , 1988)

$$q = 1 - (1 - p)^N$$

بحيث يمثل :

q : احتمالية حدوث الأمطار مستقبلاً خلال فترة N من السنوات.

p : احتمالية التجاوز لأمطار الفترة المسجلة.



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

N : عدد سنوات التقدير المستقبلي لحدوث الأمطار.

**(4) فحص مطابقة التوزيع الاحتمالي لبيانات الأمطار**

يعتمد فحص حسن مطابقة توزيع الأمطار للتوزيع الاحتمالي على ما يلي :

- 1- تحديد فئات الأمطار اليومية القصوى بكل محطة.
- 2- حساب التكرارات النسبية لفئات الأمطار المذكورة على مستوى كل محطة.
- 3- تطبيق طريقة مربع كاي  $X^2$  لمعايرة حسن المطابقة Goodness of Fit للتوزيع الاحتمالي المعتدل "الطبيعي" وللتوزيع الاحتمالي للقيمة القصوى - نوع 1- لتحديد التوزيع الأكثر توافقاً مع بيانات الامطار للفترة المدروسة بكل محطة بواسطة المعادلة الآتية :

$$X_c^2 = \frac{n [(fs(xi) - p(xi))]^2}{p(xi)}$$

بحيث يمثل :

$X_c^2$  : قيمة مربع كاي المحسوبة.

n : عدد سنوات فترة التسجيل.

fs (xi) : التكرار النسبي لفئة الأمطار وهو يساوي :

$$fs(Xi) = \frac{ni}{\sum ni}$$

بحيث يمثل :

$n_i$  : عدد القيم لأمطار الفئة .

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

p(xi) : الفرق بين قيم الاحتمالية التراكمية (التجميعية)  $F(xi)$  المحسوبة من فرق القيمة بين الدالة المحسوبة  $Z_c$  و  $Z_t$  قيمة الدالة التجميعية المعيارية المستخرجة من جدول خاص بقيم التوزيع. ويمثل (الجدول 3) معادلات الدوال التجميعية لنماذج التوزيعات الاحتمالية المدروسة.



### 3-3- تقدير كمية الأمطار اليومية القصوى المناسبة لفترات الرجوع

بعد تحديد التوزيع الاحتمالي الأكثر ملاءمة لتوزيع الأمطار اليومية القصوى بكل محطة تم تقدير كمية الأمطار اليومية القصوى المناسبة لفترات الرجوع الممتدة من 5 إلى 100 سنة بتطبيق نموذج Chow الذي يعتمد على المعادلة التالية: (Chow, 1988).

$$P_T (\text{mm}) = P_{\text{ave}} (\text{mm}) + [S_d (\text{mm}) * K_T]$$

بحيث يمثل  $P_T (\text{mm})$  كمية الأمطار المناسبة لفترة الرجوع و  $P_{\text{ave}}(\text{mm})$  متوسط كمية الأمطار لفترة الدراسة و  $S_d (\text{mm})$  الانحراف المعياري لكمية الأمطار اليومية القصوى لفترة الدراسة و  $K_T$  معامل التكرار وهو يساوي: (الجدول 4)

الجدول 3: الدوال الاحتمالية التراكمية (التجميعية) للتوزيعات الاحتمالية المدروسة

المرجع	المعالم الاحصائية	دالة الاحتمالية التراكمية (التجميعية)	التوزيع الاحتمالي
Glover and Robinsons, 1954	X : قيمة المتغير μ : المتوسط σ : الانحراف المعياري	$Z_c = \frac{X-\mu}{\sigma}$	Normal Distribution التوزيع الطبيعي
	X : قيمة المتغير اللوغاريتمية μ : قيمة المتوسط اللوغاريتمية σ : قيمة الانحراف المعياري اللوغاريتمية	$Z_c = \frac{X-\mu}{\sigma}$	Log Normal Distribution التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي
Pinheiro and Ferrari, 2015	X : قيمة المتغير $u = X - 0.5772 \alpha$ $\alpha = 0.7797$	$F(x) = \exp \left[ -\exp -\frac{X-u}{\alpha} \right]$	Extreme Value (type 1) توزيع القيم القصوى (نوع 1)
HELM, 2008	X : قيمة المتغير a : المتوسط	$F(x) = 1 - \exp \left[ -\frac{X}{a} \right]$	Exponential Distribution التوزيع الأسي



## 5- تحليل النتائج والمناقشة

### 1-5- الفحص الاحصائي للبيانات المطرية

أفحص بيانات الأمطار اليومية القصوى بالمحطات المدروسة تم ترتيب كميات الأمطار ترتيباً تصاعدياً وتقسيمها إلى فئات للحصول على درجة حرية تساوي: (الجدول 5 والأشكال من

الجدول 4: نماذج حساب معامل التكرار للتوزيعات الاحتمالية المدروسة

المرجع	المعالم الاحصائية	معادلة معامل التكرار	التوزيع الاحتمالي
Barkotulla et al., 2011	W : الوسيط Z : قيمة المتغير المعياري الطبيعي p : احتمالية التجاوز	$K_T = Z = W - \frac{2.516 + 0.803 W + 0.01033W^2}{1 + 1.433W + 0.189W^2 + 0.00131W^3}$ $W = \left[ \ln\left(\frac{1}{(1-P)^2}\right) \right]^{0.5} \text{ if } P > 0.5$ $W = \left[ \ln\left(\frac{1}{P^2}\right) \right]^{0.5} \text{ if } 0 < P < 0.5$	Normal Distribution التوزيع الطبيعي
HUT, 2010	lnX : اللوغاريتمي الطبيعي لأعلى قيمة a , b : ثوابت C <sub>vx</sub> : معامل الاختلاف	$Z = \frac{\ln X - a}{b}$ $a = \ln X' - \frac{\ln(1 + C_{vx}^2)}{2}$ $b = \sqrt{\ln(1 + C_{vx}^2)}$	Log Normal Distribution التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي
Elizabeth et al., 2011	T : فترة الرجوع (سنة)	$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[ 0.5772 + \ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right) \right]$	Extreme Value (type 1) توزيع القيم القصوى (نوع 1)
Guo, 2006	Tr : فترة الرجوع (سنة)	$Z_{eTr} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} (\ln Tr - 0.5772)$	Exponential Distribution التوزيع الأسي

2 إلى 11)

$$v = n - m - 1$$

وفيها n عدد الفئات m عدد المعلمات الاحصائية (المتوسط والانحراف المعياري) المستخدمة في حساب التكرار المتوقع.

ويتضح من بيانات الجدول 5 أن هناك تباين واضح في توزيع كميات الأمطار اليومية القصوى بين المحطات المدروسة، بحيث تبلغ نسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات من 20 إلى 60 ملم 74.4% من إجمالي تكرار الأمطار اليومية القصوى بمحطة صبح بلحمر ونسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات الأقل من 30 ملم 74.5% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطتي



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

الجدول 5 : فئات الأمطار اليومية القصوى بالمحطات المدروسة

فئات الأمطار						المتغير	المحطة
6	5	4	3	2	1		
-----	80 +	80-60	60-40	40-20	20-0	المدى (ملم)	صبح بللحمر
-----	1	4	16	19	7	التكرار	
-----	2.1	8.5	34.0	40.4	14.9	%	
50+	50-40	40-30	30-20	20-10	10-0	المدى (ملم)	خيبر الجنوب
3	5	4	11	14	10	التكرار	
6.4	10.6	8.5	23.4	29.8	21.3	%	
50+	50-40	40-30	30-20	20-10	10-0	المدى (ملم)	آل تاجر
5	2	8	17	8	7	التكرار	
10.6	4.3	17.0	36.2	17.0	14.9	%	
100+	100-80	80-60	60-40	40-20	20-0	المدى (ملم)	تنومة
8	6	3	11	16	3	التكرار	
17.0	12.8	6.4	23.4	34.0	6.4	%	
-----	40+	40-30	30-20	20-10	10-0	المدى (ملم)	بني ثور
-----	5	7	10	12	13	التكرار	
-----	10.6	14.9	21.3	25.5	27.7	%	
-----	80+	80-60	60-40	40-20	20-0	المدى (ملم)	بللسمر
-----	4	5	17	17	4	التكرار	
-----	8.5	10.6	36.2	36.2	8.5	%	
125 +	125-100	100-75	75-50	50-25	25-0	المدى (ملم)	النماص
3	3	5	19	14	3	التكرار	
6.4	6.4	10.6	40.4	29.8	6.4	%	
125 +	125-100	100-75	75-50	50-25	25-0	المدى (ملم)	السودة
2	2	6	6	26	5	التكرار	
4.3	4.3	12.8	12.8	55.3	10.6	%	
-----	60 +	60-45	45-30	30-15	15-0	المدى (ملم)	آل عامر
-----	2	8	19	16	2	التكرار	
-----	4.3	17.0	40.4	34.0	4.3	%	
-----	350-300	300-250	250-200	200-150	150 من	المدى (ملم)	أبها
-----	100 +	100-75	75-50	50-25	25-0	التكرار	
-----	10.6	4.3	29.8	44.7	10.6	%	



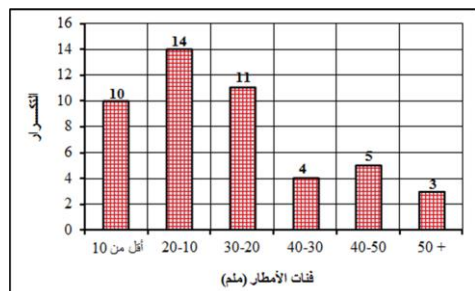
المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

خيبر الجنوب وبنى ثور ونسبة التكرار التراكمي لأمطار الفئات التي تتراوح بين 10 و 40 ملم 70.2% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة آل تاجر ونسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات التي تتراوح بين 25 و 75 ملم 70.2% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة النماص ونسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات التي تتراوح بين 25 و 100 ملم 80.9% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة السودة ونسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات التي تتراوح بين 15 و 45 ملم 74.4% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة آل عامر ونسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات التي تتراوح بين 150 و 250 ملم 74.5% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة أبها ونسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات التي تتراوح بين 20 و 40 ملم 57.4% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة تنومة ونسبة التكرار التراكمي للأمطار الفئات التي تتراوح بين 20 و 60 ملم 72.4% من إجمالي تكرار كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة بللسمر.

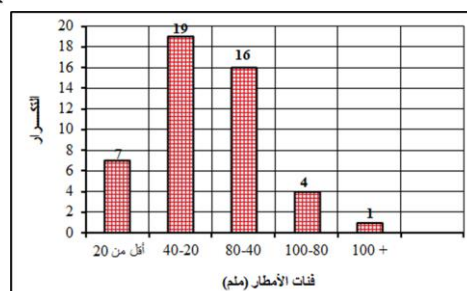
ومن جهة أخرى أظهرت نتائج اختبار Shapiro-Wilk لفحص تطابق توزيع الأمطار اليومية القصوى مع التوزيع الطبيعي أن مستوى الدلالة  $\text{Sig.} > 0.05$  بجميع الفئات بمحطات أبها وتنومة وخيبر الجنوب وصيح بللمر والسودة وأبها ما عدا الفئة الأولى (0-10 ملم) بمحطة بنى ثور والفئة الرابعة (30-40 ملم) بمحطة آل تاجر والفئة الثالثة (30-45 ملم) بمحطة آل عامر والفئتين الثانية (25-50 ملم) والثالثة (50-75 ملم) بمحطة النماص والفئة الخامسة (أكبر من 80 ملم) بمحطة بللسمر.



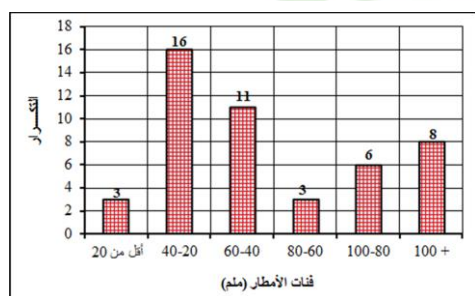
المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences



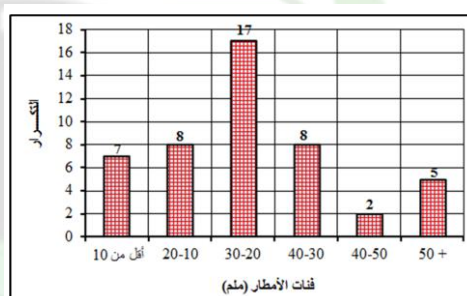
الشكل 3 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
خيبر الجنوب



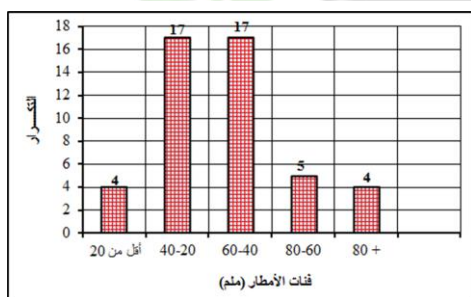
الشكل 2 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
صيح باللحمر



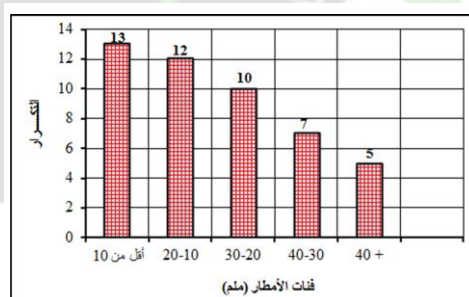
الشكل 5 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
تنومة



الشكل 4 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
آل تاجر



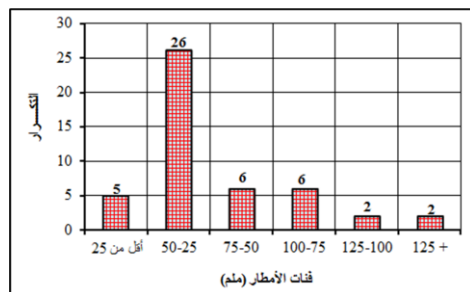
الشكل 7 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
بللسمر



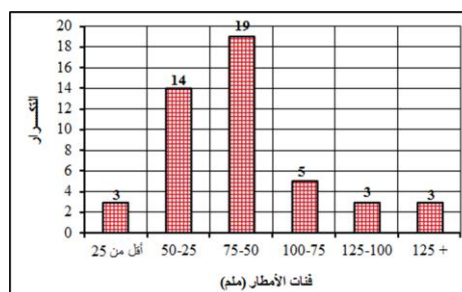
الشكل 6 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
بني ثور



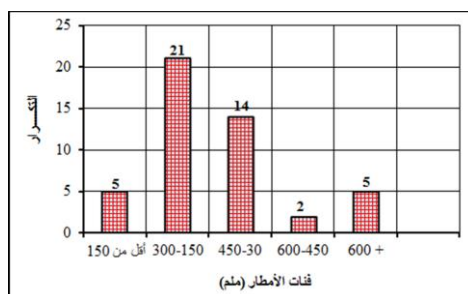
المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences



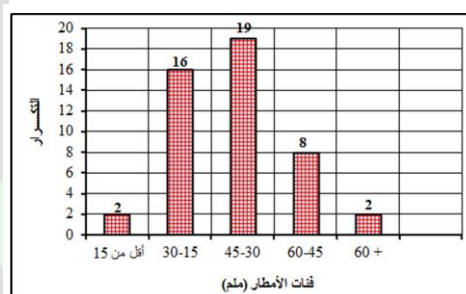
الشكل 9 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
السودا



الشكل 8 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
النماص



الشكل 11 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
أبها



الشكل 10 : فئات الأمطار السنوية بمحطة  
آل عامر

وقد أكد اختبار Levene لفحص تجانس تباين توزيع الأمطار اليومية القصوى أن مستوى الدلالة Sig. < 0.05 بجميع المحطات باستثناء محطتي صبح بللحمر وآل تاجر وهو يدل على تباين كميات الأمطار وعدم تجانسها بجميع المحطات. كما أن نتائج اختبار فحص التباين الأحادي ANOVA أظهرت أن مستوى الدلالة Sig. < 0.05 بجميع المحطات المدروسة وهو يعزز نتائج الاختبارين السابقين. وتدل هذه النتائج على طبيعة تذبذب توزيع الأمطار اليومية القصوى وعدم انتظام تساقطها بمنطقة عسير.

## 5-2- فحص حسن مطابقة توزيع البيانات المطرية للتوزيع الاحتمالي

يتبين من نتائج فحص مربع كاي لحسن مطابقة أن توزيع الأمطار اليومية القصوى يتناسب مع التوزيع الاحتمالي الآسي بمحطات آل تاجر وتنومة والنماص عند مستوى الدلالة الأقل من 0.000 ودرجة الحرية 3 وبمحطات صبح بللحمر وآل عامر وأبها وبللسمر عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 2. كما يتبع توزيع الأمطار بمحطة خيبر الجنوب توزيع القيم القصوى (نوع 1) عند مستوى الدلالة 0.002 ودرجة الحرية 3 ، في حين يتبع توزيع أمطار محطة بني ثور التوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 2 بينما





المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

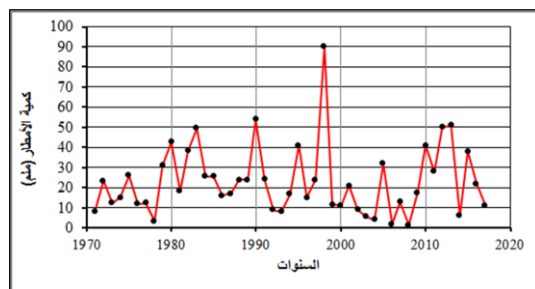
يتبع توزيع أمطار محطة السودة التوزيع الاحتمالي الطبيعي عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 3 (الجدول 6 والأشكال من 12 إلى 21).

الجدول 4 : نتائج فحص حسن مطابقة التوزيعات الاحتمالية  
بالمحطات المدروسة عند درجة الحرية 3

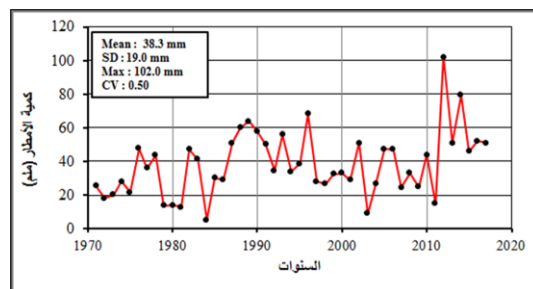
نوع التوزيع	Expon	EV1	Log ND	ND	المتغير	المحطة
Expon.	25.567	6.397	2.450	0.747	مربع كاي	صبح بللحم
	<b>0.000</b>	<b>0.020</b>	<b>0.200</b>	<b>0.500</b>	<b>Sig.</b>	
Log ND	7.979	7.486	3.480	4.301	مربع كاي	خبير الجنوب
	<b>0.020</b>	<b>0.050</b>	<b>0.300</b>	<b>0.200</b>	<b>Sig.</b>	
Log ND	27.365	10.902	23.682	11.489	مربع كاي	أل تاجر
	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>Sig.</b>	
Expon.	21.298	12.419	11.434	18.247	مربع كاي	تنومة
	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>Sig.</b>	
Expon.	7.380	4.452	18.981	6.723	مربع كاي	بني ثور
	<b>0.020</b>	<b>0.100</b>	<b>0.000</b>	<b>0.020</b>	<b>Sig.</b>	
Expon.	29.716	8.159	3.143	13.362	مربع كاي	بللسمر
	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>	<b>0.200</b>	<b>0.001</b>	<b>Sig.</b>	
Expon.	32.490	10.496	3.862	16.107	مربع كاي	النماص
	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>	<b>0.200</b>	<b>0.001</b>	<b>Sig.</b>	
Expon.	31.122	13.298	6.072	26.073	مربع كاي	السودة
	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.100</b>	<b>0.000</b>	<b>Sig.</b>	
Expon.	43.969	18.843	20.400	40.216	مربع كاي	آل عامر
	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>Sig.</b>	
Expon.	27.352	9.792	5.633	23.115	مربع كاي	أبها
	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.050</b>	<b>0.000</b>	<b>Sig.</b>	



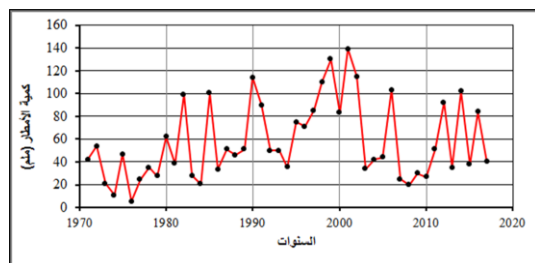
المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences



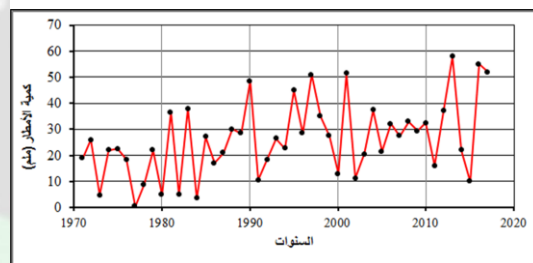
الشكل 13 : التغيرات السنوية لأمطار محطة خيبر الجنوب



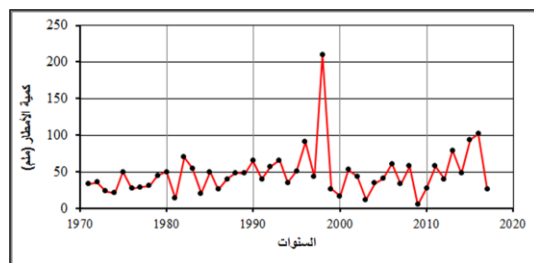
الشكل 12 : التغيرات السنوية لأمطار محطة صباح بالبحر



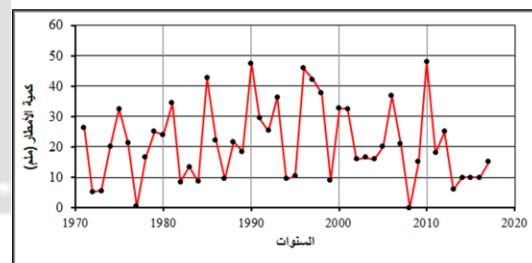
الشكل 15 : التغيرات السنوية لأمطار محطة تنومة



الشكل 14 : التغيرات السنوية لأمطار محطة آل تاجر



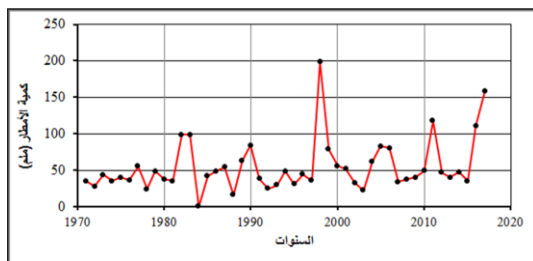
الشكل 17 : التغيرات السنوية لأمطار محطة بلسمر



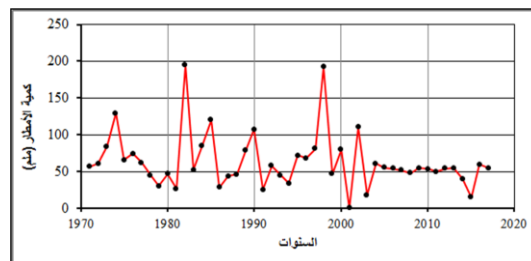
الشكل 16 : التغيرات السنوية لأمطار محطة بني ثور



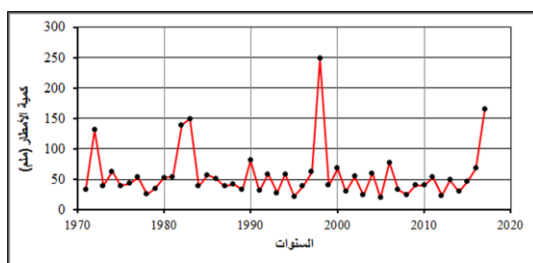
المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences



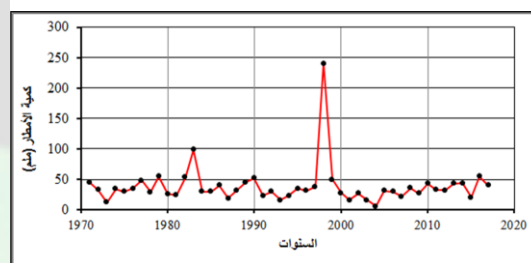
الشكل 19 : التغيرات السنوية لأمطار محطة السودة



الشكل 18 : التغيرات السنوية لأمطار محطة النماص



الشكل 21 : التغيرات السنوية لأمطار محطة أبها



الشكل 20 : التغيرات السنوية لأمطار محطة آل عامر



## 5-2- احتمالية التجاوز واحتمالية هطول الأمطار

يتباين توزيع كميات الأمطار اليومية القصوى وتباين احتمالية تجاوزها واحتمالية هطولها من محطة لأخرى ، بحيث نجد أن كميات الأمطار اليومية القصوى تتناقص مع زيادة هاتين الاحتماليتين (الجدول 5 والأشكال من 21 إلى 30).

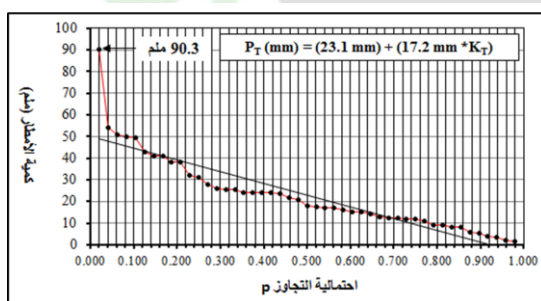
وعليه نجد أن كميات الأمطار اليومية القصوى التي تتسم باحتمالية تجاوز لا تتعدى 10% تتراوح بين 42.6 ملم بمحطة بني ثور و 248.6 ملم بمحطة أبها وهي تتسم أيضاً باحتمالية هطول تصل إلى 42.3% خلال 5 سنوات و 66.7% خلال 10 سنوات و 93.6% خلال 25 سنة و 99.6% خلال 50 سنة و 100% خلال 100 سنة. وتتراوح كميات الأمطار اليومية القصوى التي تتسم باحتمالية تجاوز 25% بين 32.0 ملم بمحطة خيبر الجنوب و 103.0 ملم بمحطة تنومة ولها احتمالية هطول تبلغ 76.3% خلال 5 سنوات و 94.4% خلال 10 سنوات و 99.9% إلى 100% خلال فترات الرجوع من 25 إلى 100 سنة. كما تتراوح كميات الأمطار اليومية القصوى التي تتسم باحتمالية تجاوز 50% بين 21.0 ملم بمحطتي خيبر الجنوب وبني ثور و 84.0 ملم بمحطة تنومة ولها احتمالية هطول تبلغ 96.9% خلال 5 سنوات و 99.9% إلى 100% خلال فترات الرجوع من 10 إلى 100 سنة. أما بالنسبة لكميات الأمطار اليومية القصوى التي تتسم باحتمالية تقل عن 50% فهي تتراوح بين 2.0 ملم بمحطة خيبر الجنوب و 54.0 ملم بمحطة النماص ولها احتمالية هطول تبلغ 100% خلال فترات الرجوع من 5 إلى 100 سنة.



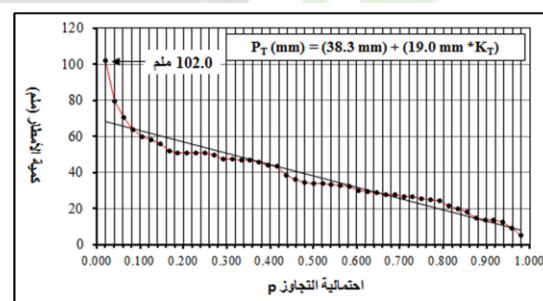
المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

الجدول 5 : احتمالية التجاوز واحتمالية الهطول وكميات الأمطار المناسبة لها بالمحطات المدروسة

احتمالية التجاوز p					فترة الرجوع (سنة)	احتمالية هطول الأمطار
1.00	0.75	0.50	0.25	0.10		
1.000	0.999	0.969	0.763	0.423	5 y	q
1.000	1.000	0.999	0.944	0.667	10 y	
1.000	1.000	1.000	0.999	0.936	25 y	
1.000	1.000	1.000	1.000	0.996	50 y	
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100 y	
5.3	25.5	34.5	51.0	60.0		صبح بللحمر
1.5	12.0	18.2	31.1	49.5		خيبر الجنوب
0.5	18.5	26.5	35.0	51.0		آل تاجر
5.2	33.5	47.0	85.0	110.0		تنومة
0.0	10.0	20.0	32.5	42.2		بني ثور
5.5	28.0	38.1	57.0	79.0		بللسمر
0.2	45.0	55.0	74.4	107.6		النماص
0.6	35.0	43.6	62.0	99.1		السودة
6.0	26.0	32.0	43.0	53.0		آل عامر
19.5	33.0	43.4	60.1	130.9		ابها



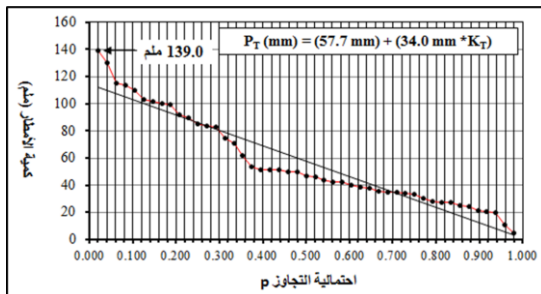
الشكل 22 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز بمحطة خيبر الجنوب



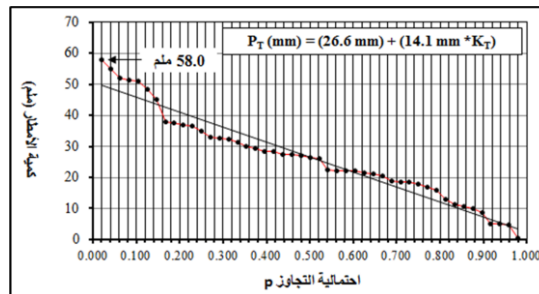
الشكل 21 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز بمحطة صبح بللحمر



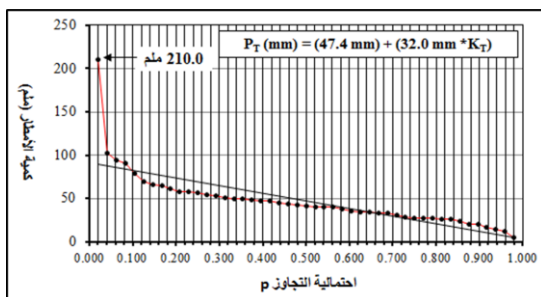
المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences



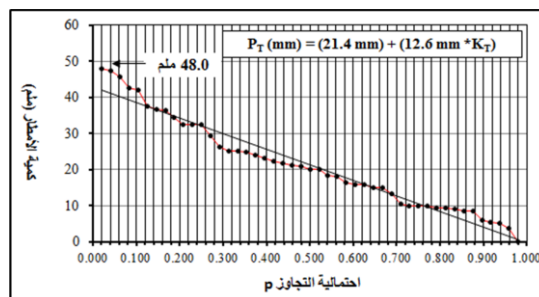
الشكل 24 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز  
بمحطة تنومة



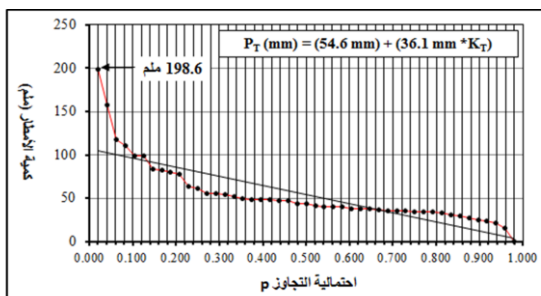
الشكل 23 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز  
بمحطة آل تاجر



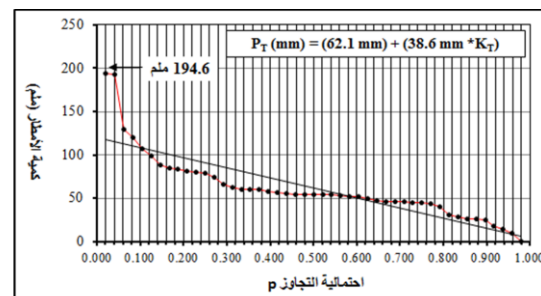
الشكل 26 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز  
بمحطة بالمسر



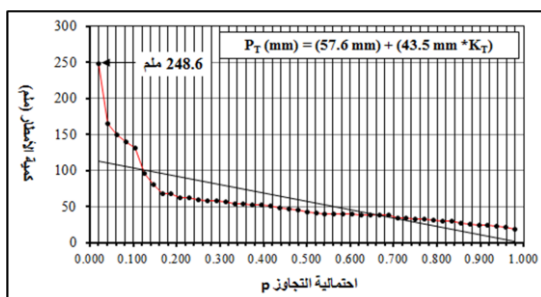
الشكل 25 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز  
بمحطة بني ثور



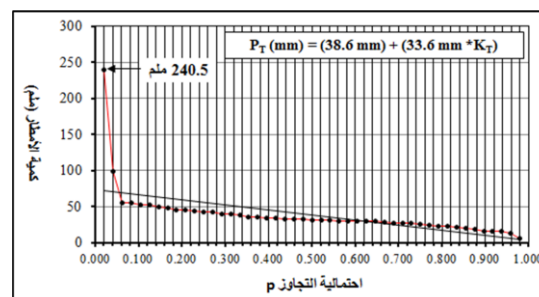
الشكل 28 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز  
بمحطة السودة



الشكل 27 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز  
بمحطة النماص



الشكل 30 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز بمحطة أبها



الشكل 29 : توزيع الأمطار السنوية واحتمالية التجاوز بمحطة آل عامر

## 6- تحليل تباينات تقدير الأمطار

تتأثر تقديرات كميات الأمطار اليومية القصوى بثلاثة عوامل أساسية هي التباينات المكانية لتوزيع لمتوسطات كميات الأمطار اليومية القصوى للفترة المدروسة ولتوزيع انحرافات المعيارية وتباين نوع التوزيع الاحتمالي المناسب لتوزيع الأمطار اليومية القصوى الذي تم تحديده بواسطة فحص مربع كاي لكل محطة. وعليه تتباين كميات الأمطار اليومية القصوى المناسبة للتوزيع الاحتمالي بكل محطة ولفترات الرجوع الممتدة من 5 سنوات إلى 100 سنة من محطة لأخرى بحيث تنفرد محطة بني ثور بأدنى كميات الأمطار اليومية القصوى في حين تنفرد محطة أبها بأقصى كميات الأمطار اليومية القصوى (الجدول 13).



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

الجدول 13 : تقدير كميات الأمطار اليومية القصوى بالمحطات المدروسة

$K_{T100}$	$K_{T50}$	$K_{T25}$	$K_{T10}$	$K_{T5}$	$S_d$	$P_{ave}$	المحطة
3.213	2.660	2.107	1.376	0.823	19.0	38.3	صبح بلحمر
<b>99.3</b>	<b>88.8</b>	<b>78.3</b>	<b>64.4</b>	<b>53.9</b>			
3.137	2.592	2.044	1.305	0.719	17.0	23.0	خبير الجنوب
<b>76.3</b>	<b>67.1</b>	<b>57.7</b>	<b>45.2</b>	<b>35.2</b>			
3.213	2.660	2.107	1.376	0.823	14.3	26.2	أل تاجر
<b>72.1</b>	<b>64.2</b>	<b>56.3</b>	<b>45.9</b>	<b>38.0</b>			
3.213	2.660	2.107	1.376	0.823	33.6	57.7	تنومة
<b>165.7</b>	<b>147.1</b>	<b>128.5</b>	<b>103.9</b>	<b>85.4</b>			
2.327	2.054	1.751	1.281	0.841	12.6	21.2	بني ثور
<b>50.5</b>	<b>47.1</b>	<b>43.3</b>	<b>37.3</b>	<b>31.8</b>			
3.213	2.660	2.107	1.376	0.823	31.7	47.7	بللسمر
<b>149.6</b>	<b>132.0</b>	<b>114.5</b>	<b>91.3</b>	<b>73.8</b>			
3.213	2.660	2.107	1.376	0.823	37.4	63.4	النماص
<b>183.6</b>	<b>162.9</b>	<b>142.2</b>	<b>114.9</b>	<b>94.2</b>			
2.327	2.054	1.751	1.281	0.841	35.7	54.6	السودة
<b>137.7</b>	<b>127.9</b>	<b>117.1</b>	<b>100.3</b>	<b>84.6</b>			
3.213	2.660	2.107	1.376	0.823	33.2	38.3	ال عامر
<b>145.0</b>	<b>126.6</b>	<b>108.3</b>	<b>84.0</b>	<b>65.6</b>			
3.213	2.660	2.107	1.376	0.823	42.7	57.3	أبها
<b>194.5</b>	<b>170.9</b>	<b>147.3</b>	<b>116.1</b>	<b>92.4</b>			

ومن خلال بيانات هذا الجدول يتوقع أن تتساقط كميات من الأمطار في سنة واحدة تصل أداها بما يعادل 31.8 ملم و 37.3 ملم و 43.3 ملم و 47.1 ملم و 50.5 ملم خلال فترات 5 و 10 و 25 و 50 و 100 سنة بمحطة بني ثور وأقصاها بما يعادل 92.4 ملم خلال فترة 5 سنوات و 116.1 ملم خلال 10 سنوات و 147.3 ملم خلال 25 سنة و 170.9 ملم خلال 50 سنة و 194.5 ملم خلال 100 سنة بمحطة أبها.

ويمكننا استخدام متغير نموذج غوس Gauss variate للتعرف على فترة الرجوع المناسبة لأعلى كميات الأمطار اليومية القصوى الفعلية بتطبيق المعادلة التالية : (Dubreuil,1974)  
بحيث يمثل  $T$  فترة الرجوع (سنة) و  $F(P_i)$  احتمالية الحدوث المناسبة لفترة الرجوع وهي تحسب بواسطة المعادلة التالية :





المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

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

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

بحيث يمثل  $u$  متغير غوس المخفف Gauss variate وهو يحسب بواسطة المعادلة التالية :

$$u = \frac{P_i - P'}{\sigma P_i}$$

بحيث يمثل  $P_i$  كمية الأمطار المسجلة المراد حساب فترة رجوعها و  $P'$  المتوسط السنوي للأمطار الفترة المدروسة و  $\sigma P_i$  الانحراف المعياري لكميات الأمطار المسجلة.

الجدول 12 : فترة الرجوع لأقصى كميات الأمطار اليومية القصوى بالمحطات المدروسة

فترة الرجوع (سنة)	احتمالية الحدوث	المتغير المخفف	الأقصى (مم)	الانحراف المعساري (مم)	المتوسط (مم)	المحطة
T	F(P <sub>i</sub> )	U <sub>p</sub>	Max	S <sub>d</sub>	X'	
29	0.965	3.3	102.0	19.1	38.2	ص باللحمر
50	0.980	3.9	90.3	17.2	23.1	خيبر الجنوب
10	0.897	2.2	58.0	14.1	26.6	أل تاجر
11	0.913	2.4	139.0	34.0	57.7	تنومة
9	0.885	2.1	48.0	12.6	21.4	بني ثور
161	0.994	5.1	210.0	32.0	47.4	بللسمر
31	0.968	3.4	194.6	38.6	62.1	النماص
55	0.982	4.0	198.6	36.1	54.6	السودة
408	0.998	6.0	240.5	33.6	38.5	أل عامر
81	0.988	4.4	248.6	43.5	57.6	ابها

ويتضح من بيانات الجدول أن فترات الرجوع لكميات الأمطار الفعلية تتراوح بين 9 سنوات باحتمالية 88.5% بمحطة بني ثور و 408 سنة باحتمالية هطول تصل إلى 99.8% بمحطة أل عامر.



### الخلاصة

أظهرت دراسة السلسلة الزمنية لبيانات الأمطار اليومية القصوى المسجلة خلال الفترة 1971-2017 (47 سنة) بالمحطات المدروسة خصائص التوزيع التكراري لهذه الأمطار بمنطقة عسير. فلقد تبين أن هناك تباين واضح في نظام التوزيع المكاني والزمني للأمطار السنوية، بحيث يتشكل نظام تساقط الأمطار بالأساس من كميات تتراوح بين 20 و 60 ملم بمحطتي صبح بللحمر و بللسمر وبين 10 و 40 ملم بمحطة آل تاجر و من كميات تتراوح بين 20 و 40 ملم بمحطة نتومة زمن كميات تتراوح بين 25 و 75 ملم بمحطة النماص ومن كميات تتراوح بين 25 و 100 ملم بمحطة السودة ومن كميات تتراوح بين 15 و 45 ملم بمحطة آل عامر ومن كميات تتراوح بين 150 و 250 ملم بمحطة أبها ومن كميات تقل عن 30 ملم بمحطتي خيبر الجنوب وبني ثور.

ومن جهة أخرى أظهرت نتائج اختبار Shapiro-Wilk لفحص تطابق توزيع الأمطار اليومية القصوى مع التوزيع الطبيعي أن مستوى الدلالة  $\text{Sig.} > 0.05$  بجميع الفئات في جميع المحطات باستثناء الفئة الرابعة بمحطة آل تاجر (30-40 ملم) والثالثة (30-45 ملم) بمحطة آل عامر والفئة الثانية (25-30 ملم) بمحطة السودة والفئتين الثانية (25-50 ملم) والثالثة (50-75 ملم) بمحطة النماص والفئة الأولى (أقل من 10 ملم) بمحطة بني ثور والفئتين الأولى (أقل من 20 ملم) والثالثة (40-60 ملم) بمحطة بللسمر.

وقد أكد اختبار Levene لفحص تجانس تباين توزيع الأمطار اليومية القصوى أن مستوى الدلالة  $\text{Sig.} < 0.05$  بجميع المحطات باستثناء محطتي صبح بللحمر وآل تاجر وهو يدل على تباين كميات الأمطار وعدم تجانسها بجميع المحطات. كما أن نتائج اختبار فحص التباين الأحادي ANOVA أظهرت أن مستوى الدلالة  $\text{Sig.} < 0.05$  بجميع المحطات المدروسة وهو يعزز نتائج الاختبارين السابقين. وتدلل هذه النتائج على طبيعة تذبذب توزيع الأمطار اليومية القصوى وعدم انتظام تساقطها في اليوم الواحد بمنطقة عسير.



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

ومن جهة أخرى أظهر فحص مربع كاي لحسن مطابقة أن توزيع الأمطار اليومية القصوى يتناسب مع التوزيع الاحتمالي الأسي بمحطات آل تاجر وتنومة والنماص عند مستوى الدلالة الأقل من 0.000 ودرجة الحرية 3 وبمحطات صبح بللحم وآل عامر وأبها وبللسمر عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 2. كما يتبع توزيع الأمطار بمحطة خيبر الجنوب توزيع القيم القصوى (نوع 1) عند مستوى الدلالة 0.002 ودرجة الحرية 3 ، في حين يتبع توزيع أمطار محطة بني ثور التوزيع الاحتمالي اللوغاريتمي الطبيعي عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 2 بينما يتبع توزيع أمطار محطة السودة التوزيع الاحتمالي الطبيعي عند مستوى الدلالة 0.000 ودرجة الحرية 3.

ولقد تميزت محطة أبها بأعلى كميات الأمطار اليومية القصوى بما يعادل 92.4 ملم خلال فترة الرجوع 5 سنوات و 194.5 ملم خلال فترة الرجوع 100 سنة وتميزت محطة بني ثور بأدنى كميات الأمطار اليومية القصوى بما يعادل 31.8 ملم خلال فترة الرجوع 5 سنوات و 50.5 ملم خلال فترة الرجوع 100 سنة.

وأوضح تقدير فترات الرجوع لأعلى كميات من الأمطار اليومية القصوى الفعلية أن هذه الأخيرة هي أكثر تردداً بمحطات آل تاجر وتنومة وبني ثور في حين تبلغ فترات تكرارها 29 و 31 و 50 سنة بمحطات صبح بللحم والنماص وخيبر الجنوب على التوالي بينما تفوق 50 سنة بباقي المحطات الأخرى.



## المراجع

### 1- المراجع العربية

- أحمد ، بدر الدين يوسف محمد (1993) : مناخ المملكة العربية السعودية ، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد 157 ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، جامعة الكويت ، الكويت.
- الأحيدب ، إبراهيم سليمان (1992) : توزيع الأمطار في جنوب غرب المملكة العربية السعودية، سلسلة الدراسات الخاصة، معهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة، عجر للطباعة والنشر والتوزيع.
- الجراش ، محمد عبد الله (1983) : نماذج تقدير المتوسط السنوي لكمية الأمطار على غرب المملكة العربية السعودية ، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية ، جامعة الملك عبد العزيز ، المجلد 3 ، ص ص 107-150 ، جدة.
- الجراش ، محمد العبد الله (1982) : العلاقة بين الأمطار والسيول في جنوبي غرب المملكة العربية السعودية: دراسة تطبيقية على حوض وادي بيشة وحوض وادي بيش، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية ، المجلد الثاني ، جامعة الملك عبد العزيز ، ص ص 175-199.
- الحربي، سعيد بن عبد العالي (2009) : خصائص الأمطار على غربي المملكة العربية السعودية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة الملك عبد العزيز ، جدة ، المملكة العربية السعودية.
- السيد ، عبد الملك قاسم (1995) : احتمالات هطول الأمطار ودرجة الاعتماد عليها في المملكة العربية السعودية ، سلسلة بحوث جغرافية ، العدد 21 ، الجمعية الجغرافية السعودية ، جامعة الملك سعود ، الرياض.
- السيد ، عبد الملك قاسم (1996) : التذبذب الفصلي للأمطار في المملكة العربية السعودية ، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد 197 ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، وحدة البحث والترجمة ، جامعة الكويت.



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

- الصالح ، محمد عبد الله (1994) : التحليل التكراري لكميات الأمطار في منطقة القويعية بالمملكة العربية السعودية ، سلسلة بحوث جغرافية ، العدد 17 ، الجمعية الجغرافية السعودية ، جامعة الملك سعود ، الرياض.
- الصالح ، محمد عبد الله (1997) : التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض ، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد 203 ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، وحدة البحث والترجمة ، اقسام الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الكويت.
- الكليب ، عبد الملك علي (1982) : 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 ص 108-131 ، الكويت.
- آل مشيط ، أمل بن حسين سعيد (2009) : عناصر المناخ وتأثيرها على السياحة في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية، دراسة في جغرافيا المناخ التطبيقي ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة الملك خالد ، أبها.
- الهديب ، فيصل بن حامد (2008) : حالات الطقس في الجزء الشمالي من المملكة العربية السعودية وعلاقتها بمركز العمل الجوي المجاورة ومستويات الضغط الجوي العلوية ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الملك سعود.
- المولد ، فرج مبارك جمعان (1983) : مناخ غرب المملكة العربية السعودية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الملك سعود.
- بوروبة ، محمد فضيل ، الدغيري ، أحمد عبدالله (2017) : التحليل التكراري لاحتمالية الهطول في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية ، مجلة العلوم العربية والانسانية ، المجلد



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

(11) ، العدد (1) ، جامعة القصيم ، محرم 1439 هـ (سبتمبر 2017 م) ، ص ص 435-489.

- قربه ، جهاد محمد (2004) : الرياح السائدة المصاحبة للأمطار على منطقة أبها في المملكة العربية السعودية ، سلسلة بحوث جغرافية ، الجمعية الجغرافية السعودية ، العدد 63 ، الرياض.

- عزيز ، مكي محمد (1971) : الأمطار في المملكة العربية السعودية ، مجلة كلية الآداب ، جامعة الرياض ، المجلد 2 ، ص ص 239-288.

- عزيز ، خديجة بنت أحمد بن أمين (2002) : أثر الخصائص المطرية في توزيع الغطاء النباتي للأراضي الجبلية في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الملك سعود.

- محمد ، أحمد بدر الدين يوسف (2006) : تطرف العناصر المناخية في المملكة العربية السعودية ، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية ، سلسلة الإصدارات الخاصة ، العدد 16 ، جامعة الكويت.

- محمد ، محمد محمود (1989) : النمط الكمي والزمني للأمطار الرياض ، في كتاب : حلقة الدراسات الصحراوية في المملكة العربية السعودية - مجالاتها والمهتمون بها ، ص ص 229-238.

- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2017) : أرقام وحقائق ، الطبعة الثانية ، جدة.



2- المراجع الأجنبية

- Al-Anzi K. and Al Sebaie, I.H. (2013) : **Development of Intensity–Duration–Frequency relationships for Abha City in Saudi Arabia**, *International Journal of Computational Engineering Research*, Vol. (03), Issue 10 : 58–65.
- Al-Dokhayel, A.A. (1986) : **Regional rainfall frequency analysis for Qasim**, B.S. Project, Civil Engineering Department, King Saud University, Riyadh (K.S.A), April, 1986.
- Al Hassoun, S.A. (2011) : **Developing an empirical formulae to estimate rainfall intensity in Riyadh region**. *Journal of King Saud University–Engineering Sciences*.
- Al-Khalaf, H.A. (1997) : **Predicting short–duration, high–intensity rainfall in Saudi Arabia**, M.S. Thesis, Faculty of the College of Graduate Studies; King Fahad University of Petroleum and Minerals, Dahrhan (K.S.A), 1997.
- Al Belehed, S.A. (1985) : **Some characteristics of Precipitations in the High Lands of Assir** , *Journal of College of Arts , King Saud University , Vol. 12* , pp. 125–140.
- Al Belehed, S.A. (1986) : **Rainfall Distribution and Variability in Saudi Arabia** , *Journal of College of Arts , King Saud University , Vol. 13* , pp. 17–39.



المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية  
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

- Al Mazroui, M. (2011) : Calibration of TRMM rainfall climatology over Saudi Arabia during 1998–2009, *Atmospheric Research* **99** (2011) : 400–414.
- Al-Salem, H.S. (1985) : **Rainfall Frequency Distribution in Shaqra and Al-Zilfi Areas**, B.S. Project, Civil Engineering Department, King Saud University, Riyadh, KSA, Jan. 1985.
- Al-Sebaie, I.H. (2012) : **Developing rainfall intensity–duration–frequency relationship for two regions in Saudi Arabia** , *Journal of King Saud University– Engineering Sciences*, Vol. 24, 131–140.
- Al Shaikh, A. (1985) : **Rainfall Frequency Studies for Saudi Arabia** , Unpublished M. Sc. Thesis, Department of Civil Engineering , King Saud University, Riyadh.
- Al-Sobayel, A.E. (1983) : **Rainfall Frequency Distribution for Riyadh**, B.S. Project, Civil Engineering Department, King Saud University, Riyadh (K.S.A), Jan. 1983.
- Al Yamani, M.S. and Sen, Z. (1993) : **Regional variations of monthly rainfall amounts in the Kingdom of Saudi Arabia**, *Journal of King Abdulaziz University:Earth Sciences*, vol. 6, pages 113–133.
- Barkotulla, M. A.B. ; Rahman, M. S., and Rahman, M. M. (2009) : **Characterization and frequency analysis of consecutive days**





**maximum rainfall at Boalia, Rajshahi and Bangladesh, *Indian Journal of Development and Agricultural Economics* , Vol. 1(5), pp. 121–126.**

– Chow, V. T., et al., (1988) : **Applied Hydrology** , Mc Graw–hill Book Company, Singapore.

– Elizabeth, M.S. ; Keith, J.B. Nick, A.C. and Rob, L. (2011) : **Hydrology in Practice**, 4th edition , Spon Press, Abingdon, Oxfordshire.

– *El Sebaie, I. (2012) : **Developing rainfall Intensity–Duration–Frequency relationship for two regions in Saudi Arabia**, Journal of King Saud University: Engineering Sciences (2014) 24, 131–140.*

– *Glover, J. & Robinsons, P. (1954) : **Provisional maps of the reliability of annual rainfall in East Africa**, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, vol. 80 (346): 602–609.*

– Guo, J.C.Y. (2006) : **Urban Hydrology and Hydraulic Design**, Water Resources Publications , LLC, Colorado.

– Hasanean, H and Al Mazroui, M. (2015) : **Rainfall : Features and Variations over Saudi Arabia, A Review**, *Climate* 2015, 3, 578–626, doi:10.3390/cli3030578.

– HELM (2008) : **Engineering Handbook Statistics**, <https://www.itl.nist.gov/div898//handbook/apr/section1/apr161.htm>.



- HUT (2010) : **Distributions used in Flood frequency analysis** (Quick reference), Flood Manager E–Learning, <http://daad.wb.tu-hrburg.de>.
- Mashat, A. and Abdel Basset, H. (2011) : **Analysis of rainfall over Saudi Arabia**, *JKAU: Meteo. Env. And Arid Land Agric. Sci.*, Vol (22), No. 2 : 59–78.
- Muterja, K. N. (1986) : **Applied Hydrology** , Tata McGraw–Hill Publishers , Co Ltd , New Delhi.
- Pinheiro, E.C. and Ferrari, S.L.P. (2015) : **A comparative review of generalization of the Gumbel extreme value distribution with an application to wind speed data**, arXiv:1502.02708v2 [state ME] 11 August 2015.
- Taha, M.F. et al., (1981) : **The Climate of the Near East , in the climate Southern and Western Asia**, by Takahashi, K and Arakawa, H. (eds) *World Survey of Climatology*, vol. 9, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, pp. 183–233.
- Visseman, W. Jr. et al., (1977) : **Introduction of Hydrology** , Harper and Row , Publishers , New York.