

The relationship between the Maximum rainfall intensity curves in Tartous station

Dr. Munzer HAMMAD*
Dima Hasan Hosen**

(Received 11 / 7 / 2018. Accepted 9 / 6 / 2019)

□ ABSTRACT □

The research area is located in Tartous Governorate, where the Tartous station was launched due to the availability of rainfall values of 15min-30min-1h-3h-6h-24h for a period of 34 years.

The research aims at finding a relationship between the maximum rainfall intensity for any duration and frequency with the reference rain intensity by conducting a statistical and analytical study of the rainfall data using the Minitab program, which helps in completing the data that is not available and also finding suitable relationships for areas where measurements are not available by drawing contour lines using the GIS program using two methods, the traditional method and the simple measurement method

The study identified two relationships, the first using the traditional method and the error of 8.9% and the second method of simple measurement and error of 1.9%. We recommend to generalization of research methodology on the rest of the stations deployed in the country.

Keywords: IDF curves-Simple scaling-Traditional method-Rainfall intensity- distribution Function

*Associated Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Master student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

العلاقة بين منحنيات الشدة المطرية الأعظمية في محطة طرطوس

د. منذر علي حماد*

ديما حسن حسين**

(تاريخ الإيداع 11 / 7 / 2018. قُبِلَ للنشر في 9 / 6 / 2019)

□ ملخص □

تقع منطقة البحث في محافظة طرطوس حيث تم الانطلاق بالدراسة من محطة طرطوس وذلك بسبب توافر قيم الهطولات المطرية للمدد 15 min-30min-1h-3h-6h-24h لفترة زمنية تمتد على 34 سنة. يهدف البحث إلى إيجاد علاقة تربط بين الشدة المطرية الأعظمية لأي مدة وتكرار مع الشدة المطرية المرجعية عن طريق إجراء دراسة إحصائية وتحليلية لبيانات الهطول المطري باستخدام برنامج Minitab، مما يساعد في استكمال البيانات الناقصة وأيضاً إيجاد علاقات ملائمة للمناطق التي لا تتوفر فيها قياسات برسم خطوط التساوي للبارامترات باستخدام برنامج GIS، وذلك من خلال المقارنة بين طريقتين هما الطريقة التقليدية وطريقة القياس البسيط، وحساب قيمة الخطأ لكل منهما واختيار الطريقة الأكثر ملائمة لسلسلة البيانات. توصلت الدراسة إلى تحديد علاقتين أولهما باستخدام الطريقة التقليدية وبخطأ قدره 8.9%، والثانية بطريقة القياس البسيط وبخطأ قدره 1.9%، ونوصي بتعميم منهجية البحث على باقي المحطات المنتشرة في القطر.

الكلمات المفتاحية: منحنيات IDF - القياس البسيط - الطريقة التقليدية - الشدة المطرية - تابع التوزيع

* أستاذ مساعد - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

** طالبة ماجستير - قسم الهندسة المائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

مقدمة

المياه شرط مسبق لبقاء الإنسان وحضارته لذلك يعتبر فهم ظواهر الدورة الهيدرولوجية هو أولوية في مستقبل العلوم، حيث أن الموارد المائية تتناقص في العديد من مناطق العالم وتلعب الأمطار دوراً رئيسياً في العديد من الظواهر الطبيعية والإنسانية مثل تدفقات الأنهار ورطوبة التربة ، كما تعتبر الهطولات الشديدة التي تسقط خلال فترة زمنية قصيرة من أهم أسباب الفيضانات والانهيارات الأرضية. لذلك في مجال دراسة المنشآت المائية تعتبر الشدات المطرية الأعظمية حجر الأساس لتصميم وإدارة مشاريع الصرف المطري والأنفاق والسدود والجسور وكثير غيرها. ولهذا السبب إن دراسة الشدات الأعظمية والتنبؤ بها ومحاكاتها على جميع المستويات في الزمان والمكان تشكل تحدياً كبيراً بالنسبة للأخصائي الهيدرولوجي والأرصاد الجوية.

وقد أخذت هذه المهمة بعين الاعتبار منذ بداية دراسة العلوم الهيدرولوجية حيث أن تحديد العلاقة بين الشدة والمدة والتكرار يعود إلى بداية العام 1932(بيرنارد) ومنذ ذلك الحين تم تطوير العديد من العلاقات لأجل مناطق متعددة من العالم سمحت هذه العلاقات للباحثين دراسة التوزيع الجغرافي لمعادلات (الشدة - المدة - التكرار) في العديد من البلدان المتطورة كما مكنت من رسم خرائط للشدات المطرية أو ارتفاع الهطل من أجل مدد وتكرارات مختلفة.[1]

ومن هذه الأبحاث دراسة ل.م. رائد جعفر عام 2001 حيث قام بتحديد منحنيات الشدة المطرية من خلال تحليل أغزر مائة مطره من العام 1986-1997 للمدد القصيرة من 5min-720min لمحطة اللاذقية ومحطة خرابو في دمشق باستخدام التوزيعات الاحتمالية المختلفة وأظهرت النتائج أن توزيع فاييول غامبل الأكثر ملائمة للبيانات وأن الغزارة المطرية التصميمية في مدينة اللاذقية تعادل من 3-5 أضعاف مثيلاتها في مدينة دمشق وهذا طبيعي لأن كل مدينة في منطقة مناخية مختلفة، الغرض من هذه الدراسة الاستفادة من الغزارات التصميمية في تصميم شبكات الصرف الصحي والمطري[2].

دراسة في جنوب أفريقيا قام بها Jeffery Smithers عام 1998 باستخدام الطريقة التقليدية وتقنيات القياس البسيط للحصول على العلاقات التي تربط بين الشدات المطرية لمدد وتكرارات مختلفة مع الشدة المرجعية لمدة 24 ساعة [3]. و دراسة قام بها Minh Nhat لعام 2008 على سبع محطات في فيتنام وخمس محطات في اليابان تتوفر فيها البيانات لمدد من 10min,30min,1h,2h,4h,9h,12h,24h ولفتره زمنية تمتد على 30 عام حيث استخدم كل من الطريقة التقليدية والقياس البسيط لإيجاد المعادلات التي تربط بين الشدة المطرية الأعظمية بدلالة الشدة المرجعية وهي الشدة خلال 24 h وتكرار 10 year واستخدم برنامج الـ GIS للحصول على المعادلات في الأماكن التي لا تتوفر فيها قياسات [4].

دراسة أجريت في البرازيل عام 2012 قام Mauro Naghettini بتطبيق خصائص القياس البسيط مع الزمن ووضع علاقة لمحطة اوبيرابا التي لا تتوفر فيها البيانات المطرية وذلك اعتماداً على أربع محطات مجاورة تتوفر فيها السجلات الكافية ومن ثم رسم منحنيات الشدة المدة التكرار ومقارنتها مع بقية المحطات [5].

و دراسة لعام 2016 قام بها مجموعة من الباحثين منهم Medard Noukpo Agbazo في منطقة غرب إفريقيا على ثلاثين محطة وقاموا بتطبيق طريقة القياس فتبين لهم أن القياس بسيط وبأخذ شكل خطين مستقيمين من 5 min-45 min ومن 24 h -45 min في بعض المحطات، بينما محطات أخرى من 5 min -1 h ومن 1h-24 h ومن ثم تم وضع علاقة رياضية اعتماداً على معاملات الموقع والقياس[6].

ويوجد العديد من الدراسات التي تعتمد فقط على الطريقة التقليدية مثل السعودية [7] والهند [8] وروندا [9] وبنغلادش [10] وغيرها من الدول حيث أنه في جميع هذه الدراسات تم تحديد ثوابت المعادلة التجريبية الأكثر ملائمة اعتماداً على طريقة المربعات الصغرى.

أهمية البحث وأهدافه

يهدف البحث إلى:

- تحليل بيانات الهطول للحصول على الشدات المطرية الأعظمية ذات المدد المختلفة من خلال اختيار تابع التوزيع الإحصائي المناسب وتحديد التكرار.
 - وضع منحنيات شدة-مدة-تكرار ومقارنتها مع المنحنيات القديمة إن وجدت ومقارنتها مع المنحنيات في المحطات المجاورة.
 - إيجاد علاقة تربط بين الشدات المطرية المختلفة المدد والتكرار بدلالة الشدة المطرية المرجعية.
- أهمية البحث تتلخص في إمكانية الاستفادة من العلاقة التي حصلنا عليها في حساب الشدة المطرية التصميمية للمنشآت المائية المراد إنشاؤها وحماية المنشآت القائمة، كما يمكن استكمال البيانات المفقودة في المواقع المقيسة جزئياً، والمواقع غير المقيسة.
- تقع منطقة البحث في الساحل السوري حيث تم الانطلاق بالدراسة من محطة طرطوس التي تتوفر فيها الهطولات المطرية للمدد من 15 min-24 h لفترة زمنية تمتد على 34 سنة. يمثل الشكل (1) الموقع العام لمنطقة الدراسة.



(الشكل 1-1) الموقع العام لمنطقة الدراسة

طرائق البحث ومواده

تتضمن طريقة البحث المقارنة بين طريقتين للدراسة وهي الطريقة التقليدية والتي تهدف إلى إيجاد الشدة المطرية لأي مدة وتكرار بدلالة الشدة المطرية المرجعية ذات المدة 24 ساعة وتكرار 25 سنة ومعاملات نسبة (الشدة - المدة) و

نسبة (الشدة - التكرار)، وطريقة القياس البسيط والتي تهدف إلى إيجاد الشدة المطرية لأي مدة وتكرار بدلالة معاملات الموقع والمقياس للشدة المطرية المرجعية وهي الشدة خلال 24 ساعة. من البرمجيات المستخدمة في الدراسة برنامج Minitab وهو أحد البرامج الإحصائية الشهيرة في مجال العلوم الإحصائية وتقنيات اتخاذ القرار والتخطيط والتحليل الإحصائي، وبرنامج Arc view/GIS وهو نظام جغرافي مكثبي يؤمن لنا واجهة رسومية سهلة الاستخدام ويساعد في إنجاز الخرائط وإنشاء البيانات وتحريرها والتعرف على المواقع الجغرافية وإمكانية الربط مع قواعد بيانات خارجية.

1- الطريقة التقليدية تتضمن النقاط الآتية:

1-1- اختيار تابع التوزيع الإحتمالي الأكثر ملائمة: تم استخدام برنامج Minitab لاختيار تابع التوزيع الأكثر ملائمة لسلسلة البيانات اعتماداً على قيمة p-value الأكبر وحساب الشدات المطرية الأعظمية المقابلة لمدد وتكرارات مختلفة.

2-1- اختيار المعادلة التجريبية الأكثر ملائمة

إن علاقة IDF هي واحدة من أكثر الأدوات استخداماً في هندسة موارد المياه، سواء في تخطيط وتصميم وتشغيل المنشآت المائية، أو لحمايتها من الفيضانات. تم إيجاد هذه العلاقة في وقت مبكر من عام 1932 (بيرنارد، 1932). ومنذ ذلك الحين، تم وضع العديد من العلاقات لعدة أجزاء من العالم. هذه الصيغ تعبر عن العلاقة بين الشدة المطرية الأعظمية (كعنصر غير مستقل) والبارامترات الأخرى مثل مدة الهطل المطري وتكراره (كبارامترات مستقلة) توجد العديد من الصيغ الموجودة في الهيدرولوجيا منها:

$$(1) \quad I = \frac{a}{d^c} \quad \text{علاقة بيرنارد}$$

$$(2) \quad I = \frac{a}{d+b} \quad \text{علاقة تالبوت}$$

$$(3) \quad I = \frac{a}{d^c+b} \quad \text{علاقة كيميغاما}$$

$$(4) \quad I = \frac{a}{(d+b)^c} \quad \text{علاقة شيرمان}$$

I: الشدة المطرية mm/h ، d المدة بالساعة ، a,b,c ثوابت تحدد بطريقة المربعات الصغرى.

تم حساب الخطأ لكل علاقة على حدى فكانت العلاقة الأكثر ملائمة لسلسلة البيانات هي علاقة بيرنارد وهي العلاقة ذات الخطأ الأقل. [4]

1-2-1- تعميم علاقة IDF

المقصود بالتعميم هو العمل على إيجاد علاقة تربط بين الشدة المطرية لأي مدة وأي تكرار بدلالة الشدة المرجعية والتي عادة ما تكون الشدة خلال 24 h باعتبارها الأكثر توافراً في محطات التسجيل، إن علاقة IDF هي علاقة بين الشدة المطرية والمدة التي يستمر خلالها الهطل ومدى تكرار الحدث وبالتالي يمكن صياغتها على الشكل التالي:

$$=F(d,T) \quad (5) \quad I_d^T$$

أي أن الشدة المطرية I_d^T مقدرة بـ mm/h تابعة للمدة d بـ الساعة والتكرار T بالسنة

$$\frac{I_d^T}{I_{d'}^{T'}} = f_1(d) * f_2(T) \quad (6)$$

التكرار المرجعي T' المدة المرجعية، d' ، الشدة المرجعية mm/h

f1 (d) النسبة بين I_d^T و $I_{d'}^T$ وهو تابع للمدة فقط ويسمى نسبة الشدة- المدة

$$f1(d) = \frac{I_d^T}{I_{d'}^T} = \frac{I_{d'}^T}{I_{d'}^T} = \frac{a}{d^c} \quad (7)$$

. علاقة بيرنارد وقد ذكرنا سابقا أنها العلاقة الأكثر ملائمة لسلسلة البيانات .

f2 (T) وهو النسبة بين I_d^T و $I_{d'}^T$ وهو تابع للتكرار ويسمى نسبة الشدة -التكرار

$$f2(T) = \frac{I_d^T}{I_{d'}^T} = \frac{I_{d'}^T}{I_{d'}^T} = G + H \ln(T) \quad (8)$$

حيث G، H ثابت يتم تحديدهم من سلسلة البيانات من خلال حساب المعامل IFR والذي نحصل عليه من خلال رسم العلاقة بين الشدة المطرية خلال مدد وتكرارات مختلفة مع الشدة خلال التكرار المرجعي. [4]

1-2-2-إيجاد العلاقة العامة

إيجاد علاقة تربط بين الشدة المطرية لأي مدة وأي تكرار بدلالة الشدة المطرية المرجعية

بتعويض المعادلتين (7) و(8) في المعادلة (6) نحصل على المعادلة العامة (9)

$$I_d^T = I_{d'}^T * [G + H \ln(T)] * \frac{a}{d^c} \quad (9)$$

وهي الصيغة العامة التي تمكننا من حساب الشدة المطرية لأي مدة وأي تكرار بدلالة الشدة المرجعية [4].

2- طريقة القياس وهناك نوعين للقياس

1-2-القياس المتعدد multiscaling

$$E(I_\lambda^q) \propto \lambda^{kq} \quad (10)$$

في هذه المعادلة يتم التعبير عن القياس المتعدد بالتابع غير الخطي k(q)

2-2- القياس البسيط: simple scaling

من أجل تابع توزيع احتمالي معين تم تعريفه بالعلاقة التالية:

$$X(\lambda t) \stackrel{\text{def}}{=} \lambda^H X(t) \quad (11)$$

حيث λ هو معامل القياس و H هو أس القياس وهو عدد غير صحيح

وضع كل من (Gupta and Waymire) تعريف للقياس البسيط في مجال الهطولات المطرية اعتماداً على الطريقة الإحصائية اللحظية statistical moments يعطى بالعلاقة:

$$E(I_\lambda^q) = \lambda^{Hq} E(I_1^q) \quad (12)$$

I_λ تمثل الشدة المطرية السنوية الأعظمية خلال المدة d، يشير إلى التوقع أو (متوسط الطيف)، q ترتيب التوقع.

أي عندما تكون العلاقة بين q و k(q) خطية فإن القياس بسيط وعندما تكون غير خطية فالقياس متعدد.

1-2-2-القياس البسيط بالنسبة لسلاسل الهطولات المطرية السنوية:

يتم التعبير عن الشدة المطرية I_d من خلال القياس البسيط بالعلاقة التالية:

$$I_d \stackrel{\text{def}}{=} \left(\frac{D}{d}\right)^{-H_d} I_D \quad (13)$$

D=2,3,.....24 hours الزمن التجميعي أي

$$\lambda_d = \frac{D}{d} \quad (2-5)$$

$$I_d \stackrel{\text{def}}{=} \lambda_d^{-H_d} I_{\lambda_d d} \quad (14)$$

يمكن إعادة صياغة العلاقة السابقة بالاعتماد على الطريقة اللحظية وعلى q

$$E[(I_d)^q] = \lambda_d^{-H_d q} E[(I_{\lambda_d d})^q] \quad (15)$$

فإذا كانت القياسات خاضعة للقياس البسيط يمكن من خلال ما سبق تحويل البيانات من مدة لأخرى، وبالتالي نساعد في التغلب على مشكلة نقص البيانات، ويمكن اشتقاق منحنيات IDF لفترة قصيرة من البيانات اليومية.

2-2-2- تحديد علاقة IDF العامة اعتماداً على خصائص القياس البسيط:

هناك العديد من العلاقات التجريبية التي تعبر عن منحنيات الشدة المطرية والتي تفترض جميعها أن العلاقة بين الشدة المطرية والمدة هي علاقة عكسية فإذا اعتبرنا أن المدة (الزمن) هو العامل الذي سوف يتم الاعتماد عليه للوصول إلى العلاقة المطلوبة:

$$i = \frac{w}{(d + \theta)^\eta} \quad (16)$$

$$i = \frac{a(t)}{b(d)} \quad (17)$$

حيث i الشدة المطرية خلال المدة d و w, θ, η معاملات غير سالبة في هذه الدراسة استند تحليل خصائص قياس هطول الأمطار التي لوحظت في موقع معين إلى فحص وجود علاقة بين الشدات المطرية ذات المدد المختلفة بطريقة القياس البسيط

$$I_d = \max_{0 \leq t \leq year} \left[\frac{1}{d} \int_{t-d/2}^{t+d/2} X(\xi) d\xi \right] \quad (18)$$

حيث $d\xi$ قيمة عشوائية مستمرة زمنياً تمثل الشدة المطرية، d المدة، I_d تمثل الشدة المطرية السنوية الأعظمية للمدة d ويتم تحديدها وسطياً على طول المدة.

بأخذ مفاهيم القياس البسيط للتوزيعات الاحتمالية بالاعتبار يمكن التعبير عن الشدة المطرية بالعلاقة التالية:

$$I_d \stackrel{\text{def}}{=} \left(\frac{D}{d}\right)^{-H_d} I_D \quad (19)$$

D الزمن التجميعي أي $D=2, 3, \dots, 24$ hours وعامل القياس يعطى بالعلاقة: $\lambda_d = \frac{D}{d}$ ومنه بالتعويض في المعادلة

$$I_d \stackrel{\text{def}}{=} \lambda_d^{-H_d} I_{\lambda_d d} \quad (20)$$

يمكن إعادة صياغة العلاقة السابقة بالاعتماد على الطريقة اللحظية وعلى q

$$E[(I_d)^q] = \lambda_d^{-H_d q} E[(I_{\lambda_d d})^q] \quad (21)$$

وتابع التوزيع التجميعي CDF للتوزيع الإحتمالي يعطى بالعلاقة:

$$F(I_d) = P(i < I_d) \quad (22)$$

والتكرار يعطى بالعلاقة:

$$T(i \geq I_d) = \frac{1}{1 - F_d(I_d)} \quad (23)$$

ولدينا اعتماداً على خصائص القياس البسيط

$$F(I_d) = F[\lambda_d^{-H_d} I_d] \quad (24)$$

$$F(I_d) = F\left[\frac{I_d - \mu_d}{\sigma_d}\right] \quad (25)$$

حيث μ_d معامل الموقع و σ_d location parameter معامل المقياس scale parameter

$$\sigma_d = \lambda_d^{-H_d} \sigma_D \quad (26)$$

$$\mu_d = \lambda_d^{-H_d} \mu_D \quad (27)$$

لدينا من المعادلة (23)

$$F(I_d) = \frac{T-1}{T} \quad (28)$$

بتعويض المعادلة (28) في المعادلة (25)

$$\frac{T-1}{T} = F\left[\frac{I_d - \mu_d}{\sigma_d}\right]$$

ومنه بعد الإصلاح:

$$I_d^T = \mu_d + \sigma_d F^{-1}\left(1 - \frac{1}{T}\right) \quad (29)$$

نعوض المعادلتين (26) و (27) في المعادلة (29) فنحصل على:

$$I_d^T = \mu_D (\lambda_d)^{-H_d} + \sigma_D (\lambda_d)^{-H_d} F^{-1}\left(1 - \frac{1}{T}\right)$$

$$\lambda_d = \frac{D}{d}$$

$$I_d^T = \frac{\mu_D D^{-H_d} + D^{-H_d} \sigma_D F^{-1}\left(1 - \frac{1}{T}\right)}{d^{-H_d}} \quad (30)$$

بالمقارنة مع المعادلة العامة (16) نجد أن:

$$\theta = 0 \quad \text{و} \quad \eta = -H_d$$

$$a(t) = \mu + \sigma F^{-1}\left(1 - \frac{1}{T}\right)$$

$$b(d) = d^\eta$$

$$\lambda_d^{-H_d} = \left(\frac{D}{d}\right)^{-H_d}$$

$$\mu = D^{-H_d} \mu_D \quad \text{و} \quad \sigma = D^{-H_d} \sigma_D$$

بفرض بالتعويض في العلاقة (30) نحصل على:

$$I_d^T = \frac{\mu + \sigma F^{-1}\left(1 - \frac{1}{T}\right)}{d^{-H_d}} \quad (31)$$

ولكن هذه الطريقة لا يمكن تطبيقها إلا من أجل نوعين من التوزيعات الاحتمالية وهما القيمة الحدية العامة وتوزيع غامبل الذي له الصيغة العامة التالية:

$$(32) F_{I_d} = \exp\left[-\exp\left(-\frac{I_d - \mu_d}{\sigma_d}\right)\right]$$

بتعويض العلاقة (32) في العلاقة (31) نحصل على المعادلة العامة التي تربط بين الشدات المطرية المختلفة

$$I_d^T = \frac{\mu + \sigma \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]}{d^{-H_d}} \quad (33)$$

حيث μ و σ ثابت

يمكن استخدام المعادلة العامة للحصول على الشدات المطرية للمدة d من الشدات المطرية للمدد الأكبر D استخدمت هذه الصيغة فقط 3 بارامترات: H_d دليل القياس القياس، ومعاملات الموقع والمقياس للتوزيع الاحتمالي غامبل.

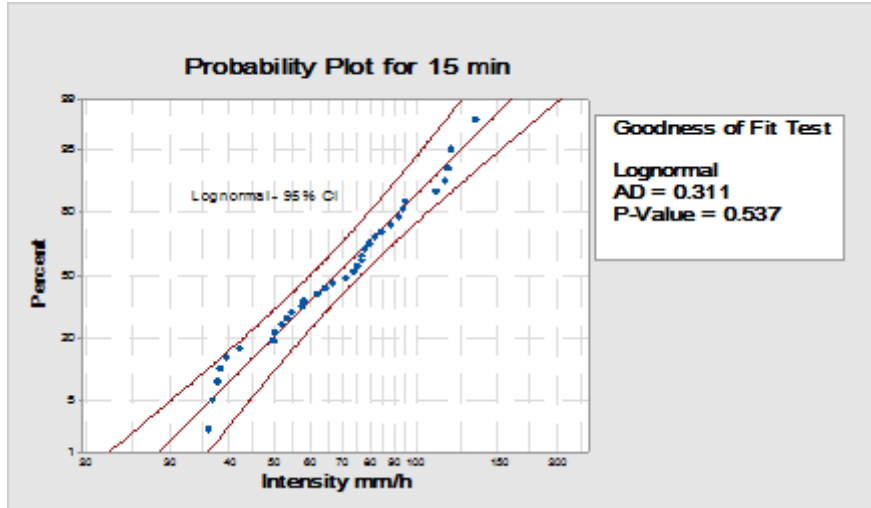
النتائج والمناقشة

تتوافر لدينا الهطولات المطرية في محطة طرطوس لفترة زمنية تمتد لـ 34 سنة وللمدد التالية (15,30,60,180,360,1440) min تم معالجة هذه البيانات من خلال الخطوات التالية :

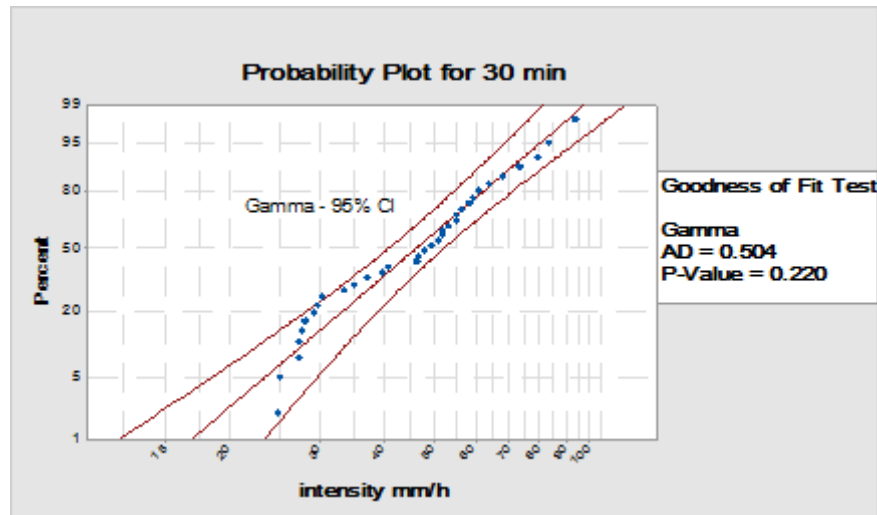
أولاً- الطريقة التقليدية

أ- اختيار تابع التوزيع الإحتمالي الأكثر ملائمة

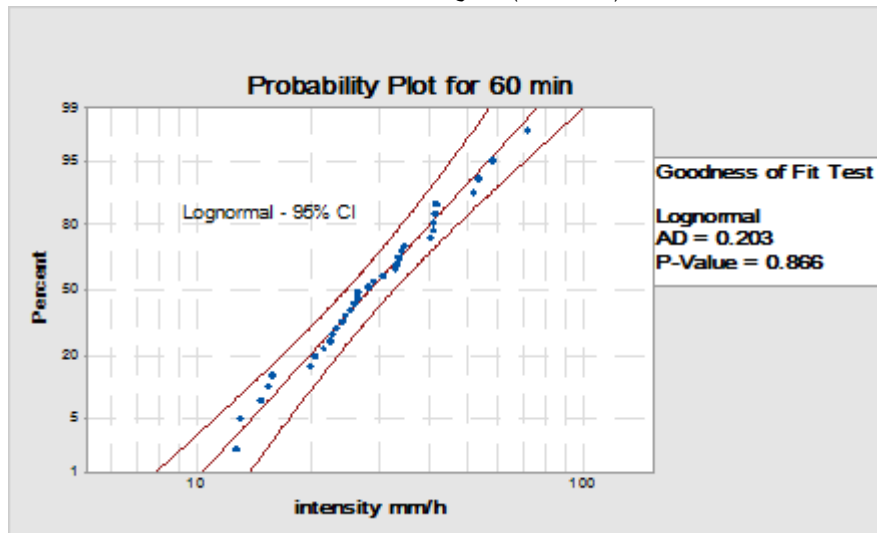
تم إدخال البيانات السابقة الى برنامج Minitab ومعالجتها من أجل اختيار تابع التوزيع الأكثر ملائمة حيث يتيح لنا البرنامج رسم المخططات الاحتمالية لمجموعة من التوزيعات الاحتمالية المدروسة مع قيم اختبارات الموثوقية p -value ودالة أندرسون دارلينغ وذلك لإختيار تابع التوزيع الإحتمالي الأكثر ملائمة وهنا تم الاعتماد على قيمة p -value . تظهر الأشكال من (2) وحتى (7) المخططات الاحتمالية لتتابع التوزيع الأكثر ملائمة.



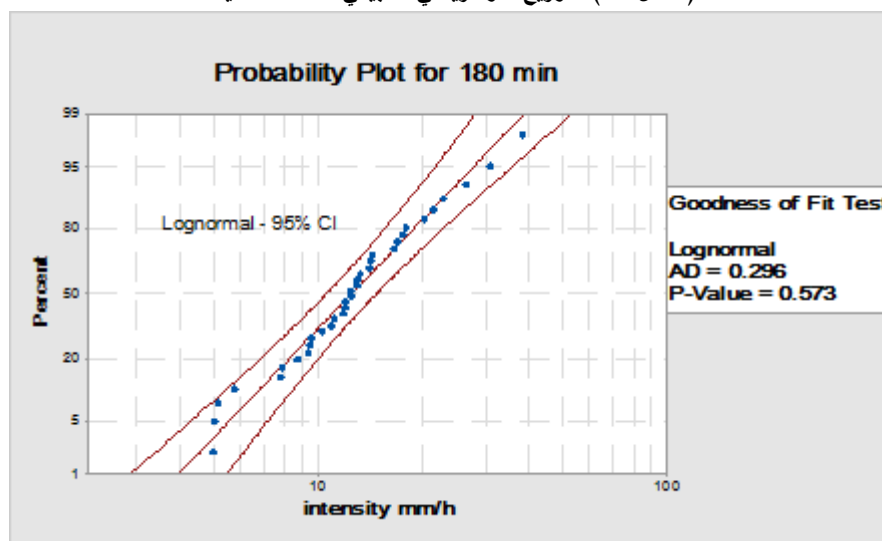
(الشكل 2-) التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي للمدة 15 دقيقة



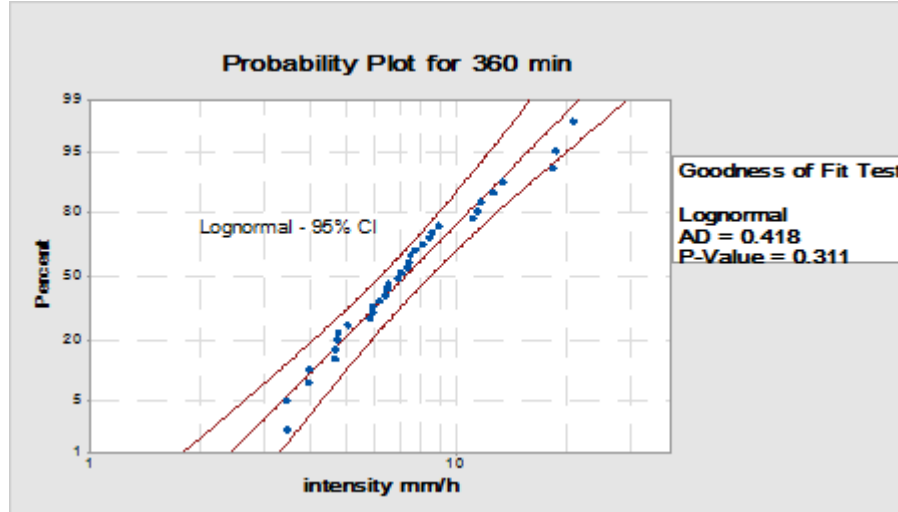
(الشكل 3-) توزيع غاما للمدة 30 دقيقة



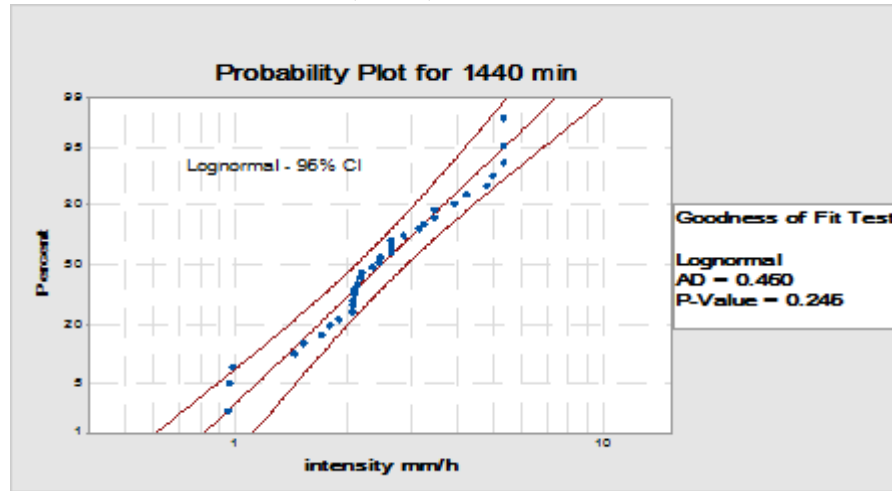
(الشكل 4-) التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي للمدة 60 دقيقة



(الشكل 5-) التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي للمدة 180 دقيقة



(الشكل 6-) التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي للمدة 360 دقيقة

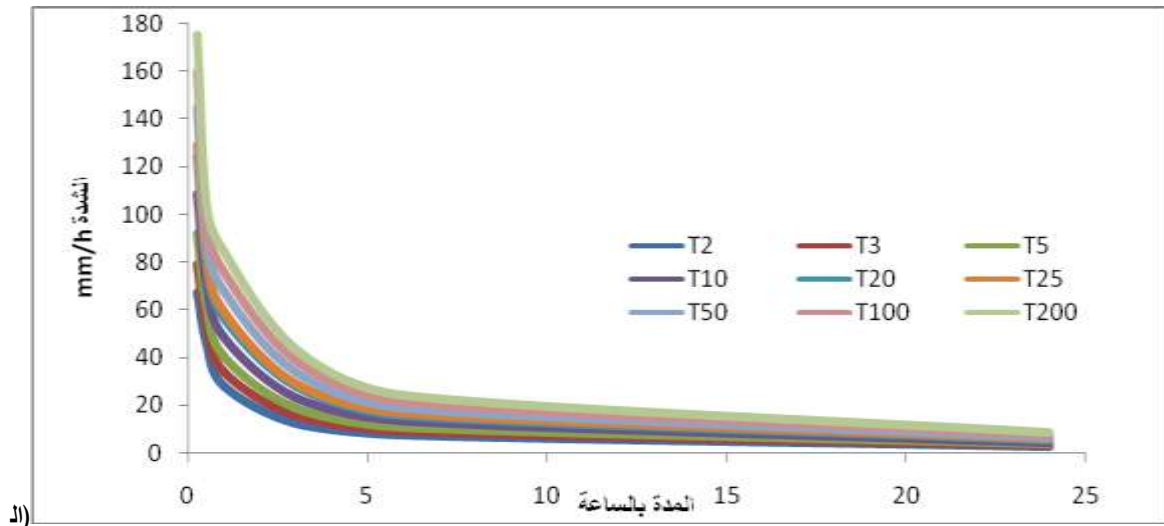


(الشكل 7-) التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي للمدة 1440 دقيقة

من خلال قيم p-value نجد أن التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي هو التوزيع الأكثر ملائمة للمدد 15 min-1 h-3 h-6 h وتوزيع غاما الأكثر ملائمة للمدة 30 min ومن ثم تم حساب الشدات المطرية الأعظمية لكل مدة ولكل تكرار ورسم منحنيات الشدة المدة التكرار لمحطة طرطوس كما هو مبين في الجدول (1) والشكل (8)

(الجدول 1-) الشدة المطرية الأعظمية mm/h

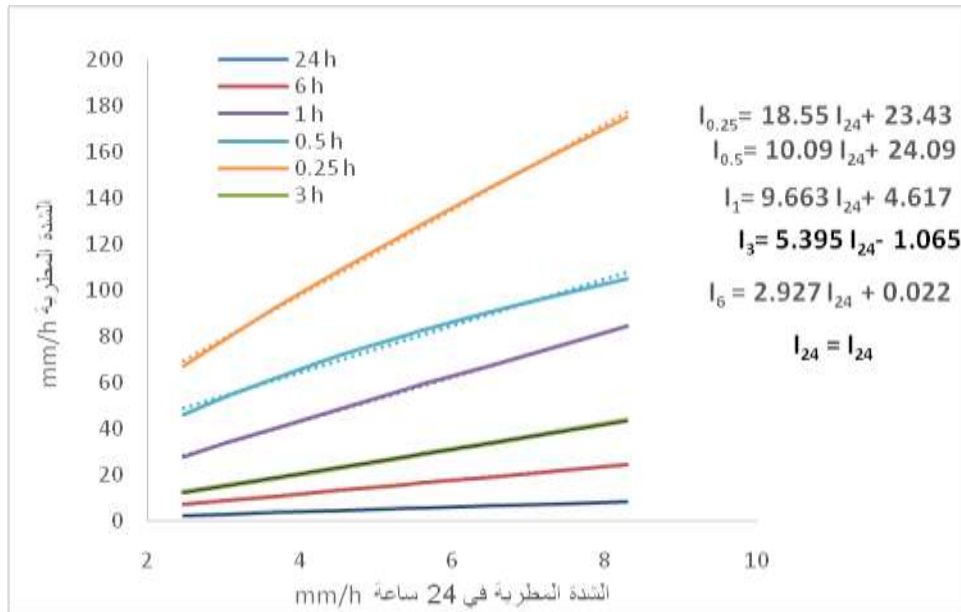
T تكرار (السنة)	P (الاحتمال)	24 h (ساعة)	6 h	3 h	1h	0.5h	0.25 h
2	0.5	2.47	7.26	12.40	28.08	46.05	67.37
3	0.67	3.03	8.89	15.31	33.75	53.79	79.06
5	0.8	3.67	10.77	18.72	40.22	61.93	92.09
10	0.9	4.51	13.24	23.22	48.52	71.49	108.44
20	0.95	5.35	15.69	27.74	56.64	80.06	124.01
25	0.96	5.63	16.49	29.21	59.26	82.68	129.07
50	0.98	6.48	19.01	33.88	67.44	90.47	144.45
100	0.99	7.37	21.59	38.72	75.76	97.86	159.83
200	0.995	8.29	24.28	43.75	84.26	104.95	175.35



شكل (8) منحنيات الشدة - المدة - التكرار IDF في محطة طرطوس

ب- حساب معامل الشدة-المدة IDR

تم حساب النسبة $\frac{I_d^T}{I_{1440}^T}$ لكل تكرار على حدة فبينت نتائج التحليل أن النسبة بين الشدة المطرية لأي مدة على الشدة المطرية لمدة 24 ساعة متقاربة مع غيرها من التكرارات أطلقنا على هذه النسبة تسمية نسبة الشدة - المدة (IDR) وهي ميل الخط المستقيم الممثل للعلاقة بين الشدة المطرية لمدة 24 ساعة مع الشدات المطرية لباقي المدد. الشكل 9



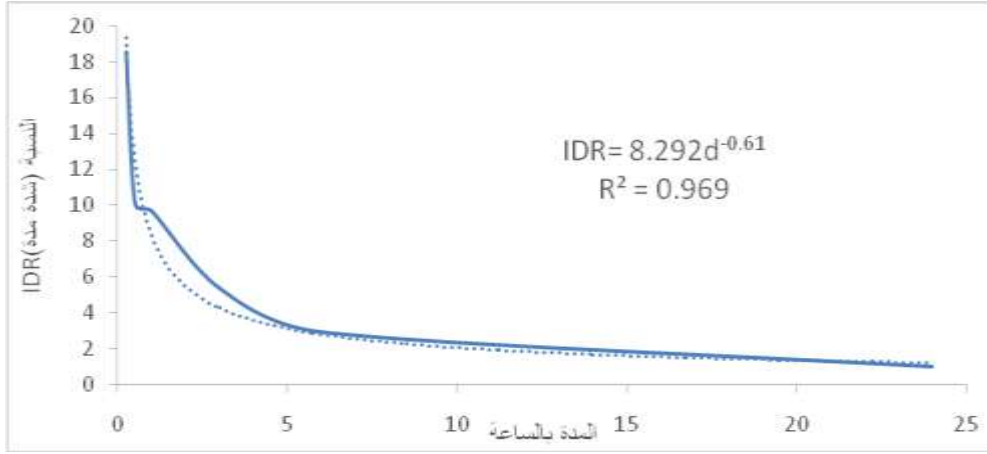
الشكل (9) معامل الشدة المدة IDR

قيمة المعامل IDR لكل مدة مبيّنة في الجدول (2) وهي ميل الخط المستقيم

(الجدول-2) قيمة المعامل IDR

24h	6h	3h	1 h	h0.5	0.25h	المدة بالساعة
1	2.9273	5.3951	9.6639	10.093	18.559	$IDR = \frac{I_d^T}{I_{1440}^T}$

ومن ثم رسمنا المنحني بين المدة والمعامل IDR فحصلنا على الشكل(10)



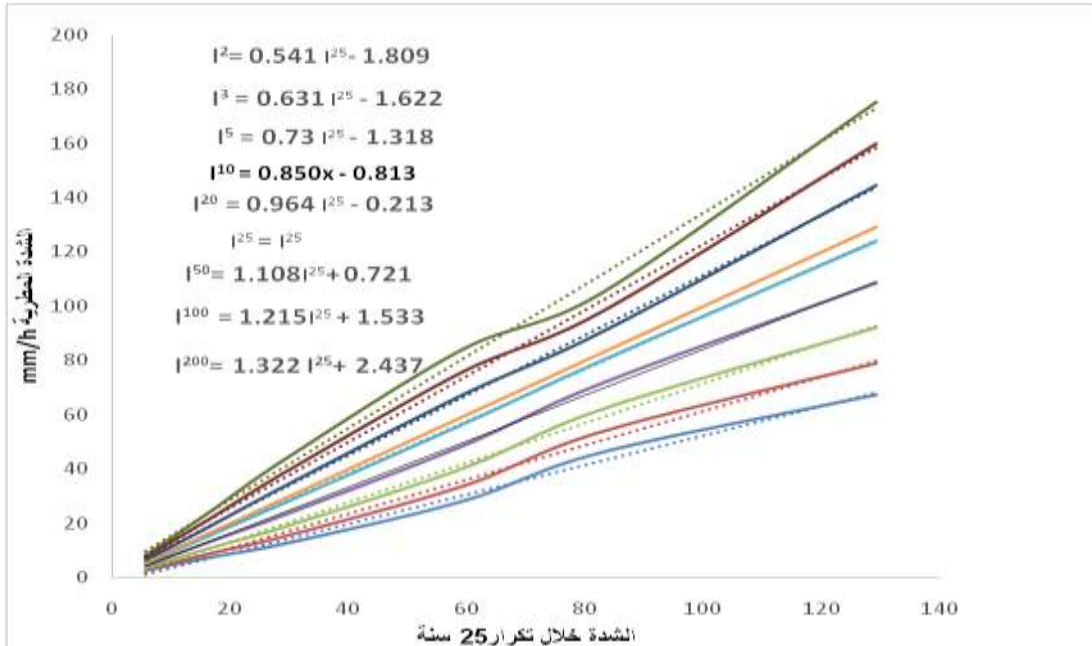
(الشكل -10) العلاقة بين المعامل IDR والمدة

من الشكل (10) نلاحظ أنه يمكن التعبير عن النسبة بين الشدة المطرية خلال أي مدة وأي تكرار I_d^T على الشدة المطرية المرجعية I_{1440}^T خلال 24 ساعة وتكرار T بالعلاقة التالية:

$$\frac{I_d^T}{I_{1440}^T} = 8.2928 d^{-0.61} \quad (34)$$

ج- حساب نسبة الشدة-التكرار: IFR intensity frequency ratio

تم حساب النسبة $\frac{I_d^T}{I_{1440}^T}$ لكل مدة على حدة فبينت نتائج التحليل أنه لنفس المدة فإن النسبة بين الشدة المطرية لأي تكرار على الشدة المطرية لـ 25 سنة متقاربة مع غيرها من الممدد وأطلقنا على هذه النسبة تسمية نسبة الشدة - التكرار (IFR) وهي ميل الخط المستقيم الممثل للعلاقة بين الشدة المطرية لتكرار 25 سنة مع الشدات المطرية لباقي التكرارات. الشكل (11)



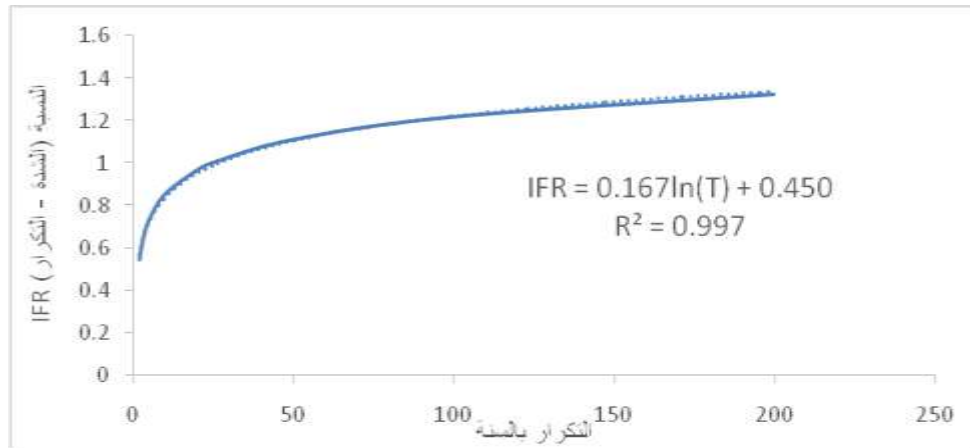
(الشكل-11) المعامل شدة تكرار IFR

قيمة المعامل شدة -تكرار لكل مدة مبينة في الجدول (3) وهي ميل الخط المستقيم

(الجدول 3-)معامل الشدة التكرار IFR

التكرار (السنة)	2	3	5	10	20	25	50	100	200
IFR = $\frac{I_d^T}{I_d^{25}}$	0.5414	0.6315	0.73	0.8509	0.9644	1	1.1088	1.2159	1.3223

ومن ثم رسمنا المنحني بين التكرار والمعامل IFR فحصلنا على الشكل (12)



(الشكل 12-)العلاقة بين المعامل IFR والتكرار

من الشكل (12) نجد أنه يمكن التعبير عن النسبة بين الشدة المطرية خلال أي مدة وأي تكرار I_d^T على الشدة المطرية المرجعية I_d^{25} خلال المدة d وتكرار 25 سنة بالعلاقة التالية:

$$\frac{I_d^T}{I_d^{25}} = 0.1675 \ln(T) + 0.4506 \quad (35)$$

نعوض المعادلتين (34) و(35) في المعادلة العامة

$$I_d^T = I_{d'}^{T'} * (G + H \ln(T)) * \frac{a}{d^c} \quad (9)$$

نحصل على:

$$I_d^T = I_{1440}^{25} * (0.1675 \ln(T) + 0.4506) * \frac{8.2928}{d^{0.61}} \quad (36)$$

وهي المعادلة العامة لمحطة طرطوس والتي تسمح لنا بحساب الشدة المطرية خلال أي مدة وأي تكرار بدلالة الشدة المطرية المرجعية I_{1440}^{25} حيث I_d^T بـ mm/h و T التكرار بالسنة و d المدة بالساعة
التحقق من العلاقة:

نحسب الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء من العلاقة الآتية:

$$RMSE = \frac{1}{N} \sum_{I=1}^N \sqrt{\frac{1}{M} \left\{ \sum_{i=1}^M [(I_d^{T*} - I_d^T)]^2 \right\}}$$

N: عدد المدد M: عدد التكرارات، I_d^{T*} الشدة المطرية المحسوبة mm/h، I_d^T الشدة المطرية الحقيقية mm/h. لدينا

$$\sum_{i=1}^N \sqrt{\frac{1}{M} \left\{ \sum_{i=1}^M [(I_d^{T*} - I_d^T)]^2 \right\}} = 53.4$$

M=9, N=6 بالتعويض في علاقة الخطأ نجد أن

$RMSE = 8.9MM/H$ وهي قيمة مقبولة في الدراسات الهيدرولوجية [11]

عادة ما يتم تحديد منحنيات IDF المطرية اعتماداً على الطريقة التقليدية التي تقوم على تحليل التكرارات لمدد مختلفة ومع ذلك من الصعب الحصول على قيم دقيقة وموثوق بها للشدات الأعظمية المطلوبة لاستخلاص هذه المنحنيات لأنها تنطوي عادة على تقدير عدد كبير من المعاملات للتوزيعات الاحتمالية المختارة لجميع فترات هطول الأمطار التي تم النظر فيها. لذلك تم استخدام طريقة أخرى هي طريقة القياس والتي تعتمد على حساب عدد أقل من المعاملات والثوابت.

ثانياً-طريقة القياس

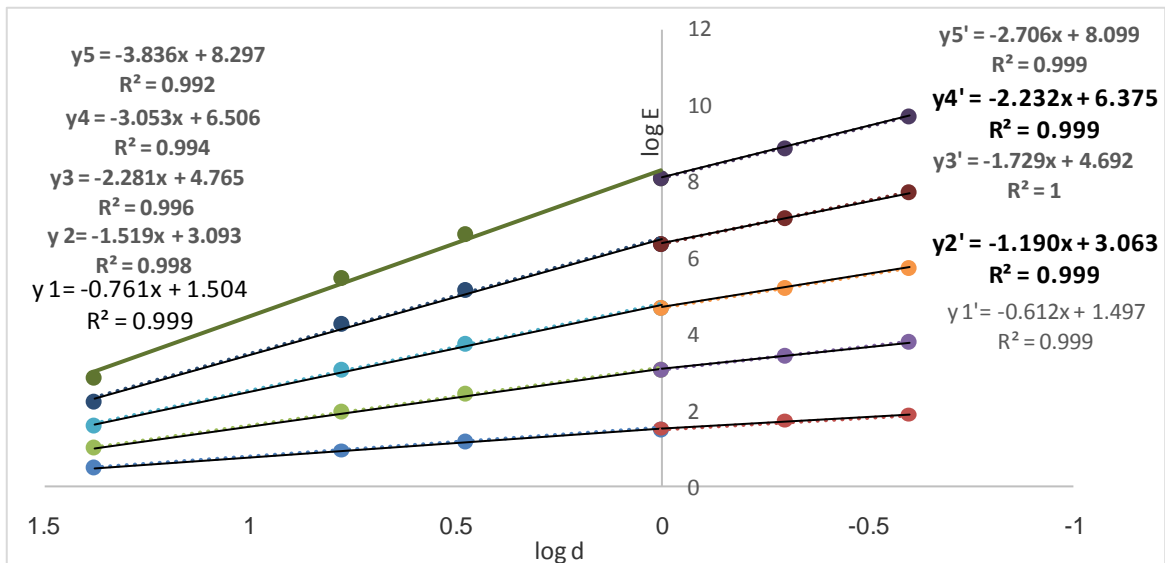
أ- نوع القياس: لاختبار فيما إذا كان القياس بسيط أو متعدد نقوم بالخطوات التالية:

1- من أجل كل سلسلة زمنية يتم حساب I_λ^q بطريقة التضاعف المتتالي حيث $\lambda = d = (0.25, 0.5, 1, 3, 6, 24)h$ وهي المدة و $q = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ فتكون $E(I_\lambda^q)$ هي القيمة الوسطية لـ I_λ^q على طول السلسلة المدروسة الجدول (4)

(الجدول 4- قيمة $E(I_\lambda^q)$)

	24	6	3	1	0.5	0.25
q=0	1	1	1	1	1	1
q=1	2.797848	8.283212	14.21706	31.2303	48.86667	73.0303
q=2	9.326826	86.75247	252.9506	1147.988	2693.301	5983.19
q=3	35.93332	1132.978	5588.134	49126.06	164657.8	540547.5
q=4	153.8751	17434.33	147597.1	2392621	10964163	52839233
q=5	706.7933	297370.2	4423233	1.29E+08	7.82E+08	5.49E+09

2- نرسم العلاقة بين $E(I_\lambda^q)$ و d على مخطط لوغاريتمي نلاحظ من المخطط أن العلاقة بينهما خطية وهي عبارة عن خطين مستقيمين ويميلين مختلفين المستقيم الأول من 1 h-15 min والثاني من 24 h-1 h أي لدينا نقطة انكسار عند المدة d=1 h ويمكن أن يعني هذا الانكسار تغير في ديناميكية هطول الأمطار من منحدر حاد للأمطار قصيرة المدة إلى انحدار أكثر اعتدالاً (متوسط) للأمطار ذات المدة الأطول. الشكل (13)



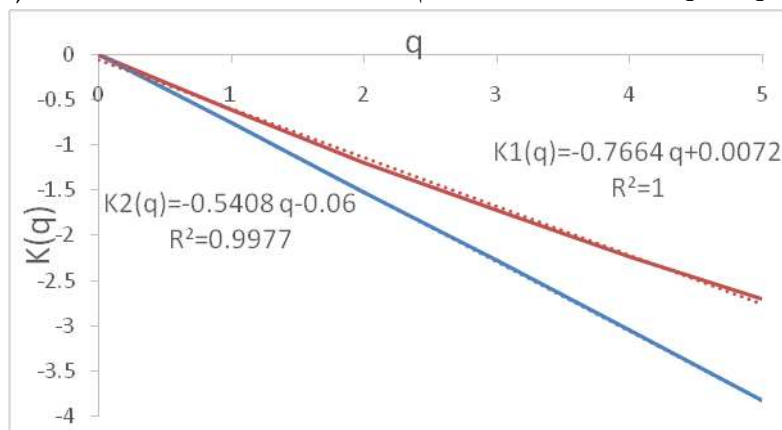
(الشكل 13- العلاقة بين d, q)

من الشكل (13) نحصل على $K(q)$ وهي ميل الخط المستقيم بين لوغاريتم المدد ولوغاريتم $E(I_R^q)$ تم ترتيب النتائج في الجدول (5)

(الجدول 5- قيم $K(q)$)

q	1h-24 h		15min-1 h	
	k(q)	R ²	k(q)	R ²
q=1	-0.7611	0.9995	-0.6128	0.999
q=2	-1.5196	0.9984	-1.1909	0.9996
q=3	-2.2818	0.9965	-1.7299	1
q=4	-3.0535	0.9943	-2.2325	0.9999
q=5	-3.8369	0.9922	-2.7062	0.9995

3- نرسم العلاقة بين $K(q)$ ، q فيكون ميل الخط المستقيم بينهما هو H_d وهو أس القياس الشكل (14)



(الشكل 14- العلاقة بين $k(q), q$)

قيم H_d مبينة في الجدول (6) وحصلنا عليها من الشكل (14)

(الجدول -6) قيم $R^2.H_d$

1h-24 h		15 min-1 h	
Hd ₁	R ² ₁	Hd ₂	R ² ₂
-0.7664	1	-0.5408	0.9977

نلاحظ أن قيم R^2 تتراوح بين 1-0.99 وهي قيمة عالية وهذا دليل على أن القياس بسيط نتائج هذه الدراسة ذات أهمية عملية كبيرة بحيث تمكنا من الربط بين الهطولات المطرية ذات المدد المختلفة وبالتالي تلافي مشكلة نقص أو عدم توفر البيانات.

ب- دراسة توزيع غامبل

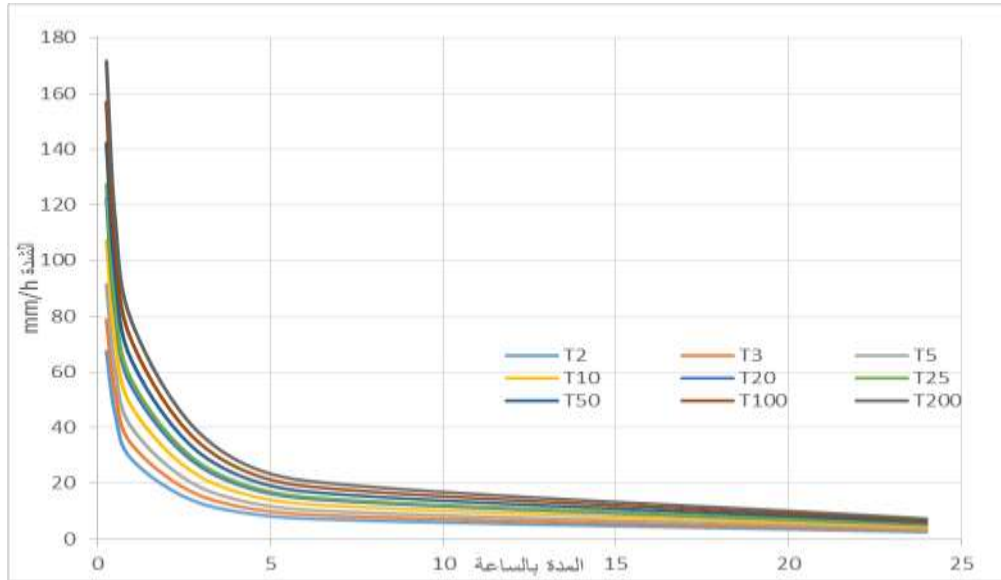
تم دراسة توزيع غامبل لكل السلاسل الزمنية من 15 min إلى 24 h وإيجاد معاملات القياس والموقع لكل سلسلة ولفترة زمنية تمتد على 34 سنة في محطة طرطوس باستخدام برنامج Minitab ومن ثم حساب الشدات المطرية الأعظمية ورسم منحنيات IDF المطرية. الجدول (8) والشكل (15)

(الجدول -7) محطة طرطوس

فترة الرصد	الموقع			المحطة
	Elevation	Longitude	Latitude	
1966-1999	5m	35.52 N	34.54 E	طرطوس

(الجدول -8) الشدات الأعظمية I_d^T حسب غامبل بـ mm/h

T (التكرار بالسنة)	P (الاحتمال)	24 h	6 h	3h	1h	0.5h	0.25 h
2	0.5	2.53	7.36	12.71	28.38	45.06	67.46
3	0.67	3.04	8.84	15.40	33.71	52.69	78.80
5	0.8	3.62	10.49	18.39	39.65	61.18	91.42
10	0.9	4.34	12.56	22.15	47.12	71.84	107.29
20	0.95	5.04	14.55	25.76	54.29	82.08	122.51
25	0.96	5.26	15.18	26.90	56.56	85.32	127.34
50	0.98	5.94	17.12	30.43	63.56	95.32	142.20
100	0.99	6.61	19.05	33.92	70.51	105.24	156.97
200	0.995	7.28	20.97	37.41	77.43	115.14	171.68



(الشكل-15) منحنيات الـ IDF حسب غامبل

وأظهرنا مما سبق أن سلسلة البيانات تتبع للقياس البسيط لفترتين: 15 min-1 h وقيمة $H_d = -0.5408$ ومن 1h-24 h وقيمة $H_d = -0.7664$ وبالتالي يمكن تطبيق المعادلة العامة (18) للحصول على الشدة المطرية لأي مدة وأي تكرار بدلالة الشدة المرجعية:

$$\sigma_{24} = 0.964 \text{ و } \mu_{24} = 2.17$$

$$\lambda_d = \frac{D}{d} = \frac{24}{1} = 24$$

$$\sigma = \lambda_d^{-H_d} \sigma_{24} = 24^{0.7664} * 0.964 = 11.01$$

$$\mu = \lambda_d^{-H_d} \mu_{24} = 24^{0.7664} * 2.17 = 24.79$$

نعوض بالمعادلة العامة:

$$I_d^T = \frac{\mu + \sigma \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]}{d^{-H_d}} \quad (33)$$

محطة طرطوس:

ومن 1 h-24 h

$$I_d^T = \frac{24.79 + 11.01 \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]}{d^{0.7664}} \quad (37)$$

15 min-1 h

$$I_d^T = \frac{24.79 + 11.01 \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]}{d^{0.5408}} \quad (38)$$

الشدة $mm/h I_d^T$ و d المدة بالساعة T التكرار بالسنة

التحقق من العلاقة:

لدينا $11.22 = \sqrt{\frac{1}{M} \{\sum_{i=1}^M [(I_d^{T*} - I_d^T)]^2\}}$, $M=9$, $N=6$, حيث I_d^{T*} الشدة المطرية المحسوبة من

العلاقة (37) و(38) ومن ثم بالتعويض في علاقة الخطأ نجد أن $RMSE = 1.87mm/h$ وهي قيمة مقبولة في الدراسات الهيدرولوجية [11]

يمكن من خلال هاتين العلاقتين الحصول على الشدات المطرية ذات الممد المختلفة من الشدة ذات المدة 24 ساعة

الاستنتاجات والتوصيات

- إمكانية استخدام الطريقة التقليدية لأي نوع من التوزيعات الاحتمالية ولكن هذه الطريقة تحتاج إلى حساب عدد كبير من المعاملات وعلى عدة مراحل فعلى سبيل المثال، لتحديد منحنيات IDF لمدة ثمانى فترات مختلفة باستخدام اثنين من المعاملات نحتاج إلى تحديد 16معامل.
- اعتماداً على دراسة الخصائص الإحصائية لبيانات الأمطار في المحطات المدروسة تبين لنا أنها تتبع للمقياس البسيط وهي عبارة عن خطين مستقيمين الأول من 1 h - 15 min بميل (-0.5408) والثاني من 24 h - 1h بميل (-0.7664) أي أن هناك انكسار عند النقطة 1 h وهذا الانكسار يعني تغير في ديناميكية هطول الأمطار من ميل بسيط للمد القصيرة والمقابلة لشدات مطرية كبيرة إلى ميل أكثر اعتدالاً للمد الكبيرة والمقابلة لشدات أقل.
- من خلال قيمة الخطأ نجد أن كلتا الطريقتين مقبولتين ولكن طريقة المقياس البسيط تعطي نتائج أكثر دقة من تلك التي تعطيها الطريقة التقليدية حيث كانت قيمة الخطأ في الطريقة التقليدية أكبر منه في طريقة المقياس البسيط.
- يمكن استخدام طريقة المقياس البسيط في المواقع التي لا تتوفر فيها قياسات بينما لا يمكن استخدام الطريقة التقليدية لحالة عدم توفر قياسات.
- فائدة استخدام مبادئ المقياس هي أنها تقلل من مقدار المعاملات المطلوبة لحساب الشدات ولكن من مساوئ هذه الطريقة أنه لا يمكن استخدامها إلا من أجل توزيع كامل.
- تعميم منهجية البحث على بقية المحطات المناخية في القطر لوضع أطلس وطني يشمل منحنيات الشدة المطرية التصميمية.
- إجراء المزيد من الأبحاث المستقبلية التي تتناول الشدات المطرية الأعظمية وعلاقتها مع عناصر الطقس الأخرى من حرارة ورطوبة ورياح لكي يتمكن تطوير نماذج مطرية أعظمية يمكن استخدامها للحصول على تصور كامل للتغيرات المناخية التي يمكن أن تحصل في المستقبل.
- التوسع في دراسات المقياس البسيط بحيث يمكن استخدامها لأنواع أخرى من التوزيعات الاحتمالية.

المراجع

- 1- الأسعد، علي؛ وعمار، غطفان. *الهيدرولوجيا*. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، 2006-2007.
- 2- جعفر، رائد. *تحديد منحنيات الشدة المطرية بدلالة مخططات الهطول المطري لتصميم شبكات الصرف الصحي*. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2001.
- 3-SMITHERS,J, C. *Development and evaluation of techniques for estimation short duration design rainfall in South Africa*. Department of Agricultural Engineering, University of Natal, South Africa, 1998,379.
- 4-NHAT, L, M. *Development of intensity Duration Frequency Relationships Based on scaling Characteristics of rainfall Extremes*. Department of Urban and Environmental Engineering Graduate School of Engineering, Kyoto university, 2008,172.
- 5- NAGHETTINI, M. *Application of scale invariance properties of rainfall for estimating the intensity duration frequency relationship at Uberaba, in south- central Brazil*. Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brazil, VOL 4, 2012, 45-60.
- 6- AGBAZO,N ; NGOBI,G,K; AIAMOU, E; KOUNOUHEWA, B; AFOUDA , A. *Scale invariance properties of rainfall in AMMA-CATCH observatory (Benin, West Africa)*. Technol Synthèse, VOL 33, 2016, 16-25.
- 7- EWEA, H, A;ELFEKI, A, M ; Al-AMRI, N, S. *Development of intensity-duration-frequency curves for the Kingdom of Saudi Arabia*. Geomatics Natural Hazards and Risk, VOL12,2016,88-112.
- 8- DARA,A,Q;Maqbool,M;Raazia, S. *An empirical formula to estimate rainfall intensity in Kupwara region of Kashmir valley, J and K, India*.2016.
- 9- NEGASH, W; Marie, Claire. *Analysis of Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationship for Rwanda*. Journal of Water Resource and Protection, 2016, VOL 8, 706-723.
- 10-RASEL, M, M; ISLAM,MD. *Generation of Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationship for North-Western Region in Bangladesh*. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, Volume 9, 2015, PP 41-47.
- 11- GUO,J; QIN, H; ZOU,Q;LI, Q. *Monthly stream flow forecasting based on improved support vector machine model Expert systems with Applications*. Journal,9,2011.