



AL- Rafidain
University College

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)

مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم

Available online at: <https://www.jruc.s.iq>

JRUCS

Journal of AL-Rafidain
University College for
Sciences

النمذجة الاحتمالية للأمطار الساقطة لبعض مناطق محافظة نينوى

أ.م.د. بان غانم عمر العاني

drbanalani@uomosul.edu.iq

قسم الإحصاء والمعلوماتية - كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق

معلومات البحث

تواريخ البحث

تاريخ تقديم البحث: 2022/12/15

تاريخ قبول البحث: 2023/3/3

تاريخ رفع البحث على الموقع: 2023/12/31

الكلمات المفتاحية

هطول الأمطار، التوزيعات الاحتمالية، اختبارات جودة الملاءمة، جذر متوسط مربعات الخطأ

المستخلص

تعتبر دراسة احتمالات هطول الأمطار الشهرية ذات أهمية كبيرة بسبب زيادة وقوع الأحداث المتطرفة كالفيضانات والجفاف وأثر ذلك على الزراعة وإنشاء وتشغيل السدود المائية. ومع ذلك، فإن توزيع هطول الأمطار في مناطق محافظة نينوى لا يزال غير معروف. وبالتالي، فإن الهدف من هذا العمل هو تقييم التوزيع الاحتمالي لتكرار هطول الأمطار على المناطق الرئيسية من محافظة نينوى (الموصل، بعشيق، تلعفر، ربيعة). تم إجراء تحليل احتمالي باستخدام مجموعة بيانات تاريخية عن هطول الأمطار لمدة (33) عاماً ممتدة على الفترة (1990-2022) تم الحصول عليها من مركز الأرصاد الجوية في وزارة الزراعة العراقية، والموقع الإلكتروني لبيانات الطقس العالمية MeteoBlue. للحصول على دقة كبيرة في النمذجة الاحتمالية للبيانات، تم استبعاد بيانات الأشهر السادس، السابع، الثامن، والتاسع من التحليل لكون أن هطول الأمطار يكاد أن يكون شبه معدوم في هذه الأشهر. تمت ملاءمة سبعة توزيعات احتمالية متقدمة: بر، القيمة المتطرفة العمومي، كما العمومي، اللوجستي العمومي، بيرسون من النوع السادس، وبيرت مع البيانات الشهرية لمجموع الأمطار الهائلة على المناطق المذكورة. تم استخدام البرنامج الإحصائي EasyFit في تقدير الدوال الاحتمالية للتوزيعات المذكورة. ومن خلال إيجاد مجموع الدرجات لثلاثة اختبارات لجودة الملاءمة، تم التوصل إلى أن توزيع القيمة المتطرفة العمومي هو أفضل التوزيعات الاحتمالية لتمثيل البيانات الشهرية لهطول الأمطار على مدينة الموصل بنسبة ملاءمة (76%)، توزيع بيرت هو الأنسب لبيانات منطقة بعشيق بنسبة ملاءمة (67%)، توزيع كامل المعمم هو الأنسب لبيانات منطقة تلعفر بنسبة ملاءمة (95%)، بينما يعتبر توزيع اللوجستي العمومي هو الأفضل لبيانات منطقة ربيعة بنسبة ملاءمة (95%). وقد تأكدت هذه النتائج من خلال معيار جذر متوسطات مربعات الخطأ الذي كان في قيمه الدنيا عند استخدام التوزيعات المذكورة وفقاً لمناطق الدراسة المختارة. أثبتت النتائج العلمية بوضوح أن الإجراء التحليلي الذي تم استنباطه واختباره في هذه الدراسة يمكن تطبيقه بشكل مناسب لتحديد أفضل توزيع احتمالي ملائم لمعاملات الطقس.

للمراسلة:

أ.م.د. بان غانم عمر العاني

drbanalani@uomosul.edu.iq

<https://doi.org/10.55562/jruc.s.v54i1.584>

1. المقدمة: Introduction

يعتبر هطول الأمطار أحد العناصر الرئيسية للأرصاد الجوية والمناخية، وهو ذو أهمية كبيرة بسبب تأثيره على الأنشطة البشرية، وخاصةً عندما يتعلق الأمر بالعوامل المسببة لندرة المياه في مناطق مختلفة من البلاد والعالم، فضلاً عن العوامل التي تؤثر على حدوث الظواهر المناخية المتطرفة، فإن الأمطار وشدها تتم مناقشتها بشكل كبير في مجالات علم المناخ والأرصاد الجوية المنظمة العالمية للأرصاد الجوية [1].

مشكلة البحث: قد يؤدي هطول الأمطار الغزيرة إلى حدوث انهيارات أرضية أو فيضانات مفاجئة أو فيضانات في المناطق المعرضة للخطر، بينما يؤدي الجفاف وتجميد الطمي في الأنهار إلى ندرة المياه. فيما يتعلق بالزراعة، يتداخل هطول الأمطار بشكل مباشر مع توازن المياه ودرجة الحرارة ورطوبة الهواء والتربة، مما يؤثر على نمو المحاصيل وتطورها. إن غياب الطرق والأساليب العلمية في معرفة توزيع هطول الأمطار والتنبؤ بكمياتها قد يؤدي إلى أضرار وخسائر جسمية في البيئة وخاصة فيما يتعلق بحياة الإنسان.

أهمية البحث: إن فهم ديناميكيات حدوث هطول الأمطار يؤثر على التغيرات في استخدام الأراضي للأغراض الحضرية، والدراسات الهيدرولوجية في المدن، والاستراتيجية التخطيطية في المناطق الرئيسية من البلاد. في هذا السياق، ومن أجل فهم أفضل لمجموعة البيانات التاريخية حول تباين هطول الأمطار بدقة عالية في هذا النطاق العلمي، من الضروري استخدام نهج احتمالي يتكون من ملائمة توزيعات احتمالية مختلفة، وبالتالي، إجراء اختبارات جودة المطابقة للتحقق من النماذج التي حصلت على أفضل ملائمة للبيانات. في الدراسات حول احتمالية هطول الأمطار الشهرية، يتم استخدام بعض التوزيعات الاحتمالية المتقدمة مثل توزيعات كاما وبيرسون وكامبل، بيرسون، بيرت وغيرها بشكل متكرر نظراً لخاصية عدم التماثل في منحنيات هذه التوزيعات، والتي تضمن أن كثير من القيم ستختلف عن الصفر، وهذا يتوافق مع بيانات المتغيرات المناخية ومنها هطول الأمطار [2].

هدف البحث: إيجاد أفضل التوزيعات الاحتمالية للملائمة لمجموع الأمطار الهاطلة شهرياً على المناطق الرئيسية في محافظة نينوى والتي تتواجد فيها محطات الإحصاء الجوية والتي تشمل (الموصل، بعشيق، تلعفر، ربيعة)، وذلك من خلال اختبارات جودة الملائمة ومن ثم التحقق من جودة الملائمة باستخدام بعض المعايير الإحصائية.

الدراسات السابقة: في عام (1924) درس Fisher تأثير هطول الأمطار على محصول القمح في منطقة روتاماسد في إنكلترا، وأستنتج أن توزيع هطول الأمطار خلال الموسم وليس كمية هطول الأمطار هو الذي يؤثر على غلة المحصول [3]. في عام (1929) قام Tippett بتطبيق هذه التقنية على توزيع أشعة الشمس، ووجد أن أشعة الشمس لها تأثير مفيد طوال العام على محصول القمح [4].

من الدراسات الأخرى المفيدة في هذا المجال، دراسة Manning في عام (1950) حيث قام بتحويل التوزيع التكراري الملتوي لهطول الأمطار ليقترّب بشكل وثيق من التوزيع الطبيعي [5].

قام RamanRao وآخرون في عام (1975) بتحليل بيانات هطول الأمطار اليومية التي تم جمعها في مدينة بيجابور بالهند للمدة من (1921) إلى (1970) وتم إخضاع البيانات لبعض التوزيعات الاحتمالية [6].

أوضح Phien و Ajirajah في عام (1984) أن توزيع لوغاريتم بيرسون من النوع الثالث مناسباً للغاية لكل من الفيضان السنوي، والحد الأقصى السنوي لهطول الأمطار، وتدفق التدفق السنوي والأمطار السنوية، وذلك بعد التقييم بواسطة اختبارات مربع كاي وكولموكوروف-سميرنوف [7].

وقد ذكر كل من Singh و Upadhaya في عام (1998) أنه من الممكن التنبؤ بهطول الأمطار بشكل دقيق إلى حد ما باستخدام توزيعات احتمالية مختلفة لفترات عودة معينة على الرغم من أن هطول الأمطار يختلف باختلاف المكان والزمان والطبيعة غير المنتظمة [8].

أوصى Tao وآخرون في عام (2002) بتوزيع القيمة القصوى المعمم باعتباره التوزيع الأكثر ملاءمة بعد إجراء تقييم منهجي لتمثيل عملية القيمة القصوى وتقدير المعلمة البسيط نسبياً [9].

في عام (2004) قام Salami بدراسة بيانات الأرصاد الجوية لولاية تكساس ووجد أن توزيع كامبل مناسب بشكل كافٍ لكل من بيانات التبخر ودرجة الحرارة، بينما يتوافق توزيع بيرسون من النوع الثالث لبيانات هطول الأمطار بشكل أكثر دقة [10].

في عام (2007) أستنتج Kwaku و Duke أن التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي كان أفضل توزيع احتمالي ملائم لمدة يوم إلى خمسة أيام متتالية لأقصى كمية من الأمطار القصوى في مقاطعة أكرافا في غانا [11].

ذكر Bhakar في عام (2008) أنه يتم تحديد هطول الأمطار المتوقع في فترات العودة المختلفة من خلال تحليل الاحتمالات وتواتر بيانات هطول الأمطار [12].

في محافظة نينوى بالعراق، أجريت دراسة في عام (2014) من قبل Taha على كمية الأمطار الساقطة في محطتي الموصل وسنجار للفترة من (2000 - 2008)، وأوضحت النتائج أن كمية الأمطار في سنجان كانت أعلى مما هي عليه في الموصل، إذ كانت المعدلات السنوية العامة (34.19) و (28.15) ملم على التوالي. وإن أعلى كمية أمطار خلال سنوات الدراسة كانت (405.9) ملم في سنة (2002) وأقلها كانت (90.9) ملم سنة (2008) في محطة الموصل، بينما كانت الأعلى (425.8) ملم سنة (2006) والأدنى بمقدار (74.5) ملم سنة (2003) فقط في محطة سنجان. وقد اتخذت البيانات شكل التوزيع الاحتمالي الطبيعي [13].

في عام (2016) صُمم Amin وآخرون دراسة للبحث عن أفضل توزيع احتمالي ملائم لأقصى هطول سنوي لهطول الأمطار بناءً على عينة مدتها 24 ساعة في المناطق الشمالية من باكستان باستخدام أربعة توزيعات احتمالية: الطبيعي، اللوغاريتمي الطبيعي، لوغاريتم بيرسون من النوع الثالث، كامبل الأقصى. بناءً على درجات جودة اختبارات الملاءمة، وجد أن التوزيع الطبيعي هو أفضل توزيع احتمالي ملائم في محطة قياس هطول الأمطار في ولاية ماردان. تم التوصل إلى أن توزيع لوغاريتم بيرسون من النوع الثالث ليكون أفضل توزيع احتمالي ملائم في باقي محطات قياس هطول الأمطار [14].

في عام (2018) قام Vieira وآخرون بتقييم التوزيع الاحتمالي لتكرار هطول الأمطار في إحدى مناطق جنوب غرب ولاية بارانا في البرازيل. تم إجراء تحليل احتمالي باستخدام مجموعة بيانات تاريخية عن هطول الأمطار لمدة (40) عاماً (1973-2012). تمت مقارنة توزيعات كاما، وبيل، الطبيعي، واللوغاريتمي الطبيعي. تمت المقارنة بين هذه التوزيعات من خلال معيار معلومات أكايكي للمعلومات وباستخدام البرنامج الإحصائي R للتقدير. أظهرت النتائج أن توزيعات كاما وبيل كانت الأكثر ملاءمة للبيانات.

بناءً على ذلك، تم تقدير متوسط هطول الأمطار السنوي ليكون (2010.6) ملم. علاوة على ذلك، وجد أنه على مدار العام يكون لشهر أكتوبر أعلى احتمالية لحدوث هطول الأمطار، مع (86%) احتمالية لسقوط الأمطار بكميات أعلى من (150) ملم و (64%) احتمالية لسقوط الأمطار بكميات أعلى من (200) ملم [15].

في عام (2022) قام كل من Olaom و Ehimony بجمع بيانات عن هطول الأمطار الشهرية لمدة (80) عامًا من وكالة الأرصاد الجوية النيجيرية في أبوجا. أخذت البيانات من سبع محطات شاملة رئيسية في شمال نيجيريا. نقيس اتجاهات الكثافة في هطول الأمطار ونحصل على أفضل اتجاه مناسب لهطول الأمطار السنوي. أظهرت نتيجة تحليل الاتجاه تقلبات واضحة في نمط هطول الأمطار للفترة قيد الدراسة. تم إجراء ثلاثة عوامل إحصائية لاختبار الملاءمة من أجل اختيار أفضل توزيع احتمالي ملائم على أساس أعلى مرتبة مع أدنى قيمة لإحصاء الاختبار. وقد لوحظ أن توزيع القيمة المتطرفة المعمم وبيرسون اللوغاريتمي هما الأفضل وفق اختبار أندرسون-دارلنك الذي أعطى أدنى قيمة مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى. بينما أوضح اختبار مربع كاي أن خمسة توزيعات احتمالية هي: كاما، بيرسون من النوع السادس، كاما، وييل، واللوغاريتمي الطبيعي هي ملاءمة لهطول الأمطار سنويًا. في حين أنتج اختبار كولموكوروف - سميرنوف لتصنيف (17) توزيعًا احتماليًا للحصول على أفضل ملائمة لهطول الأمطار، وتبين أن التوزيعات الاحتمالية: الطبيعي، كاما، واللوغاريتمي الطبيعي، وبيرسون اللوغاريتمي هي أفضل توزيعات ملائمة، فهي قوية مع معايير حصينة لقياس هطول الأمطار [16].

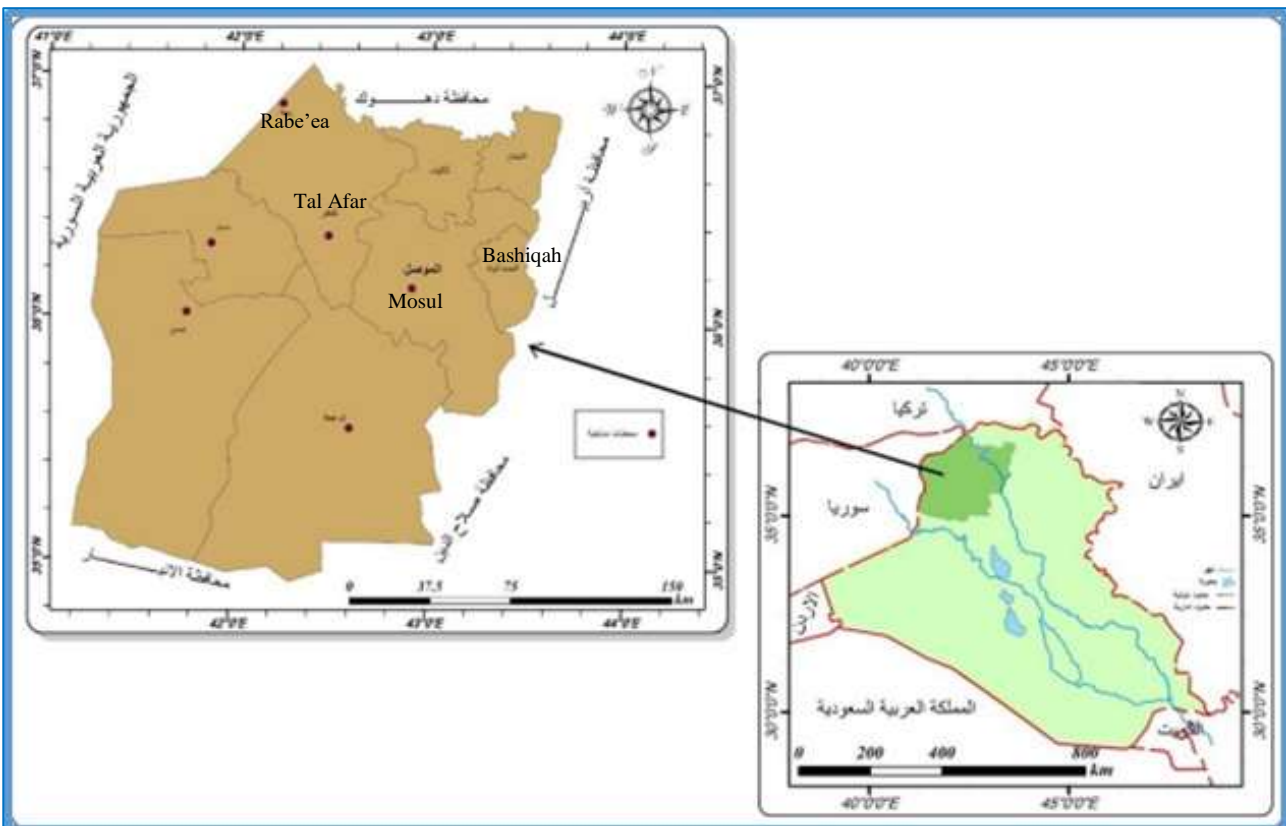
2. المواد والطرق: Materials and Methods

• أولاً: منطقة وبيانات البحث: Region and Data Set

تشمل منطقة الدراسة كل من قضاء الموصل في مركز محافظة نينوى، ناحية بعشيقية مركز قضاء الحمدانية، ناحية زمار التابعة لقضاء تلعفر، قضاء تلعفر شمال غرب المحافظة، وناحية ربيعة التي تقع على الحدود العراقية-السورية. يوضح الجدول (1) والشكل (1) المحطات المناخية في محافظة نينوى ومواقعها الجغرافية حسب خطي الطول والعرض، إضافة إلى تاريخ نصب هذه المحطات.

جدول (1): المحطات المناخية في محافظة نينوى [17]

Gauging Stations	Longitude	Latitude	Running Date
Mosul	43.16	36.33	2011-07-17
Bashiqah	43.33	36.45	2011-05-18
Zummar	42.59	36.64	2012-07-19
Tal Afar	42.38	36.36	2013-11-29
Rabe'ea	42.23	36.74	2019-07-31



شكل (1): محافظة نينوى موضحاً فيها مناطق الدراسة المختارة [18]

تعتمد الدراسة الحالية على بيانات السلاسل الزمنية الخاصة بالمجموع الشهري لهطول الأمطار (لم) لمناطق الدراسة المذكورة باستثناء منطقة زمار لعدم كفاية البيانات المتاحة عنها، وتم الحصول على البيانات لمدة (33) عاماً للفترة (1990-2022) من مركز الأرصاد الجوية في وزارة الزراعة العراقية [17]، والموقع الإلكتروني لبيانات الطقس العالمية [19] Meteoblue. وبذلك فإن عدد البيانات المتاحة للتحليل ستكون (n=396)، وللحصول على جودة عالية لملائمة التوزيعات الاحتمالية لبيانات، تم استبعاد بيانات الأشهر السادس، السابع، الثامن، والتاسع من التحليل لكون أن هطول الأمطار يكاد يكون شبه معدوم في هذه الأشهر، وبذلك فإن عدد البيانات الذي سيخضع للتحليل سيكون (n=264).

ويُعد التذبذب الشهري لهطول الأمطار سمة بارزة في الهطول المطري على محافظة نينوى، إذ تتباين كميات الأمطار الهائلة من حيث المجموع الشهري حسب محطات القياس. خلال فترة الدراسة، بلغت أعلى كمية للأمطار الهائلة في محطة بعشيقية، وأقلها في محطة ربيعة (الجدول (2)). تتميز محافظة نينوى بفصلية الهطول المطري، إذ تبدأ السنة المطرية من شهر تشرين الثاني/نوفمبر وتمتد إلى شهر أيار/مايو وذلك لوقوع المنطقة ضمن مسارات أعاصير البحر المتوسط. أما فصل الصيف فيكون جافاً حيث يسجل أدنى كمية لهطول الأمطار، وهذا التذبذب السنوي في كمية هطول الأمطار أدى إلى التباين في كمية ونوعية العمليات الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة [20].

• ثانياً: التوزيعات الاحتمالية لبيانات هطول الأمطار: Probability Distributions of Rainfall Data

هناك مجموعة من التوزيعات الاحتمالية الشائعة الاستخدام في الدراسات السابقة والتي استخدمت لدراسة المتغيرات المناخية وعلى الأخص كميات هطول الأمطار. ولتقدير معالم هذه التوزيعات من خلال البيانات المتاحة فقد تم استخدام طريقة العزوم Method of Moments. أما المقاييس الإحصائية المهمة التي سيتم حسابها من البيانات فتشمل كل من المتوسط الحسابي \bar{X} ، الانحراف المعياري S ، معامل الاختلاف $C.V$ ، ومعامل الالتواء γ حيث أن:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (4)$$

من أهم التوزيعات الاحتمالية المستخدمة لتمثيل المعدلات الشهرية لكميات هطول الأمطار في هذا البحث هي:

➤ توزيع بر: Burr Distribution

إذا كان المتغير العشوائي يتبع توزيع بر بالمعلمت: β (معلمة القياس)، α و k (معلمتي الشكل) فإن دالة كثافة الاحتمال ستكون معرفة كالآتي:

$$f(x) = \frac{\alpha k \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}}{\beta \left[1 + \left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right]^{k+1}}; \quad 0 < x < \infty; k, \alpha, \beta > 0 \quad (5)$$

➤ توزيع القيمة المتطرفة المعمم: Generalized Extreme Value Distribution

إذا كان المتغير العشوائي يتبع توزيع القيمة المتطرفة المعمم بالمعلمت: μ (معلمة الموقع) و k و σ (معلمتي الشكل) فإن دالة كثافة الاحتمال ستكون معرفة كالآتي:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \exp\left[-(1+kz)^{-\frac{1}{k}}\right] (1+kz)^{-1-\frac{1}{k}} & \text{for } k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp[-(z - \exp(-z))] & \text{for } k = 0 \end{cases} \quad -\infty < \mu, x < \infty; \sigma > 0; z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (6)$$

➤ توزيع كاما المعمم: Generalized Gamma Distribution

إذا كان المتغير العشوائي يتبع توزيع كاما المعمم بالمعلمات: β (معلمة القياس) و k و α (معلمتي الشكل) فإن دالة كثافة الاحتمال ستكون معرفة كالآتي:

$$f(x) = \frac{kx^{k\alpha-1}}{\beta^{k\alpha}\Gamma(\alpha)} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^k\right] \quad 0 < x < \infty; \alpha, \beta, k > 0 \quad (7)$$

➤ التوزيع اللوجستي المعمم: Generalized Logistic Distribution

إذا كان المتغير العشوائي يتبع التوزيع اللوجستي المعمم بالمعلمات: α (معلمة الشكل)، β (معلمة القياس)، k (معلمة الموقع) فإن دالة كثافة الاحتمال ستكون معرفة كالآتي:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} [\exp(-z)][1 + \exp(-z)]^{-\alpha-1}; \quad k \leq x < \infty; k, \alpha, \beta > 0; z = \frac{x - k}{\beta} \quad (8)$$

➤ توزيع بيرسون نوع 6: Pearson Type VI Distribution

إذا كان المتغير العشوائي يتبع توزيع بيرسون 6 بالمعلمات: β (معلمة القياس)، α_1 و α_2 (معلمتي الشكل) فإن دالة كثافة الاحتمال ستكون معرفة كالآتي:

$$f(x) = \frac{(x/\beta)^{\alpha_1-1}}{\beta B(\alpha_1, \alpha_2)} \left(1 + \frac{x}{\beta}\right)^{-(\alpha_1+\alpha_2)} \quad 0 < x < \infty; \alpha_1, \alpha_2, \beta > 0 \quad (9)$$

Beta function تمثل دالة بيتا $B(\alpha_1, \alpha_2)$.

➤ توزيع كامبل الأقصى: Gumbel Max Distribution

إذا كان المتغير العشوائي يتبع توزيع كامبل الأقصى بالمعلمات: μ (معلمة الموقع)، σ (معلمة القياس) فإن دالة كثافة الاحتمال ستكون معرفة كالآتي:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp[-(z + e^{-z})] \quad -\infty < x < \infty; -\infty < \mu < \infty; \sigma > 0; z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (10)$$

➤ - توزيع بيرت: Pert Distribution

إذا كان المتغير العشوائي يتبع توزيع بيرت بمعلمتي الشكل α_1 و α_2 فإن دالة كثافة الاحتمال ستكون معرفة كالآتي:

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha_1, \alpha_2)} \cdot \frac{(x-a)^{\alpha_1-1}(b-x)^{\alpha_2-1}}{(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}}; \quad a \leq x \leq b; a < b \quad (11)$$

حيث:

$$\alpha_1 = \frac{4m + b - 5a}{b - a}, \quad \alpha_2 = \frac{5b - a - 4m}{b - a}, \quad B(\alpha_1, \alpha_2) \text{ is beta function}$$

• ثالثاً: ملائمة التوزيع الاحتمالي: Fitting the Probability Distribution

لمعرفة مدى ملائمة التوزيعات الاحتمالية الثمانية المذكورة سابقاً للمعدلات الشهرية لهطول الأمطار على مناطق محافظة نينوى المختارة بالدراسة للمدة (1990-2022) يتم استخدام اختبارات جودة الملاءمة Goodness of Fit Tests. يقيس اختبار جودة الملاءمة مدى توافق بيانات العينة العشوائية مع توزيع احتمالي نظري معين. الفرضية المراد اختبارها هنا هي:

- ✓ H_0 : المجاميع الشهرية لهطول الأمطار تتبع التوزيع الاحتمالي المحدد
 - ✓ H_1 : المجاميع الشهرية لهطول الأمطار لا تتبع التوزيع الاحتمالي المحدد
- لاختبار الفرضية أعلاه سيتم استخدام اختبارات جودة الملاءمة التالية:

➤ اختبار كولموكوروف - سميرنوف: Kolmogorov-Smirnov Test

يعتبر اختبار كولموكوروف-سميرنوف (K-S) أحد الاختبارات اللامعلمية، ويستخدم في حالة التوزيعات الاحتمالية المتصلة فقط. وتُعرف إحصائية (K-S) بأنها أكبر فرق بين دالة التوزيع التراكمي النظرية ودالة التوزيع التراكمي التجريبية (المحسوبة من البيانات) [21]، وأن:

$$K-S = \max_{1 \leq i \leq n} \left[F(X_i) - \frac{i-1}{n}, \frac{i}{n} - F(X_i) \right] \quad (12)$$

حيث: X_i يمثل بيانات المتغير العشوائي. $i = 1, 2, \dots, n$

واعتماداً على مستوى المعنوية $\alpha = 0.05$ فإنه يتم قبول فرضية العدم إذا كانت $K-S \leq 0.05$. ولايحتج أن قيمة هذا الاختبار تكون حساسة للبيانات التي تفرع بالقرب من مركز التوزيع أكثر من البيانات التي تقع على طرفي التوزيع.

➤ اختبار أندرسون - دارلنك: Anderson-Darling Test

يعتبر اختبار أندرسون-دارلنك (A-D) هذا الاختبار تعديلاً لاختبار (K-S) حيث أنه يعطي وزناً للبيانات التي تقع على طرفي التوزيع [22]. وهذا الاختبار أيضاً يستخدم في حالة التوزيعات الاحتمالية المتصلة فقط، ويتخذ الصيغة التالية:

$$A-D = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [LnF(X_i) + Ln(1 - F(X_{n+1-i}))] \quad (13)$$

حيث: X_i ; $i = 1, 2, \dots, n$ يمثل بيانات المتغير العشوائي المرتبة.

وتقارن قيمة الاختبار مع القيمة المستخرجة من جداول الاختبار عند مستوى المعنوية $\alpha = 0.05$ وحجم العينة n ويتم قبول فرضية العدم إذا كانت قيمة الاختبار المحسوبة أقل من نظيرتها الجدولية. مع العلم أنه لكل مجموعة من التوزيعات الاحتمالية هناك جدول خاص بالقيم الحرجة للاختبار [23].

➤ اختبار مربع كاي: Chi-Square Test

يمكن استخدام هذا الاختبار (Ch-S) على حد سواء في التوزيعات الاحتمالية المتقطعة والمتصلة. ويتخذ هذا الاختبار الصيغة التالية:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (14)$$

في حالة التوزيعات الاحتمالية المستمرة فإن:

$i = 1, 2, \dots, k$; i يمثل عدد المشاهدات.

O_i : يمثل التكرار الملاحظ Observed Frequency من البيانات.

E_i : يمثل التكرار المتوقع Expected Frequency الذي يحسب من البيانات بالاستناد إلى التوزيع الاحتمالي النظري مع العلم أن:

$$E_i = F(X_{Ui}) - F(X_{Li}) \quad (15)$$

X_{Li} و X_{Ui} تمثلان الحدين الأعلى والأدنى للفئة (i)، و F عبارة عن الدالة التراكمية للتوزيع الاحتمالي النظري.

وتقارن قيمة الاختبار مع مستوى المعنوية $\alpha = 0.05$ ويتم قبول فرضية العدم إذا كانت $A-D \leq 0.05$.

عدد الفئات الذي يمكن حسابه من خلال الصيغة:

$$k = 1 + \text{Log}_2 n$$

ولاتخاذ قرار بخصوص قبول أو رفض H_0 تتم مقارنة القيمة الاحتمالية للاختبار في (15) مع مستوى المعنوية $\alpha = 0.05$.

• رابعاً: تحديد أفضل توزيع احتمالي ملائم: Identification of best fit Probability Distribution

سيتم التحقق من مدى ملاءمة التوزيعات الاحتمالية السبعة باستخدام اختبارات جودة الملاءمة الثلاثة المذكورة سابقاً وذلك بالتطبيق على بيانات المجاميع الشهرية لهطول الأمطار على محافظة نينوى. وسيتم حساب القيمة الاحتمالية Prob. value لكل اختبار ومقارنتها مع مستوى معنوية $\alpha = 0.05$. ووفقاً لذلك، سيتم ترتيب التوزيعات الاحتمالية المختلفة من 1 إلى 7 بناءً على القيمة الإحصائية الدنيا للاختبار. تم اختيار التوزيع الحاصل على المرتبة الأولى لجميع الاختبارات الثلاثة بشكل مستقل. تقييم كل توزيع احتمالي يتم على أساس مجموع الرتب التي حصل عليها التوزيع من الاختبارات الثلاثة. أما المقارنة بين التوزيعات الاحتمالية الملاءمة للبيانات لاختيار أفضلها فيتم بناءً على الخطوات الآتية:

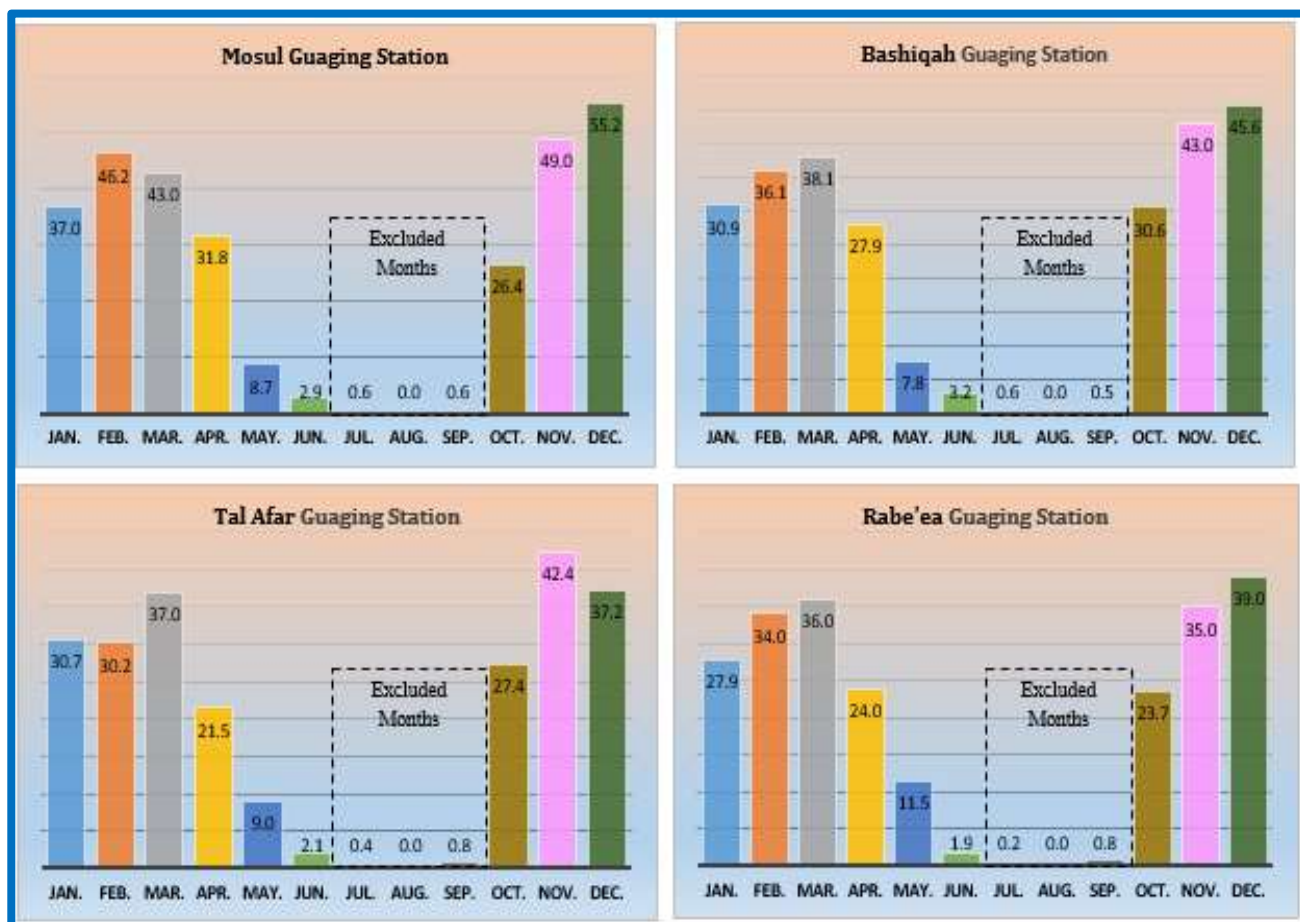
1. تقدير معلمات كل توزيع احتمالي من خلال البيانات المتاحة.
2. توليد العينات العشوائية بعدد (n) بناءً على كل توزيع احتمالي.
3. حساب معيار جذر متوسط مربعات الخطأ (Root Mean Square Error (RMSE)، لكل توزيع احتمالي، حيث:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2} \quad (16)$$

حيث تمثل \hat{X}_i القيمة المقدرة أو المتولدة من التوزيع الاحتمالي المحدد وذلك بعد تقدير معلماته من خلال البيانات المتاحة. التوزيع الاحتمالي الذي يمتلك أقل قيمة لـ RMSE يكون أكثر ملاءمة من غيره للبيانات.

3. النتائج والمناقشة: Results and Discussion

يعرض الشكل (2) المعدل الشهري لمجموع هطول الأمطار على مناطق الدراسة خلال الفترة (1990-2022). ويتبين من الشكل أن شهر كانون الأول/ديسمبر هو أكثر الشهور هطولاً لكميات الأمطار في جميع المحطات، بينما ينعدم هطول الأمطار في شهر آب/أغسطس في جميع المحطات. وعلى صعيد كل محطة يلاحظ أن المعدلات الشهرية لهطول الأمطار بلغت ذروتها في محطات الموصل، بعشيقه، تلعفر، ربيعة لتصل إلى (55.2) ملم، (45.6) ملم، (37.2) ملم، (39.0) ملم على التوالي. كما يعرض الجدول (2) ملخصاً للإحصاءات الوصفية متضمنة المعدل، الانحراف المعياري، معامل الاختلاف، ومعامل الالتواء، إضافة إلى القيم الدنيا والقصى للمجموع الشهري لهطول الأمطار خلال الفترة (1990-2022). وتشير النتائج إلى أن معدل هطول الأمطار في محطات الدراسة له تباين منخفض في كمية كثافة هطول الأمطار. وأن قيم معامل الالتواء الموجبة تشير إلى هناك التواء موجب في منحنى البيانات ولجميع محطات الدراسة، مما يعني أن التوزيعات الاحتمالية غير المتماثلة (كالتالي تتناولها الدراسة الحالية) قد تكون ملاءمة لوصف البيانات المتناولة في هذه الدراسة.



شكل (2): المعدلات الشهرية لهطول الأمطار على المناطق المختارة في محافظة نينوى للمدة (1990-2022)
جدول (2): الإحصاءات الوصفية للمجموع الشهري لكمية الأمطار الهاطلة على المناطق المختارة في الدراسة (n=264)

Region	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation	Coef. of variation	Coef. of Skewness
Mosul	0.0	162.0	34.66	26.93	77.70	1.16
Bashiqa	0.0	180.0	39.64	31.97	80.64	1.06
Tal Afar	0.0	162.0	31.30	25.48	81.40	1.40
Rabee'a	0.0	174.0	30.22	26.69	88.32	1.79

باستخدام طريقة العزوم، تم تقدير معالم التوزيعات الاحتمالية المتصلة السبعة المتناولة في هذه الدراسة (توزيع بر، توزيع القيمة المتطرفة المعمم، توزيع كاما المعمم، توزيع اللوجستي المعمم، توزيع كامل الأقصى، توزيع بيرسون من النوع السادس، توزيع بيرت) وذلك بالاستناد إلى بيانات الدراسة الخاصة بالمجموع الشهري لكميات الأمطار الهاطلة في المحطات المناخية الأربعة، وكانت النتائج كما في الجدول (3).

ولبيان مدى ملاءمة التوزيعات الاحتمالية لبيانات الدراسة، تم استخدام اختبارات جودة الملاءمة (K-S)، (A-D) و (C-S) الواردة في المعادلات (12)، (13) و (14) على التوالي وكانت النتائج كما في الجدول (4).

جدول (3): تقدير معالم التوزيعات الاحتمالية للمجموع الشهري لهطول الأمطار على المناطق المختارة في الدراسة (n=264)

Region	Distribution	Estimated Parameters
Mosul	Burr	$k = 2487.8, \alpha = 1.2715, \beta = 17769.0$
	G. Extreme Value	$k = 0.0495, \sigma = 20.018, \mu = 22.082$
	G. Gamma	$k = 0.9384, \alpha = 1.5845, \beta = 20.925$
	G. Logistic	$k = 0.2021, \alpha = 13.596, \beta = 29.920$
	Gumbel Max	$\sigma = 20.999, \mu = 22.543$
	Pearson VI	$\alpha_1 = 1.4113, \alpha_2 = 6.8526E+7, \beta = 1.6995E+9$
	Pert	$m = 1.5437E-12, a = -8.1864E-14, b = 204.14$

تنمة جدول (3)

Region	Distribution	Estimated Parameters
Bashiqah	Burr	$k = 2000.4, \alpha = 1.2252, \beta = 21348.0$
	G. Extreme Value	$k = 0.0647, \sigma = 23.614, \mu = 24.400$
	G. Gamma	$k = 0.9447, \alpha = 1.488, \beta = 25.780$
	G. Logistic	$k = 0.2122, \sigma = 16.177, \mu = 33.685$
	Gumbel Max	$\sigma = 24.925, \mu = 25.253$
	Pearson VI	$\alpha_1 = 1.341, \alpha_2 = 8.4061E+7, \beta = 2.5188E+9$
	Pert	$m = 5.3413E-13, a = -1.3818E-14, b = 234.43$
Tal Afar	Burr	$k = 43.274, \alpha = 1.3495, \beta = 577.03$
	G. Extreme Value	$k = 0.0802, \sigma = 18.030, \mu = 19.347$
	G. Gamma	$k = 1.0047, \alpha = 1.5826, \beta = 20.741$
	G. Logistic	$k = 0.2225, \sigma = 12.459, \mu = 26.465$
	Gumbel Max	$\sigma = 19.866, \mu = 19.832$
	Pearson VI	$\alpha_1 = 1.5646, \alpha_2 = 6.3823E+7, \beta = 1.3442E+9$
	Pert	$m = 9.4734E-13, a = -1.0474E-13, b = 190.69$
Rabee'a	Burr	$k = 8.0826, \alpha = 1.3487, \beta = 150.04$
	G. Extreme Value	$k = 0.1547, \sigma = 16.681, \mu = 17.600$
	G. Gamma	$k = 1.0333, \alpha = 1.3738, \beta = 23.569$
	G. Logistic	$k = 0.2733, \sigma = 12.019, \mu = 24.309$
	Gumbel Max	$\sigma = 20.808, \mu = 18.206$
	Pearson VI	$\alpha_1 = 1.439, \alpha_2 = 1.7572E+7, \beta = 3.8864E+8$
	Pert	$m = 1.8254, a = -1.2000E-14, b = 174.00$

جدول (4): اختبارات جودة ملائمة التوزيعات الاحتمالية للمجموع الشهري لكمية الأمطار الهائلة على المناطق المختارة في الدراسة (n=264)

Region	Distribution	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-Square	
		Statistic	P-value	Statistic	Critical v.	Statistic	P-value
Mosul	Burr	0.0831 ^{n.s}	0.073	11.6340*	2.502	35.2120*	0.000
	G. Extreme Value	0.0870 ^{n.s}	0.053	1.4548 ^{n.s}	2.502	32.9781*	0.000
	G. Gamma	0.0836 ^{n.s}	0.069	12.4991*	2.502	17.8652*	0.013
	G. Logistic	0.0878 ^{n.s}	0.051	1.9035 ^{n.s}	2.502	34.6653*	0.000
	Gumbel Max	0.1002*	0.016	1.5596 ^{n.s}	2.502	37.6094*	0.000
	Pearson VI	0.0801 ^{n.s}	0.092	12.2011*	2.502	21.1763*	0.003
	Pert	0.1062*	0.009	5.4861*	2.502	55.7120*	0.000
Bashiqah	Burr	0.0642 ^{n.s}	0.272	10.920*	2.502	25.714*	0.000
	G. Extreme Value	0.0822 ^{n.s}	0.077	1.7769 ^{n.s}	2.502	28.436*	0.000
	G. Gamma	0.0733 ^{n.s}	0.151	11.338*	2.502	12.024 ^{n.s}	0.100
	G. Logistic	0.0929*	0.032	2.6549*	2.502	18.787*	0.009
	Gumbel Max	0.0988*	0.018	2.0797 ^{n.s}	2.502	14.740*	0.039
	Pearson VI	0.0700 ^{n.s}	0.189	11.118*	2.502	14.779*	0.039
	Pert	0.0805 ^{n.s}	0.089	4.2538*	2.502	12.745 ^{n.s}	0.078
Tal Afar	Burr	0.0671 ^{n.s}	0.123	22.6060*	2.502	30.336*	0.000
	G. Extreme Value	0.0745 ^{n.s}	0.138	0.9867 ^{n.s}	2.502	17.274*	0.000
	G. Gamma	0.0813 ^{n.s}	0.083	23.0140*	2.502	29.124*	0.000
	G. Logistic	0.0807 ^{n.s}	0.087	1.3763 ^{n.s}	2.502	23.609*	0.001
	Gumbel Max	0.0663 ^{n.s}	0.240	1.2211 ^{n.s}	2.502	15.362*	0.032
	Pearson VI	0.0800 ^{n.s}	0.092	22.941*	2.502	25.459*	0.000
	Pert	0.0734 ^{n.s}	0.088	19.387*	2.502	25.162*	0.000

تتمة جدول (4)

Region	Distribution	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-Square	
		Statistic	P-value	Statistic	Critical v.	Statistic	P-value
Rabee'a	Burr	0.0825 ^{n.s}	0.076	22.888*	2.502	18.670*	0.009
	G. Extreme Value	0.0626 ^{n.s}	0.299	0.9016 ^{n.s}	2.502	7.5759 ^{n.s}	0.371
	G. Gamma	0.0818 ^{n.s}	0.078	22.859*	2.502	21.889*	0.003
	G. Logistic	0.0583 ^{n.s}	0.383	1.0075 ^{n.s}	2.502	5.6959 ^{n.s}	0.576
	Gumbel Max	0.0908*	0.038	2.4172*	2.502	23.758*	0.001
	Pearson VI	0.0819 ^{n.s}	0.079	22.899*	2.502	23.054*	0.002
	Pert	0.0810 ^{n.s}	0.085	23.676*	2.502	26.373*	0.000

n.s : not significant at 5% (accept H₀)
*** : significant at 5% (reject H₀)**

اعتماداً على القيم الاحتمالية لاختباري (K-S) و (C-S) والتي كانت أكبر من مستوى المعنوية (5%)، وقيم اختبار (A-D) التي كانت أقل من القيمة الحرجة (2.502) مما يعني قبول فرضية العدم التي تنص على ملاءمة التوزيع الاحتمالي للبيانات، وعلى ضوء ذلك يمكن استنتاج الآتي:

نتائج اختبار (K-S):

- ملاءمة توزيعات: بر، القيمة المتطرفة المعمم، كما المعمم، اللوجستي المعمم لبيانات هطول الأمطار في محطة الموصل.
- ملاءمة توزيعات: بر، القيمة المتطرفة المعمم، كما المعمم، اللوجستي المعمم، بيرسون 6، بيرت لبيانات هطول الأمطار في محطة بعشيقية.
- ملاءمة جميع التوزيعات الاحتمالية لبيانات هطول الأمطار في محطة تلعفر.
- ملاءمة توزيعات: بر، القيمة المتطرفة المعمم، كما المعمم، اللوجستي المعمم، بيرسون 6، بيرت لبيانات هطول الأمطار في محطة ربيعة.

نتائج اختبار (A-D):

- ملاءمة توزيعات: بر، القيمة المتطرفة المعمم، اللوجستي المعمم، كامل الأقصى لبيانات هطول الأمطار في محطة الموصل.
- ملاءمة توزيعات: بر، القيمة المتطرفة المعمم، كامل الأقصى لبيانات هطول الأمطار في محطة بعشيقية.
- ملاءمة توزيعات: القيمة المتطرفة المعمم، اللوجستي المعمم، كامل الأقصى لبيانات هطول الأمطار في محطة تلعفر.
- ملاءمة توزيعات: القيمة المتطرفة المعمم، اللوجستي المعمم، لبيانات هطول الأمطار في محطة ربيعة.

نتائج اختبار (C-S):

- عدم ملاءمة أي توزيع احتمالي لبيانات هطول الأمطار في محطة الموصل.
- ملاءمة توزيعات: كما المعمم، بيرت لبيانات هطول الأمطار في محطة بعشيقية.
- عدم ملاءمة أي توزيع احتمالي لبيانات هطول الأمطار في محطة تلعفر.
- ملاءمة توزيعات: القيمة المتطرفة المعمم، اللوجستي المعمم، لبيانات هطول الأمطار في محطة ربيعة.

فيما سبق، أوضحنا التوزيعات الاحتمالية الملائمة للبيانات على ضوء نتائج كل اختبار ملاءمة على حدة، ولاختيار التوزيعات الملائمة بناءً على نتائج الاختبارات الثلاثة معاً، يتم ترتيب قيم كل اختبار والمقابلة للتوزيعات الاحتمالية السبعة تنازلياً، وتعطى الدرجات من واحد (أقل ملاءمة) لأعلى قيمة للاختبار، إلى سبعة لأقل قيمة للاختبار، ومن ثم يتم جمع درجات الاختبارات الثلاثة لنحصل على الدرجة الإجمالية، الجدول (5) يعرض الدرجة الإجمالية لمدى ملاءمة كل توزيع احتمالي لبيانات هطول الأمطار في المحطات المناخية المتناولة بالدراسة.

كما تضمن الجدول (5) حساب معياري جذر متوسط مربعات الخطأ (RMSE) كما في المعادلة (16)، حيث تم توليد عينة عشوائية بعدد بيانات الدراسة، أي (264) قراءة ولكل توزيع احتمالي على ضوء قيم المعلمات المقدره بطريقة العزوم والواردة في الجدول (3) لنحصل بذلك على تقدير للمجاميع الشهرية لكميات هطول الأمطار أي $(\bar{X}_i; i = 1, 2, \dots, 264)$. ويظهر الجدول (5) النتائج الآتية:

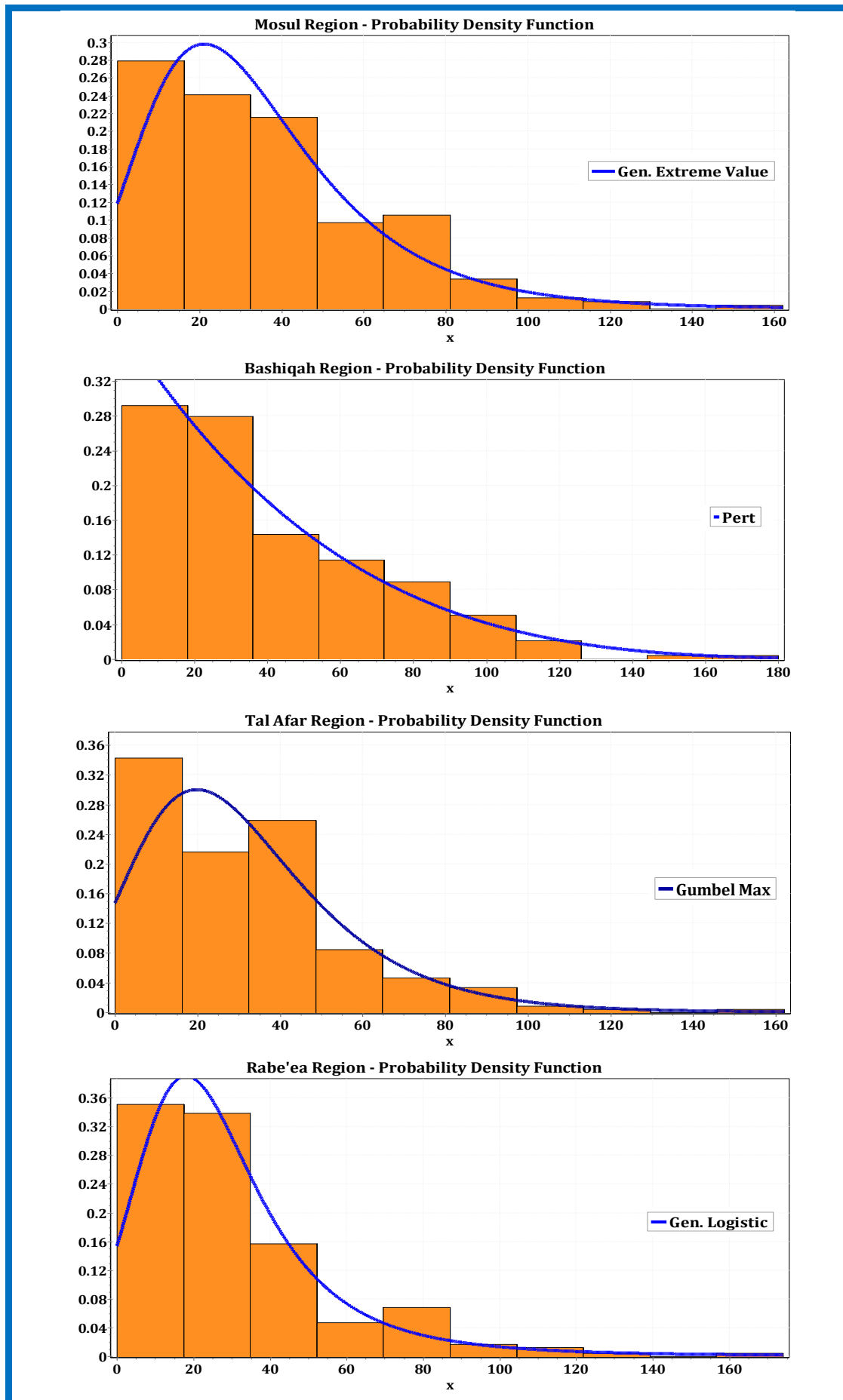
- حصل توزيع القيمة المتطرفة المعمم على أعلى درجة ملاءمة لبيانات هطول الأمطار في محطة الموصل والبالغة (16) وبنسبة ملاءمة بلغت (76%)، كما كانت بلغت قيمة RMSE لهذا التوزيع (35.5916) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى.
- توزيع بيرت هو الأكثر ملاءمةً لبيانات هطول الأمطار في محطة بعشيقية، حيث حصل على أعلى درجة ملاءمة والبالغة (14) وبنسبة ملاءمة وصلت إلى (67%)، كما كانت بلغت قيمة RMSE لهذا التوزيع (43.1668) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى.
- توزيع كامل الأقصى هو الأكثر ملاءمةً لبيانات هطول الأمطار في محطة تلعفر، حيث حصل على أعلى درجة ملاءمة والبالغة (20) وبنسبة ملاءمة وصلت إلى (95%)، كما كانت بلغت قيمة RMSE لهذا التوزيع (34.6805) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى.

- توزيع اللوجستي المعمم هو الأكثر ملاءمةً لبيانات هطول الأمطار في محطة تلعفر، حيث حصل على أعلى درجة ملاءمة والبالغة (20) ونسبة ملاءمة وصلت إلى (95%)، كما كانت بلغت قيمة RMSE لهذا التوزيع (37.8823) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى.

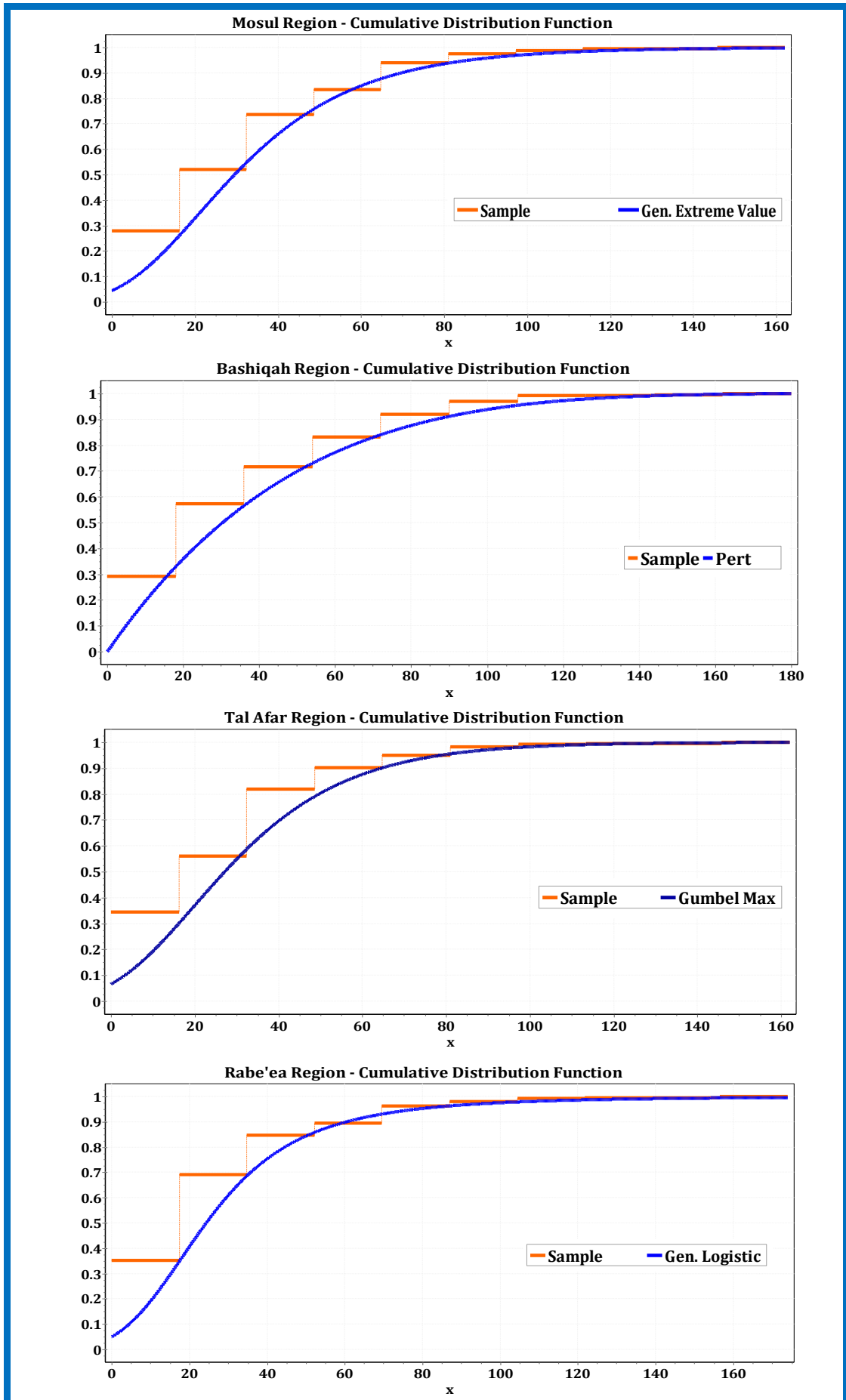
الجدول (5): درجات ملاءمة التوزيعات الاحتمالية للمجموع الشهري لكمية الأمطار الهائلة على المناطق المختارة في الدراسة إضافة إلى جذر متوسط مربعات الخطأ (n=264)

Region	Distribution	K-S score	A-D score	C-S score	Total Score	% fitting	RMSE
Mosul	G. Extreme Value	4	7	5	16	76	35.5916
	Pearson VI	7	2	6	14	67	39.2789
	G. Gamma	5	1	7	13	62	41.3275
	G. Logistic	3	5	4	12	57	39.9102
	Burr	6	3	3	12	57	39.4889
	Gumbel Max	2	6	2	10	48	42.8081
	Pert	1	4	1	6	28	42.5126
Bashiqah	Pert	4	4	6	14	67	43.1668
	G. Gamma	5	1	7	13	62	48.1444
	Burr	7	3	2	12	57	43.7824
	Gumbel Max	1	6	5	12	57	44.0076
	Pearson VI	6	2	4	12	57	43.8399
	G. Extreme Value	3	7	1	11	52	46.0999
	G. Logistic	2	5	3	10	48	44.4245
Tal Afar	Gumbel Max	7	6	7	20	95	34.6805
	G. Extreme Value	4	7	6	17	81	36.1250
	Pert	6	4	4	14	67	37.6384
	G. Logistic	1	5	5	11	52	36.9338
	G. Gamma	5	1	2	8	38	35.7369
	Burr	3	3	1	7	33	36.4467
	Pearson VI	2	2	3	7	33	37.7586
Rabee'a	G. Logistic	7	6	7	20	95	37.8823
	G. Extreme Value	6	7	6	19	90	39.2322
	G. Gamma	4	4	4	12	57	39.9913
	Burr	2	3	5	10	48	39.1645
	Gumbel Max	1	5	2	8	38	38.4909
	Pearson VI	3	2	3	8	38	38.5877
	Pert	5	1	1	7	33	39.4190

تم رسم دالات كثافة الاحتمالية (pdf) ودوال التوزيع التراكمي (cdf) لبيانات هطول الأمطار وللمحطات المناخية قيد الدراسة باستخدام أفضل توزيع مناسب، أي توزيع القيمة المتطرفة المعمم لمحطة الموصل، توزيع بيرت لمحطة بعشيقية، توزيع كامبل الأقصى لمحطة تلعفر، وتوزيع اللوجستي المعمم لمحطة ربيعة كما في الشكلين (3) و (4).



شكل (3): دوال كثافة الاحتمال الأكثر ملاءمةً للمجموع الشهري لهطول الأمطار على المناطق المختارة في الدراسة



شكل (4): دوال الاحتمال التراكمية الأكثر ملاءمة للمجموع الشهري لهطول الأمطار على المناطق المختارة في الدراسة

4. الاستنتاجات: Conclusions

استخدمت في هذه الدراسة بيانات المجموع الشهري لهطول الأمطار على أربع محطات قياس هطول الأمطار في محافظة نينوى (الموصل، بعشيق، تلعفر، ربيعة). كان الغرض من الدراسة هو إيجاد التوزيعات الاحتمالية الأكثر ملاءمة في محطات قياس هطول الأمطار الشمالية. تم إجراء تحليل احتمالي باستخدام مجموعة بيانات تاريخية عن هطول الأمطار لمدة (33) عامًا للفترة (1990-2022) مع استبعاد بيانات الأشهر السادس، السابع، الثامن، والتاسع من التحليل لكون أن هطول الأمطار يكاد يكون شبه معدوم في هذه الأشهر. تمت ملاءمة سبعة توزيعات احتمالية متقدمة: بر، القيمة المتطرفة العمومي، كاما العمومي، اللوجستي العمومي، بيرسون من النوع السادس، وبيرت للبيانات الشهرية لمجموع الأمطار الهائلة على المناطق المذكورة. ومن خلال إيجاد مجموع الدرجات لثلاثة اختبارات لجودة الملاءمة (C-S، A-D، K-S)، تم التوصل إلى أن توزيع القيمة المتطرفة العمومي هو أفضل التوزيعات الاحتمالية ملاءمة للبيانات الشهرية لهطول الأمطار على مدينة الموصل وبنسبة ملاءمة وصلت إلى (76%) وأقل قيمة لـ RMSE بلغت (35.1668) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى. توزيع بيرت هو الأنسب لبيانات منطقة بعشيق وبنسبة ملاءمة وصلت إلى (67%) وأقل قيمة لـ RMSE بلغت (43.1668) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى. توزيع كامبل المعمم هو الأنسب لبيانات منطقة تلعفر وبنسبة ملاءمة وصلت إلى (95%) وأقل قيمة لـ RMSE بلغت (34.6805) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى. بينما يعتبر توزيع اللوجستي العمومي هو الأفضل لبيانات منطقة ربيعة وبنسبة ملاءمة وصلت إلى (95%) وأقل قيمة لـ RMSE بلغت (37.8823) وهي الأقل مقارنة بالتوزيعات الاحتمالية الأخرى. أثبتت النتائج العلمية بوضوح أن الإجراء التحليلي الذي تم استنباطه واختباره في هذه الدراسة يمكن تطبيقه بشكل مناسب لتحديد أفضل توزيع احتمالي ملائم لمعاملات الطقس. وتوصي الدراسة بالتوسع في هذا الموضوع من خلال استخدام دوال الانحدار الكمية Quantile Regression Functions لأفضل التوزيعات الاحتمالية في التنبؤ بكميات الأمطار الهائلة على محطات الدراسة.

المصادر

- [1] WMO, "The Global Climate 2001–2010: A Decade of Climate Extremes", World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2013. Available at: http://www.unep.org/pdf/wmo_report.pdf. Access on: Feb. 2016.
- [2] Sharma, M.A. & Singh, J.B., "Use of Probability Distribution in Rainfall Analysis", New York Science Journal, Vol.(3), pp.40-49, 2010.
- [3] Fisher, R.A., "The Influence of the Rainfall on the Yield of Wheat at Rothamsted", Philosophical Transaction of the Royal Society B-Biological Sciences, Vol.(213), No.(402-410), pp.89-142, 1924.
- [4] Tippet, L.H.C., "On the Effect of Sunshine on Wheat Yield at Rothamsted", Jour. Agril. Sci., Vol.(16), No.(2), pp.159-165, 1929.
- [5] Manning, H.L., "Confidence Limits of Monthly Rainfall", Jour. Agril. Sci., Vol.(40), No.(169), pp.1-16, 1950.
- [6] RamaRao, B.V., Kavi, P.S. & Sridharan, P.C., "Study of Rainy Days and Wet Spells at Bijapur", Annual Arid Zone, Vol.(14), No.(4), pp.371-372, 1975.
- [7] Phien, H.N. & Ajirajah, T.J., "Applications of the Log-Pearson Type-3 Distributions in Hydrology", Journal of hydrology, Vol.(73), pp.359-372, 1984.
- [8] Upadhaya, A. & Singh, S.R., "Estimation of Consecutive Day's Maximum Rainfall by Various Methods and their Comparison", Indian Journal of S. Cons., Vol.(26), No.(2), pp.1993-2001, 1998.
- [9] Tao, D.Q., Nguyen, V.T. & Bourque, A., "On Selection of Probability Distributions for Representing Extreme Precipitations in Southern Quebec", Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, 5th - 8th June, pp.1-8, 2002.
- [10] Salami, A.W., "Prediction of the Annual Flow Regime along Asa River using Probability Distribution Models", AMSE periodical, Lyon, France. Modelling C., Vol.(65), No.(2), pp.41-56, 2004.
- [11] Kwaku, X.S. & Duke, O., "Characterization and Frequency Analysis of One Day Annual Maximum and Two to Five Consecutive Days Maximum Rainfall of Accra, Ghana", ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol.(2), No.(5), pp.27-31, 2007.
- [12] Bhakar, S.R. et al., "Probability Analysis of Rainfall at Kota", Indian J. Agri. Res., Vol.(42), pp.201-206, 2008.

- [13] Taha, M.A., “Testing the Best Models in Calculating the Amount of Rainfall in Sinjar and Mosul Stations”, *Journal of Applied and Pure Sciences*, Vol.(8), No.(22), pp.2005-2022, 2014.
- [14] Amin, M.T., Rizwan, M. & Alazba, A.A., “A Best-Fit Probability Distribution for the Estimation of Rainfall in Northern Regions of Pakistan”, *Open Life Sci.*, Vol.(11), pp.432–440, 2016.
- [15] Vieira, F.M.C. et al., “Probability Distributions of Frequency Analysis of Rainfall at the Southwest Region of Paraná State”, Brazil. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Vol.(17), No.(2): pp.260-266, 2018.
- [16] Ehimony, J.B. & Olaom, J., “Modeling of Rainfall and its Probability Distribution”, *Research Square*, pp.1-29, 2022.
- [17] Ministry of Agriculture, Iraqi Agrometeorological Center, <https://www.agromet.gov.iq/>
- [18] Khadr, M.M. & Khalid, S.A., “Extract the Effective Rain in Nineveh Governorate,” *Journal of Tikrit University for Humanities*, Vol.(29), No.(5), pp.117-150, 2020.
- [19] <https://www.meteoblue.com/>
- [20] Al- Daghestani, H.S. & Yahya, B.M., “Quantitative Analysis of Meteorological Data and their Implication for Geo-Environmental Classification Map of the Nineveh Governorate”, *Iraqi Journal of Science*, First Conference of Dust Storms and their Environmental Effects- Causes and Treatments, October 17-18, pp.137-145, 2012.
- [21] Conover, W.J., *Practical Nonparametric Statistics*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc.: New York, NY, USA, pp.428–433, 1999.
- [22] Farrel, P.J. & Stewart, K.R., “Comprehensive Study of Tests for Normality and Symmetry: Extending the Spiegelhalter Test”, *J. Stat. Comput. Simul.*, Vol.(76), pp.803–816, 2006.
- [23] Jäntschi, L. & Bolboacă, S.D., “Computation of Probability Associated with Anderson–Darling Statistic”, *Mathematics*, Vol.(6), No.(88), pp.1-16, 2018.



AL- Rafidain
University College

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)

**Journal of AL-Rafidain
University College for Sciences**

Available online at: <https://www.jruc.s.iq>

JRUCS

Journal of AL-Rafidain
University College for
Sciences

Probability Modeling of Rainfall for Some Regions in Nineveh Governorate

Assist. Prof. Dr. Ban G. Omer Al-Ani

drbanalani@uomosul.edu.iq

Department of Statistics and Informatics - College of Computer Science and Mathematics -
University of Mosul, Nineva, Iraq

Article Information

Article History:

Received: December, 15, 2022

Accepted: March, 3, 2023

Available Online: December, 31,
2023

Keywords:

Precipitation, rainfall,
probability distributions,
goodness-of-fit tests, RMSE

Abstract

With the rise in extreme weather events like floods and droughts and their effects on agriculture, water dam building, and operation, it is critical to study the chance of monthly precipitation. However, the distribution of precipitation in the regions of Nineveh Governorate is still unknown. Thus, the aim of this work is to evaluate the probability distribution of precipitation frequency in the main regions of Nineveh Governorate (Mosul, Bashiqaq, Tal Afar, and Rabe'ea). A probabilistic analysis was conducted using a 33-year historical precipitation dataset (1990-2022) obtained from the Meteorological Center of the Iraqi Ministry of Agriculture and the global weather data website Meteoblue. To achieve high accuracy in the probabilistic modeling of the data, the data for the June, July, August, and September months were not included in the analysis because rainfall is almost non-existent in these months. Seven advanced probability distributions_ Generalized Extreme Value, Generalized Gamma, Generalized Logistic, Pearson Type VI, and Pert were compared with the monthly data for total precipitation over the specified regions. EasyFit statistical software was used to estimate the probability functions of the mentioned distributions. And by finding the sum of the scores for three tests of goodness of fit, it was determined that the Generalized Extreme Value distribution is the best probability distribution to represent the monthly precipitation data over the city of Mosul with a fitting percentage of (76%), the Pert distribution is best fitted for the data of Bashiqaq with a fitting percentage of (67%), the Gumbel Max distribution is fitted for the data of Tal Afar regions with a fitting percentage of (95%), and the Generalized Logistic distribution is the best for the data of Rabe'ea region with a fitting percentage of (95%). These results were confirmed by the root mean square error criterion, which was at its lowest value when using the mentioned distributions in accordance with the chosen research regions. The scientific results clearly demonstrate that the analytical process developed and evaluated in this study can be appropriately applied to determine the most appropriate probability distribution for weather parameters.

Correspondence:

Assist. Prof. Dr. Ban G. Omer
Al-Ani

drbanalani@uomosul.edu.iq

<https://doi.org/10.55562/jruc.s.v54i1.584>