



مجلة الهندسة والتكنولوجيا المستدامة

المجلد ٢٠، العدد ٣، آذار ٢٠١٦

ISSN 2520-0917

www.jeasd.org

تحديد وترسيم المناطق المتجانسة هيدرولوجيا باستخدام طريقة العزوم المطورة لبعض الأحواض المختارة

د. عبدالوهاب محمد يونس*

استاذ مساعد، قسم هندسة السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، الموصل، العراق

(استلمت في: 2014/09/11، قبلت للنشر في: 2016/2/23)

الخلاصة: تضمنت الدراسة تطبيق طريقة العزوم المطورة (L-Moment [L-MOM]) على تحليل تردد الفيضانات الإقليمية للتصاريح القصوى السنوية المتطرفة (AMP) المسجلة في خمس محطات (بلكيان، جنديان، منكوبة، بخمة و إسكي - كلك) واقعة على المجرى الرئيسي لنهر الزاب الأعلى وروافده في العراق. أظهرت الدراسة التي استندت الى مقياس التجانس الإقليمي (H) أن المنطقة التي تحدها المحطات الخمسة هي متجانسة؛ اما عند تقسيم الحوض إلى أربع مناطق باستخدام طريقة التجميع لوارد (Ward's Clustering Method [WCM]) على أساس خصائص الموقع فقط وبالاعتماد على كل من مقياس المخطط النسبي لطريقة العزوم المطورة - L (Moment Ratio Diagram [LMRD]) ومقياس متوسط المسافة الموزون (Average Weighted Distance [AWD]) ومقياس Z^{DIST} الإحصائي أظهرت النتائج ان كل من توزيع كاما (Gamma Distribution [GAMD]) والتوزيع الآسي (Exponential Distribution [EXPD]) وتوزيع ويبيل (Weibull Distribution [WEBD]) هي التوزيعات المرشحة لتمثيل البيانات للمحطات الأتفة الذكر كذلك تم إيجاد منحنى استدامة الجريان اللابيدي (DFDC) للمحطات الواقعة تحت الدراسة كما تم إيجاد معادلة الانحدار المتعدد لحساب مؤشر الجريان (Index flow) لمحطة بخمة بعدها تم إيجاد منحنى استدامة الجريان لتلك المحطة عن طريق حاصل ضرب مؤشر الجريان في منحنى استدامة الجريان الإقليمي اللابيدي (DRFDC).

كلمات الدلالة: التجانس، مؤشر الجريان، التوزيع الإقليمي، عدم التوافق، عدم التجانس.

IDENTIFICATION AND DELINEATION OF HYDROLOGICAL HOMOGENEOUS REGIONS BY USING L-MOMENT FOR SELECTED BASINS

Abstract: The paper presents results of an application of the L-moments based regional flood frequency analysis to annual maximum peak (AMP) flows observed at five stations (Balikian, Jundian, Manguba, Bekhme and Eski-Kelek) located on the main stream of the Greater Zab River and its tributaries in Iraq. L-moments based regional homogeneity measure (H) showed that the region, defined by five stations, is homogeneous; also the basin has been sub-divided into four homogeneous regions using Ward's clustering method based on the site characteristics only. The results of various goodness-of-fit measures (L-moment ratio diagram, average weighted distance and Z^{DIST} measures) showed that region under study has three candidates: gamma (GAM), exponential (EXP) and weibull (WEB) as regional distribution. Based on the results of different accuracy measures mentioned before a dimensionless flow duration curve (DFDC) was obtained by averaging the standardized empirical flow duration curve of all gauging stations. The multiple regression equation, was obtained and

*e-mail: amyggv56@yahoo.com

used to estimate the index flow for Bekhme station and finally the flow duration curve of this station was estimated by multiplying the dimensionless regional flow duration curve by the estimated of index flow

Key Words: Homogeneity, Index flow, Regional distribution, Discordance, Heterogeneity.

1. المقدمة

ان التخطيط والتصميم السليم لتنفيذ المشاريع المائية وادارتها يعتمد بشكل أساسي على دراسة وتحليل وتخمين التصاريح القصوى المتطرفة, ان تحليل تردد الفيضان المحلي أو الإقليمي يتم العمل من خلاله في حالة عدم توفر المعلومات او عدم كفايتها للمنطقة الواقعة قيد الدراسة والتي بدورها تعطي نتائج غير مقبولة عن الكميات المتطرفة عند فترات عودة مختلفة. يعتمد تحليل تردد الفيضان الإقليمي على ثلاث ركائز أساسية هي تحديد تجانس منطقة الدراسة إيجاد منحنيات التردد للتصاريح المسجلة أو ما يسمى بدالة الكثافة الاحتمالية (Probability Density Function [PDF]) الملائمة وكذلك وضع أو تطوير نموذج تردد الفيضان الإقليمي وذلك بإيجاد علاقة بين الجريان عند فترات عودة مختلفة وخواص الحوض والبيانات المناخية.

الفيضانات هي واحدة من الكوارث الطبيعية التي تحدث في جزء من العالم بل هي اكثر الظواهر الطبيعية تكلفة بسبب قدرتها الهائلة على تدمير الممتلكات والأرواح البشرية ولهذا السبب لا بد من إيجاد طرق الوقاية الكفيلة بتقليل الخسائر الاقتصادية الناجمة عن تلك الفيضانات او منع حدوثها مرة أخرى من خلال تطهير وتهذيب الأنهار وبناء الخزانات. ومع ذلك فهذه الأساليب لها عيوب حيث تتطلب الكثير من الاموال وفي الوقت نفسه يمكن ان تحدث تغيرا في النظام البيئي للنهر نفسه ولأجل الحد من ضعف قدرة وخبرة الباحثين والمصممين العاملين في تصميم المشاريع الهيدرولوجية في تقدير حجم الفيضانات في فترة معينة لذا فان تحليل تردد الفيضانات هو الأسلوب الأكثر مناسبة في تلك الحالة.

2. ترسيم المناطق المتجانسة: Delineation of Homogeneous Regions

يعتمد الترسيم الأولي للمناطق المتجانسة على الخصائص المناخية والطبوغرافية للمنطقة الواقعة قيد الدراسة فالمجمعات المائية التي تنتمي إلى نفس المنطقة مناخيا وطبوغرافيا تسمى مناطق متجانسة. يقصد بالمناطق المناخية هي المناطق المستمدة من التوزيع المكاني للمعدل السنوي للتساقط المطري الذي تحسب تغطيته المكانية باستخدام تقنيات استيفاء كريغنج (Kriging Interpolation Technique [KIT]) أما المناطق الطبوغرافية فهي المناطق المستمدة من الخارطة الطبوغرافية للمنطقة الواقعة قيد الدراسة ويعتمد اختبار التجانس على كل من معامل الاختلاف (C_v) ومقياس عدم التوافق (Discordance Measure) وكأجراء أولي لتحديد التجانس او من عدمه فان السلاسل الزمنية للتصاريح تستخدم لهذا الغرض اعتمادا على معياري التجانس الانفي الذكر وعلية فلا بد من تثبيت العديد من الافتراضات الاحصائية المتشابهة حول المواقع الموجودة في المنطقة وللبحث عن هذا التشابه لا بد من إيجاد كل من معامل الاختلاف (C_v) وكذلك معامل الاختلاف من منطقة إلى اخرى (CC) وكذلك معدل الانحراف المعياري و على النحو الآتي [1].

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Q_{ij} - Q_i^-)^2}{n-1}} \quad (1)$$

$$C_{vi} = \frac{\sigma_i}{Q_i^-} \quad (2)$$

حيث:

Q_i^- = معدل التصريف للمحطة i

Q_{ij} = التصريف المسجل في المحطة (i) خلال الفترة j

σ_i = الانحراف المعياري للمحطة i

C_{vi} = معامل الاختلاف للمحطة i

لحساب متوسط معامل الاختلاف الإقليمي (C_v^-) نستخدم العلاقة التالية:

$$C_v^- = \sum_{i=1}^{NS} \frac{C_{vi}}{NS} \quad (3)$$

$$\sigma_{cv} = \sqrt{\sum_{i=1}^{NS} \frac{(C_{vi} - C_v^-)^2}{NS}} \quad (4)$$

NS = هي عدد المحطات الواقعة تحت الدراسة

وحسب ما استنتجه الباحث [2] فإن المنطقة تعتبر متجانسة إذا ما كانت قيمة (CC) صغيرة بينما اقترح [3] إن المنطقة متجانسة إذا كانت قيمة $CC \leq 0.3$ حيث:

$$CC = \frac{\sigma_{cv}}{C_v^-} \quad (5)$$

ويهدف إجراء قياس التوافق إلى تحديد تلك المناطق التي هي بشكل صارخ متنافرة مع المجموعة ككل وكذلك تقدير مدى بعد أي مكان عن مركز المجموعة وعليه تم استخدام تقنية طريقة العزوم المطورة (L-Moments (L-MOM)) لهذا الغرض وفيما يلي ملخص لصيغ هذه التقنية الحديثة:

3. العلاقة بين طريقة العزوم المطورة (L-Moments [L-MOM]) ومعالم التوزيع:

عرف [4] المشار اليه في [5] طريقة العزوم المطورة (L-MOM) بأنها مشابه لطريقة العزوم التقليدية (Conventional Moments [CMOM]) والتي يمكن التعبير عنها بصيغة علاقات خطية ذات مرتبة إحصائية وهي في الأساس دوال خطية للعزوم الموزونة الاحتمالية (Probability- Weighted Moments [PWM]) مشابه لما هو عليه الحال في طريقة العزوم التقليدية (CMOM). الغرض من هذه التقنيات الجديدة (L-MOM) و (PWM) هو لحصر وتلخيص التوزيعات النظرية والنماذج المسجلة [6] وتلخص نظرية ال (PWM) على النحو الآتي:

$$\beta_r = F(X[F_x(x)]) \quad (6)$$

حيث:

β_r = (PWM) من المرتبة r

$F_x(x)$ = دالة التوزيع التراكمي للمتغير X

يتم التعبير عن العينات الأربعة الأولى b_i من PWM بالشكل التالي [7] (Hosking and Wallis, 1997)

$$\beta_0 = m = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j \quad (7)$$

$$\beta_1 = \sum_{j=1}^{n-1} \left[\frac{n-j}{n(n-1)} \right] X_j \quad (8)$$

$$\beta_2 = \sum_{j=1}^{n-2} \left[\frac{(n-j)(n-j-2)}{n(n-1)(n-2)} \right] X_j \quad (9)$$

$$\beta_3 = \sum_{j=1}^{n-3} \left[\frac{(n-j)(n-j-1)(n-j-2)}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \right] X_j \quad (10)$$

حيث X_j تمثل مرتبة التصريف السنوي الأقصى في السلسلة الزمنية المعتمدة حيث تمثل القيمة العظمى من السلسلة فيما تمثل X_n القيمة الدنيا من السلسلة. أما العينات الأربعة الأولى من L-MOM فيتم التعبير عنها بالشكل التالي:

$$\gamma_1 = \beta_0 \quad (11)$$

$$\gamma_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (12)$$

$$\gamma_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (13)$$

$$\gamma_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (14)$$

يتم الحصول على العينات الجديدة الأربعة الأولى من L-MOM من خلال تعويض المعادلات من (7) إلى (10) في المعادلات من (11) إلى (14) على التوالي والتي تتلخص نتائجها النهائية بالشكل التالي:

$$L - C_V = \tau_2 = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \quad (15)$$

$$L - C_S = \tau_3 = \frac{\gamma_3}{\gamma_2} \quad (16)$$

$$L - C_K = \tau_4 = \frac{\gamma_4}{\gamma_2} \quad (17)$$

حيث:

γ_1 = مقياس النزعة المركزية (central tendency)

τ_2 = معامل الاختلاف الخطي أو مقياس نطاق التفتت ($L - C_V$)

τ_3 = معامل التباين الخطي أو مقياس الالتواء ($L - C_S$)

$$\tau_4 = \text{معامل التفرطح الخطي } (L - C_K)$$

4. مقياس عدم التوافق: Discordance Measure

يعرف مقياس عدم التوافق D_i طبقاً لطريقة العزوم المطورة (L-MOM) وحسب [7] هو مقياس لإزالة المحطات غير الطبيعية وكذلك هو تقييم لملائمة البيانات لتحليل الترددات الإقليمية وعلى النحو الآتي:
نفرض ان U_i هو متجه نسبي لطريقة العزوم المطورة (L-MOM) حيث:

$$U_i = [L - C_V, \tau_3, \tau_4]^T \quad (18)$$

$$\bar{U} = \frac{1}{NS} \sum_{i=1}^{NS} U_i \quad (19)$$

$$S = \frac{1}{NS - 1} \sum_{i=1}^{NS} (U_i - \bar{U})(U_i - \bar{U})^T \quad (20)$$

$$D_i = \frac{1}{3} (U_i - \bar{U})^T S^{-1} (U_i - \bar{U}) \quad (21)$$

حيث:

S = الانحراف المعياري الإقليمي

D_i = مقياس عدم التوافق

NS = عدد المحطات الواقعة قيد الدراسة

حيث إن قيمة D_i الكبيرة تبين عدد المحطات المتنافرة من المجموعة والتي لها الحد الأقصى لإمكانية توليد الخطأ في البيانات.

5. مقياس عدم التجانس: Heterogeneity Measure (H_i)

يتضمن اختبار التجانس أو من عدمه ثلاث معايير إحصائية هي إذا كانت $H > 1$ فالمنطقة متجانسة وإذا كانت $1 < H < 2$ فالمنطقة على الأرجح غير متجانسة أما إذا كانت $H < 2$ فالمنطقة غير متجانسة تماماً للحصول على القيم المشار إليها أعلاه لا بد من توفير معايير أخرى هي V_1 و V_2 و V_3 وعلى الشكل التالي [8]:

$$V_1 = \left(\sum_{i=1}^{NS} n_i \frac{(\tau^i - \bar{\tau})^2}{\sum_{i=1}^{NS} n_i} \right)^{1/2} \quad (22)$$

$$V_2 = \sum_{i=1}^{NS} n_i \frac{[(\tau^i - \bar{\tau})^2 + (\tau_3^i - \tau_3^-)^2]^{1/2}}{\sum_{i=1}^{NS} n_i} \quad (23)$$

$$V_3 = \sum_{i=1}^{NS} n_i \frac{[(\tau_3^i - \tau_i^-)^2 + (\tau_4^i - \tau_4^-)^2]^{1/2}}{\sum_{i=1}^{NS} n_i} \quad (24)$$

حيث:

NS= عدد المحطات الواقعة تحت الدراسة

n_i = طول فترة السجل في كل محطة

τ_2^i =معامل الاختلاف الخطي لكل محطة

τ_3^i =معامل التباين الخطي لكل محطة

τ_4^i =معامل التفرطح الخطي لكل محطة

τ_2^- =المعدل الإقليمي لمعامل الاختلاف الخطي

τ_3^- =المعدل الإقليمي لمعامل التباين الخطي

τ_4^- =المعدل الإقليمي لمعامل التفرطح الخطي

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_V)}{\sigma_V} \quad \text{where } i = 1, 2 \text{ and } 3 \quad (25)$$

حيث:

H_i =مقياس عدم التجانس

μ_V =معدل قيم V_i

σ_V =الانحراف المعياري لبيانات السلسلة V_i

6. اختيار توزيع التردد الأقليمي: Choice of a Regional Frequency Distribution

6.1- المخطط النسبي لطريقة العزوم المطورة: L-Moment Ratio Diagram (LMRD)

يتم في هذه الطريقة رسم العلاقة بين معمل التباين الخطي ($L - C_S = \tau_3$) ومعامل التفرطح الخطي ($\tau_4 =$) ($L - C_K$) والمحسوبين من خلال استخدام توزيعات احتمالية متعددة ويعتبر هذا الإجراء بمثابة دليل أولي في اختيار التوزيع الأمثل لوصف البيانات مقارنة مع مخططات البيانات الناتجة من العزوم التقليدية [9] ومع هذا فإن اختيار التوزيع الأنسب باستخدام طريقة LMRD يعتمد على تجانس البيانات الإقليمية [10]:

6.2- قياس متوسط المسافة الموزون: Average Weighted Distance Measure (AWD)

إن استخدام طريقة LMRD لاختيار التوزيع الأمثل لوصف البيانات الواقعة تحت الدراسة لربما يكون غير قادر على التمييز وإيجاد الفروقات عند استخدام أكثر من نموذج واحد من التوزيعات الاحتمالية وللتغلب على هذه المعضلة اقترح [11] طريقة متوسط المسافة الموزون (AWD) لقياس الفرق بين العينات الواقعة تحت الاختبار والقيم النظرية (LMRD). ويمكن التعبير عن مقياس (AWD) بالعلاقة التالية:

$$AWD = \frac{\sum_{i=1}^{NS} n_i d_i}{\sum_{i=1}^{NS} n_i} \quad (26)$$

$$d_i = |\tau_4^D [\tau_3^i] - \tau_4^i| \quad (27)$$

حيث:

AWD = متوسط المسافة الموزون

τ_4^D = معامل التفرطح الخطي للمحطة المحسوب من التوزيع المناظر لمعامل التباين الخطي التوزيع الذي يعطي اقل قيمة (AWD) يعتبر أحسن توزيع مرشح لتمثيل البيانات قيد الدراسة.

6.3- معيار Z^{DIST} الاحصائي: Z^{DIST} Statistic Criteria

اقترح [7] والمشار إليه في [12] طريقة ملائمة لاختبار التوزيع الأحسن والأمتثل لتمثيل البيانات الواقعة تحت الدراسة من خلال قياس ما يسمى بمعيار Z^{DIST} الإحصائي الذي يعرف بالمعادلة

$$Z^{DIST} = \frac{(\tau_4^- - \tau_4^{DIST})}{\sigma_4^{DIST}} \quad (28)$$

τ_4^{DIST} = معامل التفرطح للتوزيع المستخدم

τ_4^- = المعدل الاقليمي الموزون لمعامل التفرطح

σ_4^{DIST} = الانحراف المعياري لقيم τ_4^- المحسوب من المحاكاة

لأي توزيع معين يجب أن تكون قيمة $|Z^{DIST}| \leq 1.64$ وفي حالة وجود مجموعة من التوزيعات تحقق الشرط اعلا فإن التوزيع الأنسب هو الذي يكون له اقل قيمة Z^{DIST}

العلاقة بين مؤشر الجريان والخصائص الفيزيائية لمساحات التغذية

يقصد بمؤشر الجريان (Index Flow [IF]) إما المعدل السنوي أو المعدل الشهري للجريان و يعتمد على الفترة الزمنية المأخوذة بنظر الاعتبار عند اعتماد منحنى استدامة الجريان (Flow Duration Curve [FDC]) في هذه الدراسة تم اعتماد منحنى استدامة الجريان الشهري (MFDC) ولهذا السبب اعتمد المعدل الشهري للجريان عند كل محطة رصد كمؤشر أو دليل للجريان [13] إن معادلة الانحدار المتعدد التي يمكن من خلالها حساب مؤشر الجريان هي على النحو الآتي:

$$IF = m_1X_1 + m_2X_2 + m_3X_3 + m_4X_4 + \dots + m_nX_n + b \quad (29)$$

حيث:

IF = مؤشر الجريان

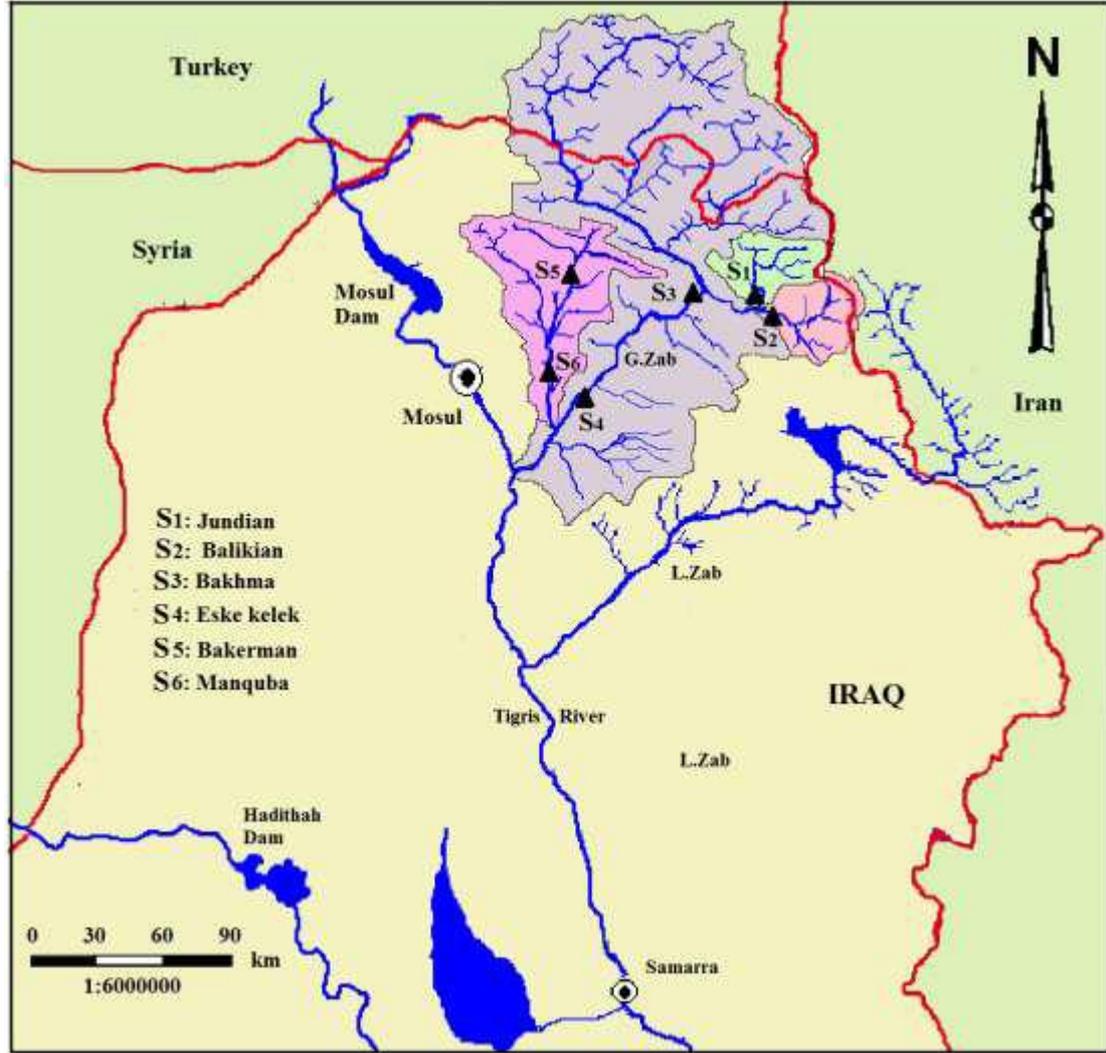
X_i = الخصائص الفيزيائية لمساحات التغذية حيث $i = 1, 2, 3, \dots, n$

m_i = معاملات X_i

b = ثابت المعادلة

استنادا للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (World Meteorological Organization [WMO]) فإن النسب المؤية للجريان المتدني والمحسوبة من منحنى استدامة الجريان الشهري تعتبر من المؤشرات على انخفاض الجريان وعليه فإن الجريان الذي يمثل نسبة 95% أو أكثر خلال فترة التسجيل (Q_{95}) يستخدم عادة لوصف

الجريان المنخفض في الأنهار الدائمة فيما تؤخذ نسبة (Q_{90}) و (Q_{70}) لوصف الجريان المنخفض بالنسبة للأنهار غير الدائمة.



شكل (1) يوضح الاحواض الواقعة قيد الدراسة

7. وصف منطقة الدراسة:

تم اختيار حوض الزاب الأعلى في الشمال الشرقي من العراق لهذه الدراسة لكونه اكبر روافد نهر دجلة لأن مساحته تبلغ 26473 Km^2 فيما يبلغ المعدل السنوي لإيراده المائي 13 مليار متر مكعب بالسنة وهو من اكبر الروافد الرئيسية المغذية لنهر دجلة داخل العراق إذ يساهم بما يعادل 38% من إيراد دجلة السنوي. ان الظروف المناخية السائدة في الحوض قابلة للتغيير بسبب طبيعة الظروف المناخية والخصائص الجيولوجية الطاغية على أجزاء مختلفة من الحوض، تم اختيار خمسة محطات قياس واقعة على المجرى الرئيسي لنهر الزاب الأعلى وروافده لدراسة وتحليل التجانس الذي يعتمد أساسا على الخصائص الإحصائية لتيار التدفق المائي في الحوض كما هو موضح في الشكل (1).

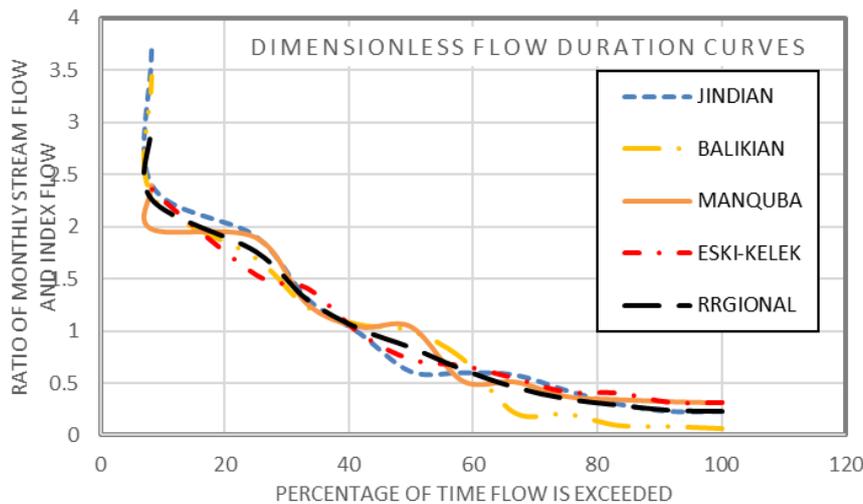
8. جمع وتحليل المعلومات :

تعتمد التحاليل الهيدرولوجية على اختلاف أنواعها على البيانات ذات الصلة حيث استخدمت في الدراسة كل من السلاسل الزمنية للتصارييف والأمطار والمعلومات الفضائية المتمثلة بالنموذج الرقمي للمناسيب (Digital Elevation Model [DEM]) , حيث استخدمت البيانات المطرية في تحديد المناطق المتجانسة بشكل أولي فيما استخدمت بيانات الجريان في اختبارات التوافق والتجانس للتحقق من صحة ترسيم المنطقة إما جغرافيا أو مناخيا. تم اعتماد البيانات المتعلقة بالجريان والأمطار من محطات رصد التصارييف والبيانات المناخية ضمن منطقة الدراسة والتي تختلف فيما بينها من حيث طول فترة السجل وكمية ونوعية البيانات المتوفرة. إن الهدف الرئيسي من تحليل التساقط المطري هو اشتقاق التوزيع المكاني لهطول الأمطار وبالتالي تحديد المجمعات المائية التي تقع ضمنها محطة بخمة حيث حددت منظمة الأرصاد الجوية (WMO) بأن فترة السجل لا تقل عن 30 سنة. أما (DEM) يستخدم لتحديد الخصائص الطبوغرافية لحوض لتغذية والمتمثلة بالخصائص التالية: مساحة التغذية (Area) ، معدل ميل الحوض (S) ، معدل ارتفاع الحوض (Elevation) ارتفاع المحطة ، طول المجرى المائي (L) و منحدر التيار المائي (SS). هذه الخصائص جميعها جدا مهمة في اشتقاق معادلة الانحدار المتعدد بين مؤشر الجريان (IF) وخصائص الحوض كمعغيرات مستقلة وذلك لحساب مؤشر الجريان لمحطة بخمة وبالتالي إيجاد منحنى استدامة الجريان لتلك المحطة اعتمادا على منحنى استدامة الجريان الإقليمي الابعدي للمحطات الأخرى.

9. النتائج والمناقشة

التوزيع المكاني للمعدل السنوي للتساقط المطري والمخمن باستخدام تقنية استيفاء كرنك (Kriging Interpolation Technique [KIT]) بينت ان المساحة المغذية لمحطة بخمة تقع بأكملها في منطقة التساقط المطري التي يتراوح معدلها السنوي من 600mm إلى 1200mm. الجدول (1) يبين اختبار التجانس لجميع المحطات الواقعة ضمن منطقة الدراسة والذي يتضح من خلاله إن المنطقة متجانسة بإجماع معياري التجانس حيث تضمنت منطقة الدراسة مساحات تغذية مرصودة وغير مرصودة حيث ان المساحات غير المرصودة كانت خارج التحليل لان الاختبارات الإحصائية اعتمدت على البيانات المتوفرة والأكثر من هذا فأن اختبارات التجانس تعتبر مقبولة إذا ما اعتبرت المساحات المرصودة تكون مناطق متصلة جغرافيا ولهذا الغرض فأن المساحات الأنفة الذكر فقط أخذت بنظر الاعتبار في تخمين منحنى استدامة الجريان للمساحات غير المرصودة.

تم إيجاد منحنى استدامة الجريان الابعدي (Dimensionless Flow Duration Curve [DFDC]) لجميع محطات الرصد الواقعة تحت الدراسة بواسطة حساب متوسط القياس التجريبي لمنحنى استدامة الجريان كما هو واضح من خلال الشكل (2). معاملات معادلة الانحدار المتعدد التي تصف العلاقة بين مؤشر الجريان وخصائص الحوض موضحة في المعادلة (30).



شكل (2) منحنى استدامة الجريان الابعدي للاحواض الواقعة قيد الدراسة

$$\text{MMF} = 0.029\text{Area} + 0.304\text{MAP} - 0.327\text{Elev} - 101.724 \quad (30)$$

حيث؛

MMF = معدل الجريان الشهري (Mean Monthly Flow [MMF]) الذي هو مؤشر الجريان (IF) بوحدة m^3/sec

Area = مساحة التغذية للمحطة الواقعة تحت الدراسة (km^2)

MAP = المعدل السنوي للتساقط المطري (mm)

Elev = متوسط ارتفاع الحوض (m)

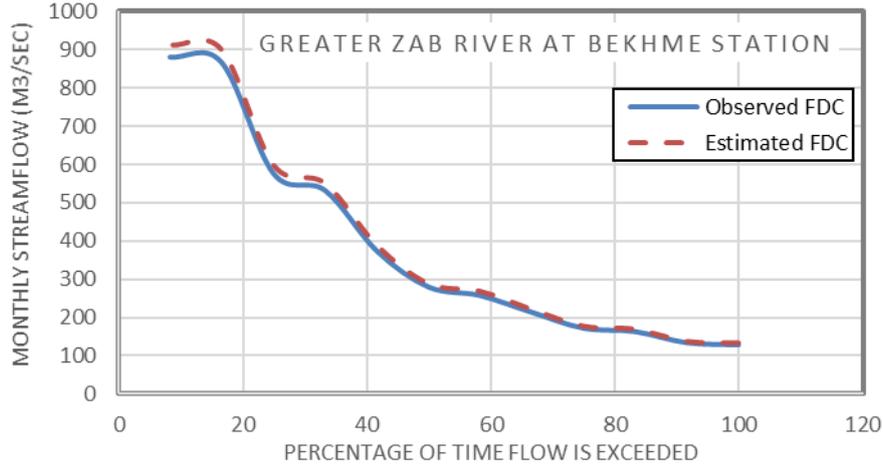
استخدمت تلك المعادلة في تخمين مؤشر الجريان (IF) لمساحة تغذية محطة بخمة البالغة 16600km^2 وبعد إيجاد مؤشر الجريان لنهر الزاب الأعلى عند تلك المحطة والبالغ $396.881\text{m}^3/\text{sec}$ تم إيجاد منحني استدامة الجريان لهذه المحطة من حاصل ضرب قيم منحني استدامة الجريان الإقليمي الابعدي في مؤشر الجريان المحسوب من المعادلة (30) والشكل (3) يوضح كل من منحني استدامة الجريان المسجل والمحسوب والذي وجد من خلالهما إن معامل كفاءة النموذج (NSE) يساوي 0.95 حيث لوحظ إن مؤشر الجريان المناظر لكل من Q_{90} و Q_{70} هو $205 \text{ m}^3/\text{sec}$ و $145.33 \text{ m}^3/\text{sec}$ على التوالي.

استنادا إلى النتائج المستحصلة من جميع المحطات الواقعة تحت الدراسة وباستخدام كل من معامل الاختلاف (C_V) المحسوب بطريقة العزم التقليدية ومعامل الاختلاف الخطي ($L-C_V$) المحسوب بطريقة (L-MOM) في فحص مقياس عدم التوافق (D_i) فأن منطقة الدراسة متجانسة لان قيمة $0.3 < CC < 0.3$ في كلا الحالتين وكذلك قيمة $D_i = 0.3319$ هي الأخر اقل من 3.0 كما هو واضح من خلال الجدول (1) و (2) على التوالي وهي مستوفية لشروط التوافق.

تم الاعتماد في اختبار التجانس أو من عدمه في هذه الدراسة على مقترح (Hosking and Wallis) الذي يعتمد على الرتب المختلفة من نسب (L-MOM) كما هو موضح في الشكل (4) إذ يعتمد بشكل خاص على التغير في ثلاث مستويات مختلفة من الاختبارات أولها الاختبار الذي يعتمد على معامل الاختلاف الخطي ($L-C_V$) فقط أما الاختبار الثاني فيعتمد على كل من معامل الاختلاف الخطي ($L-C_V$) ومعامل التباين الخطي ($L-C_S$) والاختبار الثالث يعتمد على معامل التباين الخطي ($L-C_S$) ومعامل التفرطح الخطي ($L-C_K$)

نتيجة لهذه الاختبارات الثلاثة كانت نتائج قياس عدم التجانس (Heterogeneity Measure [H]) للمنطقة الأولى التي تضم جميع المحطات الواقعة تحت الدراسة هي على النحو الآتي: قيمة ($H_1 = -0.6221$) وقيمة ($H_2 = -0.5315$) وقيمة ($H_3 = 1.15$) وهذا معناه إن المنطقة الأولى متجانسة بالنسبة للاختبار الأول والثاني لان ($H < 1$) والمنطقة من المحتمل أن تكون غير متجانسة بموجب الاختبار الثالث لان ($1 < H < 2$) كما هو واضح من خلال الجدول (3).

ان الهدف من استخدام طريقة التحليل العنقودي (Cluster analysis) مع المتغيرات الهيدرولوجية هو حصر هذه المتغيرات في مجموعات على أساس التشابه الكبير في الكثير من الخصائص الهيدرولوجية، مثل الخصائص الإحصائية أو المادية الجغرافية حيث سيتبين من خلال استخدام هذه الطريقة، المجاميع التي سوف تحتوي على اقل ما يمكن من التباين بين المتغيرات أو اصغر ما يمكن من الاختلافات.

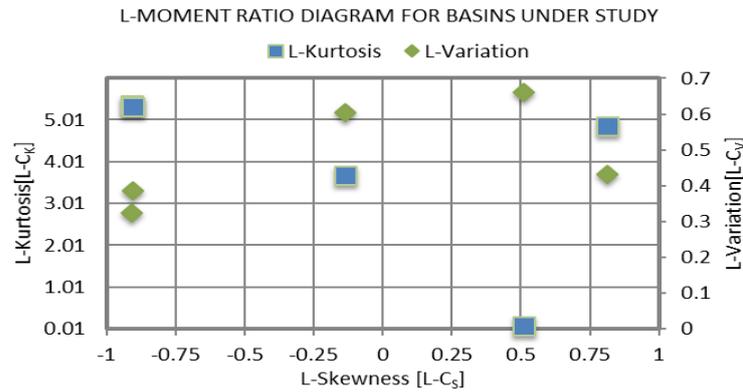


شكل (3) منحنى استدامة الجريان المسجل والمخمن لنهر الزاب الاعلى عند محطة قياس بخمة

جدول (1) نتائج توافق التجانس باستخدام معامل الاختلاف

gauging Stations	CC VALUE		Conclusion
	Conventional C_V -Based	L-moment C_V - Based	
	Method	Method	
Balikian	0.65	0.603	Homogeneous
Jundian	0.63	0.662	Homogeneous
Manquba	0.57	0.323	Homogeneous
Eske-Kelek	0.3	0.433	Homogeneous
Bekhme	0.29	0.386	Homogeneous
CC VALUE	0.267	0.269	Homogeneous

في هذه الدراسة ايضا تم تطبيق تقنية الكتلة الهرمية (Hierarchical cluster technique) وطريقة التباين الأدنى لوارد (Ward's minimum variance) من أجل تصنيف محطات الأمطار وهما من أكثر الطرق شيوعا واستخداما في الأبحاث الهيدرولوجية في هذا المجال إلا أن طريقة تجميع وارد (WCM) تعطي نتائج أفضل من باقي الطرق في عمليات التصنيف ولهذا السبب كانت هي الطريقة الأنسب استخداما في هذه الدراسة [8]. بالاعتماد على طريقة تجميع وارد (WCM) تم تقسيم منطقة الدراسة إلى أربعة مناطق تظم المنطقة الأولى جميع المحطات الواقعة تحت الدراسة فيما ضمت المنطقة الثانية محطتي بلكيان وجنديان والمنطقة الثالثة محطتي بخمة واسكي كلك والمنطقة الرابعة محطات بخمة واسكي كلك والمنكوبة والجدول (3) يبين التجانس أو من عدمه للمناطق المشار إليها.



شكل (4) المخطط النسبي لمعالم طريقة العزوم المطورة (LMRD) لحوض نهر الزاب الاعلى

جدول (2) يبين مقياس التوافق ونسب معالم L-MOM للمحطات قيد الدراسة

gauging Stations	MAF $\gamma_1(m^3/sec)$	L-C _V	L-C _S	L-C _K	D _i
Balikian	26.75	0.66179	0.51034	0.366924	
Jundian	18.89	0.60336	-0.13658	0.07091	
Manquba	30.19	0.43284	0.81499	0.486611	0.3319
Eske-Kelek	416.42	0.38602	-0.90556	0.531213	
Bekhme	382.50	0.32293	-0.90778	0.535597	

جدول (3) يبين مقياس التجانس للمحطات قيد الدراسة استنادا إلى مجموعة واردي (Ward's Cluster)

Regions	H ₁		H ₂		H ₃	
	Value	Test	Value	Test	Value	Test
Region 1	-0.622	Ho	-0.532	Ho	1.15	P.Ho
Region 2	-1.016	Ho	-1.103	Ho	-1.154	Ho
Region 3	0.032	Ho	0.856	Ho	0.553	Ho
Region 4	0.983	Ho	0.244	Ho	0.601	Ho

حيث :

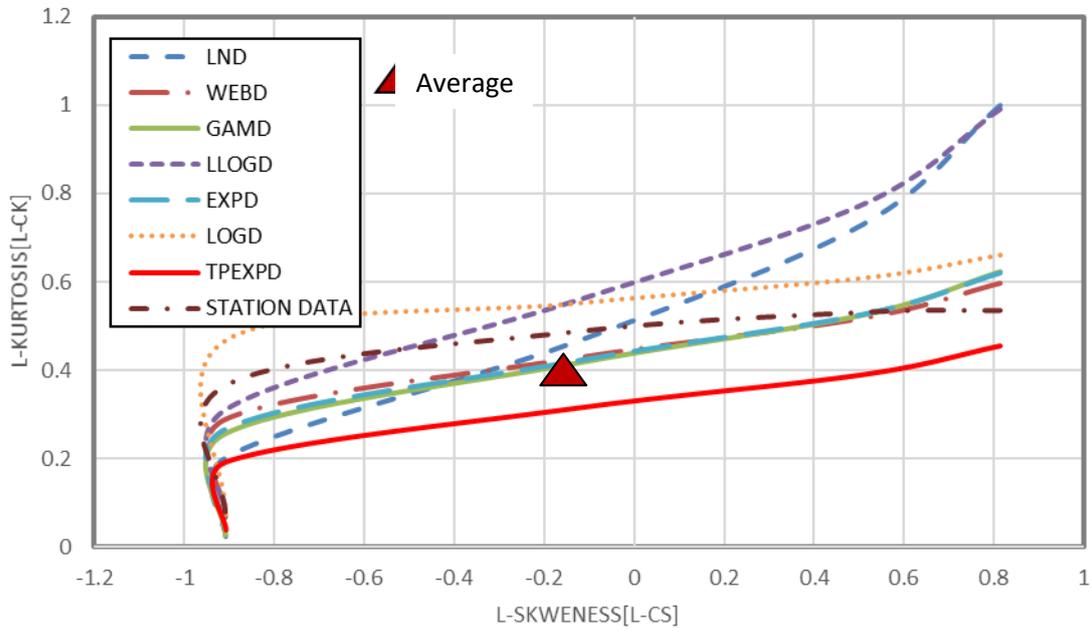
Ho تعني التجانس (Homogeneous)

P.Ho تعني احتمال عدم التجانس (Possibly Heterogeneous)

من خلال الشكل (5) الذي يمثل العلاقة بين معامل التباين الخطي ومعامل التفرطح الخطي باستخدام نماذج توزيع مختلفة يتبين إن المعدل الإقليمي لكل من معامل التباين والتفرطح يقع بين توزيعات كما (GAMD) ووييل (WEBD) والتوزيع الآسي (EXPD) من جهة والتوزيع الآسي ثنائي المعالم (TPEXPD) من جهة أخرى إلا أنه اقرب إلى التوزيعات الثلاثة الأولى وعليه يمكن اعتبارها التوزيعات المرشحة كأفضل توزيعات لتمثيل البيانات مع إعطاء أفضلية لكل من توزيع كما والتوزيع الآسي لكون قيمة المعدل الإقليمي هي الاقرب.

بالرجوع إلى قيم مقياس متوسط المسافة الموزون (AWD) المبينة في الجدول (4) نجد أن كل من توزيع كاما (GAMD) الذي يمتلك القيمة (AWD=2.903) والتوزيع الآسي (EXPD) الذي هو الآخر يمتلك القيمة (AWD=2.908) هما الأقل من بين كل التوزيعات الأخرى وكذلك نجد أن توزيع ويبيل (WEBD) هو الآخر يمتلك قيمة قريبة من قيمة توزيع كاما والتوزيع الآسي ولكن أكثر بشيء قليل (AWD=3.02) وعليه يمكن اعتباره التوزيع البديل المحتمل للتوزيعين.

أما عند استخدام معيار Z^{DIST} الإحصائي نجد أن جميع التوزيعات الواقعة تحت الاختبار قد اجتازت المعيار الإحصائي المشار إليه أعلاه كما هو واضح من خلال الجدول (4) إلا أن قيمة Z^{DIST} لكل من توزيع كاما (GAMD) وتوزيع ويبيل (WEBD) والتوزيع الآسي (EXPD) كانت 0.07431 و 0.07297 و 0.08403 التوالي هي الأقل مقارنة مع قيم التوزيعات الأخرى وعليه يمكن اعتبارهما التوزيعات المرشحة لتمثيل البيانات الواقعة تحت الاختبار وهذا أيضا يتطابق مع ما تم التوصل إليه في الاختبار الأول (LMRD) والاختبار الثاني (AWD).



شكل (5) المخطط النسبي لمعالم طريقة العزوم المطورة (LMRD) للاحوض الواقعة قيد الدراسة باستخدام توزيعات متباينة

جدول (4) يبين قيم كل من مقياس AWD ومعيار Z^{DIST} لإحصائي لنماذج مختلفة من التوزيعات

Distribution	AWD measure values	measure values Z^{DIST}
LND	3.094	0.2377
WEBD	3.02	0.07297
GAMD	2.903	0.0840
LOGD	3.178	0.3677
LLOGD	3.146	0.3698
EXPD	2.908	0.07431
TPEXP	3.157	0.6469

10. الاستنتاجات

- 1- التوزيع المكاني للمعدل السنوي للتساقط المطري والمخمن باستخدام تقنية استيفاء كركنك (Kriging Interpolation Technique(KIT)) بينت ان المساحة المغذية لمحطة بخمة تقع بأكملها في منطقة التساقط المطري التي يتراوح معدلها السنوي من 600mm إلى 1200mm .
- 2- تم إيجاد منحنى استدامة الجريان اللابعدى (Dimensionless Flow Duration Curve [DFDC]) لجميع محطات الرصد الواقعة تحت الدراسة بواسطة حساب متوسط القياس التجريبي لمنحنى استدامة الجريان
- 3- تم إيجاد معادلة الانحدار المتعدد التي تصف العلاقة بين مؤشر الجريان وخصائص الحوض لحساب مؤشر الجريان لنهر الزاب الأعلى عند محطة قياس بخمة والذي كان مقداره $396.881 \text{m}^3/\text{sec}$ كذلك تم إيجاد منحنى استدامة الجريان المسجل والمحسوب لهذه المحطة والذي وجد من خلالهما إن معامل كفاءة النموذج (Nash Efficiency[NSE]) يساوي 0.95 حيث لوحظ إن مؤشر الجريان المناظر لكل من Q_{70} و Q_{90} هو m^3/sec 205 و 145.33 على التوالي.
- 4- استنادا إلى النتائج المستحصلة من جميع المحطات الواقعة تحت الدراسة وباستخدام كل من معامل الاختلاف (C_V) المحسوب بطريقة العزم التقليدية ومعامل الاختلاف الخطي ($L-C_V$) المحسوب بطريقة (L-MOM) في فحص مقياس عدم التوافق (D_i) (Discordance measure [D_i]) فأن منطقة الدراسة متجانسة لان قيمة $CC < 0.3$ في كلا الحالتين وكذلك قيمة $D_i = 0.3319$ هي الأخر اقل من 3.0
- 5- نتيجة لهذه الاختبارات الثلاثة كانت نتائج قياس عدم التجانس (Heterogeneity Measure[H]) للمنطقة الأولى التي تظم جميع المحطات الواقعة تحت الدراسة هي على النحو الآتي: قيمة ($H_1 = -0.6221$) وقيمة ($H_2 = 0.5315$) وقيمة ($H_3 = 1.15$) وهذا معناه إن المنطقة الأولى متجانسة بالنسبة للاختبار الأول والثاني لان ($H < 1$) والمنطقة من المحتمل أن تكون غير متجانسة بموجب الاختبار الثالث لان ($1 < H < 2$)
- 6- في هذه الدراسة ايضا تم تطبيق تقنية الكتلة الهرمية (Hierarchical cluster technique) وطريقة التباين الأدنى لوارد (Ward's minimum variance) من أجل تصنيف محطات الأمطار وهما من أكثر الطرق شيوعا واستخداما في الأبحاث الهيدرولوجية في هذا المجال إلا أن طريقة (Ward's) تعطي نتائج أفضل من باقي الطرق في عمليات التصنيف ولهذا السبب كانت هي الطريقة الأنسب استخداما في هذه الدراسة.
- 7- بين مقياس متوسط المسافة الموزون (AWD) أن كل من توزيع كاما (GAMD) الذي يمتلك القيمة ($AWD = 2.903$) والتوزيع الآسي (EXPD) الذي هو الآخر يمتلك القيمة ($AWD = 2.908$) هما الأقل من بين كل التوزيعات الأخرى وكذلك وجد أن توزيع ويبيل (WEBD) هو الآخر يمتلك قيمة قريبة من قيمة توزيع كاما والتوزيع الآسي ولكن أكثر بشيء قليل ($AWD = 3.02$) وعليه يمكن اعتباره التوزيع البديل المحتمل للتوزيعين.
- 8- بين معيار Z^{DIST} الإحصائي ان جميع التوزيعات الواقعة تحت الاختبار قد اجتازت المعيار الإحصائي المشار إليه إلا أن قيمة Z^{DIST} لكل من توزيع كاما (GAMD) وتوزيع ويبيل (WEBD) والتوزيع الآسي (EXPD) كانت 0.08403 و 0.07297 و 0.0743 على التوالي هي الأقل مقارنة مع قيم التوزيعات الأخرى وعليه يمكن اعتبارهما التوزيعات المرشحة لتمثيل البيانات الواقعة تحت الاختبار وهذا أيضا يتطابق مع ما تم التوصل إليه في الاختبار الأول (LMRD) والاختبار الثاني (AWD).

11. التوصيات

1- اجراء دراسة شاملة تشمل الجزء الاكبر من محطات الرصد المناخية ومحطات سجل التصاريح لاجل ترسيم المناطق المتجانسة هيدرولوجيا باستخدام كل من طريقة العزوم المطورة (L-moment) وطريقة العزوم الاكثر تطورا وشمولية والمسماة بطريقة (LH-moment) وذلك باستخدام كل من المعلومات المناخية والهيدرولوجية الحديثة وتقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) .

2- تخمين التصاريح القصوى المسببة للفيضانات للمناطق الخالية من محطات الرصد باستخدام كل من طريقتي العزوم المطورة المشار اليهما في التوصية الاولى وتقنية الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Network[ANN]) ومن ثم الجراء المقارنة بين هذه الطرق لاختيار اي منها هو الانسب والاكثر.

12. المراجع

1. Zamir Hussain. (2011). "*Application of the Regional Flood Frequency Analysis to the Upper and Lower Basins of the Indus River*". Pakistan. Water Resource Management, Vol. 25, pp. 2797–2822 DOI 10.1007/s11269-011-9839-5.
2. Mkhandi, S. H. and Kachroo, R. K. (2000). "*Flood frequency analysis of Southern Africa: Delineation of homogeneous regions*". Research Report, Water Resources Engineering Programme, University of Dar es Salaam, Tanzania.
3. Sine, A. and Ayalew, S. (2004). "*Identification and Delineation of Hydrological Homogeneous Regions-The case study of Blue Nile River Basin*". Proceedings, Lake Abaya Research Symposium.
4. Hosking JRM. (1990). "*L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics*". J R Stat Soc, Vol.52, No. 2, pp. 105–124.
5. Md. Sharwar Murshed • Yun Am Seo • Jeong-Soo Park. (2014). "*LH-moment estimation of a four parameter kappa distribution with hydrologic applications*". Stoch Environ Res Risk Assess, Vol. 28, pp. 253–262, DOI 10.1007/s00477-013-0746-6.
6. Greenwood JA, Landwehr JM et.al. (1979). "*Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form*". Water Resour Res, Vol. 15, No. 5, pp. 1049–1054.
7. Hosking JRM, Wallis JR. (1997). "*Regional Frequency Analysis - an Approach based on L-moments*". Cambridge University Pres, New York.
8. Badreldin G. H. Hassan and Feng Ping. (2012). "*Formation of Homogenous Regions for Luanhe Basin –by Using L-Moments and Cluster Techniques*". International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 3, No. 2, April.
9. Vogel RM, Fennesy MN. (1993). "*L moment diagrams should replace product moment diagrams*". Water Resour Res, Vol. 29, No. 6, pp. 1745–1752
10. Peel MC, Wang QJ, Vogel R, McMahon TA. (2001). "*The utility of L-moment ratio diagrams for selecting a regional probability distribution*". Hydrol Sci J, Vol. 46, No. 1, pp. 147–155.
11. Kroll CK, Vogel RM. (2002). "*Probability distribution of low streamflow series in the United States*". J Hydrol Eng. Vol. 7, No. 2, pp.137–146.

12. Neslihan Seckin , Murat Cobaner , Recep Yurtal & Tefaruk aktanir. (2013). *"Comparison of Artificial Neural Network Methods with L-moments for Estimating Flood Flow at Ungauged Sites: the Case of East Mediterranean River Basin"*. Turkey. Water Resource Management, Vol. 27, pp. 2103–2124 DOI 10.1007/s11269-013-0278-3.
13. Joel Nobert¹, Jackson Ndayizeye², Simon Mkhanda³. (2011). *"Regional Flow Duration Curve Estimation and its Application in Assessing Low Flow Characteristics for Ungauged Catchment"*. A Case Study of Rwegura Catchment-Burundi. Nile Basin Water Science & Engineering Journal, Vol.4, Issue 1.