

العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض نهر مرقية باستخدام برنامج Minitab

الدكتور شريف بدر حايك *

الدكتور غطفان عبد الكريم عمّار **

شادي محمد عيسى ***

(تاريخ الإيداع 2 / 9 / 2015. قُبِلَ للنشر في 1 / 12 / 2015)

□ ملخص □

تشكل منطقة البحث جزءاً من حوض الساحل على الساحل الشرقي للبحر المتوسط، وتقع شمال مدينة طرطوس. يحدها من الغرب البحر المتوسط ومن الشمال أنهار (جوبر-بانياس-الباصية) ومن الجنوب نهر الحصين ، وتبلغ مساحة منطقة البحث حوالي 358km².

يهدف البحث إلى إيجاد علاقة تربط بين قيم الهطل المطري والجريان ضمن حوض نهر مرقية، عن طريق إجراء دراسة إحصائية تحليلية لبيانات الهطل المطري وغازة النهر باستخدام برنامج Minitab، مما يساعد في استكمال القياسات غير المتوفرة، والتنبؤ بقيم غازة النهر تبعاً للهطولات المتوقعة في حوض النهر. وتوصلت الدراسة إلى أن علاقة الهطل المطري بالغازة في حوض النهر هي من الشكل:

$$Q = 216 + 0.0379 P - 36.8 \ln(P) + 3.46 \ln(Q)$$

87.2% من التغيرات التي تطرأ على جريان النهر، وأوصت الدراسة بضرورة تكثيف قياسات تصاريح النهر بغية زيادة موثوقية بياناتها.

الكلمات المفتاحية: تابع التوزيع، خط الانحدار، معنوية النموذج، حوض مرقية.

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

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

***طالب ماجستير - قسم الهندسة المائية والري-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-سورية.

The relationship between the precipitation and the flow in the Mrqiyeh River Basin by using the Minitab program

Dr. Sharif B. Hayek^{*}
Dr. Ghatfan A. Ammar^{**}
Shady M. Issa^{***}

(Received 2 / 9 / 2015. Accepted 1 / 12 / 2015)

□ ABSTRACT □

The studied area forms a part of the coastal basin on the east coast of the Mediterranean Sea located north of Tartous city. The area is bordered by the Mediterranean Sea from the west. And (jobar, banias, albasia) rivers from north, al Housen river from the south. The area covers about (358) km².

The research aims to find a relationship between rainfall and flow within Mrqiyeh River Basin, by conducting analytical statistical study using Minitab software, which helps in completing the measurements are not available, and to predict the river flows depending on the expected precipitation in the river basin. The study found that the relationship is: $Q = 216 + 0.0379 P - 36.8 \ln(P) + 3.46 \ln(Q)$, and rainfall reflect 87.2% of the changes that occur to the flow of the river. The study recommended that need to intensify the river discharges measurements in order to increase the reliability of their data.

Keywords: function distribution, regression line, model Morale, Mrqiyeh basin.

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

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

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

مقدمة

لقد كان الماء ولا يزال أولى أساسيات بقاء الإنسان وازدهاره. فقديماً نشأت الحضارات حول مصادر المياه، وحتى يومنا هذا يعد الماء من أولويات قيام الدولة القوية. وإذا كانت معظم نزاعات وحروب البشر السابقة مردها التنافس على الثروات والأراضي والسلطة، فإن حروب البشر القادمة سوف تكون صراعاً على مصادر المياه كما تشير معظم الدراسات الاستراتيجية [1].

تتعرض الموارد المائية في العالم لضغوطات كبيرة مستمرة نتيجة للتغيرات المناخية (تناقص الهطل المطري) والزيادة الكبيرة والسريعة في استخدام المياه، مما أدى إلى حدوث خلل في التوازن بين قدرة الموارد المائية والطلب المتزايد عليها، وسوف يؤدي شح المياه وتلوثها في العالم إلى مشاكل صحية واجتماعية تنعكس على الأداء الاقتصادي وتسبب الأذى للنظام البيئي. مما سيهدد الأمن الغذائي للعديد من الدول وبذلك فإن الماء سيكون التحدي الرئيس للإنسان القرن الحادي والعشرين [1].

في دراسة أعدها (د. غطفان عمار - 2009) حول تأثير التغيرات المناخية على الواردات المائية لنهر الحصين، تبين أن هناك تناقص في الهطل المطري في المحطات الموجودة في حوض النهر تتراوح بين % (7-11) خلال فترة الدراسة (1960-2002) وأن هناك تناقصاً في الواردات المائية لنهر الحصين بلغت قيمته % (7.6) خلال نفس الفترة [2].

وفي دراسة حول تأثير التغيرات المناخية على تدفقات نبع بانياس أعدتها (م. ديمة محمد - 2013) توصلت إلى تناقص لقيم الهطل المطري تتراوح قيمته بين (1.2-7.3) mm خلال فترة الرصد (1973-2012). وكذلك تناقصاً للموارد المائية للنهر بلغت قيمته $(0.0045 \text{ m}^3/\text{sec})$ خلال الفترة (1989-2012)، وأن تغير التدفقات ذو علاقة وثيقة بتغير الهطل المطري حيث أن الدورية التي يخضع لها الهطل المطري يشابه الدورية التي تتبع لها التدفقات إضافة إلى أن لهما نفس الاتجاه وهو التناقص [3].

طور المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) بالتعاون مع المعهد الاتحادي لعلوم الأرض والموارد الطبيعية (BGR) ومعهد ستوكهولم للبيئة (SEI). نظاماً لدعم القرار بالنسبة للينابيع، واستخدم هذا النموذج لنبع بردي، حيث تم تطبيق تناقص في الهطل المطري بمقدار % 4، فتنبأ النموذج بحصول انخفاض في قيم التصريف تصل إلى % 35 بعد ست سنوات [4,5].

بينت نتائج دراسات نمذجة تأثير المناخ على جريان نهر الفرات ودجلة في الحوز الأعلى (Smith et al. 2000) أن نقصان أو زيادة الهطول المطري بنسبة % 25، سوف يخفض جريان نهر الفرات بمقدار % 42 أو يزيد بمقدار % 50 [6].

أجرى (Chong-Yu Xu. 2000) دراسة حول آثار تغير المناخ على أنظمة الجريان، ضمن خمسة وعشرين حوض ساكب وسط السويد تتراوح مساحتها بين $(6-1293 \text{ km}^2)$ ، تشير النتائج إلى حدوث انخفاض كبير في كمية الثلوج تصل إلى % 75، يقابلها انخفاض بنسبة % 52 للجريان السطحي الوسطي السنوي [7].

خلال دراسة يينابيع Shentou من قبل (Ma, T.; Wang, Y.; Guo, Q. 2004). تم تحليل بيانات تدفق النبع والهطل المطري خلال الفترة 1958-1999، وتبين نتيجة التحليل أن التصريف السنوي المتوسط للينابيع يبلغ 6.86 m^3/sec ، كما سجلت أخفض قيمة $3.81 \text{ m}^3/\text{sec}$ في عام 1993. حيث يعود انخفاض تصريف الينابيع في العقود

الماضية الأخيرة إلى النقص في الأمطار المحلية في شمال الصين، أي أن تدفق الينابيع يستجيب لتغيرات الهطل المطري [8].

بحث (Vanrheenen et al, 2004) آثار التغير المناخي على الموارد المائية في حوض نهر ساكرامنتو - سانجواكين في الولايات المتحدة الأمريكية، وتشير النتائج إلى أن الهطل المطري سوف يتناقص حوالى 10-25% بحلول العام 2090م. يرافقه انخفاض تدريجي في تدفق المجاري المائية، حيث تكون في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة أقل مما هي عليه في الجزء الجنوبي فيها [9].

سيقوم هذا البحث بإجراء دراسة إحصائية تحليلية لقيم الهطل والجريان ضمن حوض نهر مرقية وإيجاد العلاقة التي تربط بينهما.

ويعد نهر مرقية من أهم المجاري المائية في المنطقة الساحلية، وتبلغ مساحة الحوض الصباب 358 كم² ويتميز القسم العلوي للحوض بشبكته الهيدرولوجية الكثيفة وأهم روافده: تعنيتا، الحاج حسن، الصوراني، السنديانة. تتبع هذه الروافد من السفوح الغربية للجلال الساحلية وتجري في مجاري عميقة ذات انحدارات كبيرة، و وادي النهر في قسمه العلوي ضيق وعميق يبلغ ارتفاع جوانبه 400م حيث السفح الأيمن أقل ارتفاعاً وأكثر تسطحاً، ومجرى النهر متعرج وفيه عدد كبير من الأماكن الضحلة. وسرير النهر الفيضاني ضيق عرضه بين 60-80 م. ويلاحظ في هذه الأماكن تعرجات كثيرة للمجرى. وتتشكل سفوح المجرى من الأحجار الكلسية ويصب في النهر من الجهة اليمنى أكبر روافده (وادي تعنيتا)، بعد ذلك يأخذ النهر اسمه نهر مرقية ويتغير اتجاهه نحو الجنوب الغربي.

يأخذ وادي النهر وسفوحه ارتفاعات وانحدارات مختلفة، إذ تتراوح زاوية انحدار سفحه الأيمن بين (15° - 20°)، بينما يزيد ميل السفح الأيسر لتبلغ زاوية انحداره (40°). وتشغل كروم الزيتون والأشجار المثمرة سفحي الوادي وكل أراضي المدرجات المجاورة لسهل النهر الفيضاني، وفي أعالي النهر يتوقف جريان المياه معظم أيام السنة. يدخل النهر عند قرية قرقفتي في مضيق ويأخذ مجرى النهر هنا شكل (V) مع سفوح عالية ومنحدرة، بينما لا يتجاوز عرض المجرى (40 م). بعد ذلك يخرج النهر إلى وادي عريض على شكل مستطيل حيث يصل عرض القاع إلى (400 م). ويغمر النهر فترة الفيضان كامل سرير النهر ويصبح الجريان مستمراً في القسم الأخير من النهر على مسافة بضعة كيلومترات من المصب، ويستقبل مجرى النهر مياه عدد كبير من الينابيع كما يعود سبب استمرار جريانه أيضاً إلى وجود تغذية جوفية (الشكل 1-1).

أقيم على النهر قبل المصب بـ (2 كم) تقريباً مركز هيدرومتر للقياسات النهرية يقع ما بين قرية مرقية وظهر مرقية، وعلى الضفة اليسرى للنهر يوجد رافد كبير هو نهر الجمل على امتداد الـ (4 كم) الأخيرة من النهر حيث تؤخذ المياه للري بواسطة محطتي الضخ وهناك مضخات متقلة. ويبلغ طول نهر مرقية تقريباً (52 كم) ويصب النهر في البحر على مسافة (15 كم) شمالي طرطوس.

أهمية البحث وأهدافه

تعد زيادة الطلب على المياه مع ارتفاع معدل النمو السكاني والصناعي أهم التحديات المعاصرة التي يواجهها العالم اليوم، وما يزيد هذا التحدي صعوبة التغيرات المناخية التي يتوقع أن تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة وتناقص معدلات الهطل المطري. وتأتي أهمية هذا البحث من خلال ربط تغيرات الجريان في مجرى نهر مرقية بقيم الهطل المطري ضمن حدود الحوض الأمر الذي يسهل من إجراء الدراسات الهيدرولوجية المتنوعة (سدود، سدّات، جسور) ضمن حوض النهر، وكذلك في استكمال أية بيانات ناقصة لأسباب مختلفة. ويهدف البحث إلى:

- إعداد دراسة إحصائية للهطولات المطرية والغزارة النهرية في حوض نهر مرقية، من خلال تحديد التوزيع الاحتمالي الأمثل لكل من الهطولات المطرية والغزارات النهرية، باستخدام برنامج MINITAB.
- إيجاد العلاقة الرياضية التي تربط بين الهطل المطري والتدفقات في حوض النهر.



الشكل (1): الحوض الساكب لنهر مرقية.

طرائق البحث ومواده

حصلنا على البيانات الأولية للهطل المطري في حوض النهر والتدفقات في مجرى النهر من مديرية الموارد المائية في كل من محافظتي اللاذقية وطرطوس، واخترنا خمس محطات مناخية تغطي مساحة الحوض بشكل كامل وتقع على ارتفاعات مختلفة، وتتوافر فيها بيانات الهطل المطري دون انقطاع لفترة طويلة تصل إلى (52) عاماً، وهي فترة كافية للتحليل والتقويم وفق طرائق الإحصاء الرياضي. اعتمدنا في دراستنا الإحصائية لقيم الهطل المطري على قياسات خمس محطات مناخية هي:

(القدموس، الشبيحة، الشيخ بدر، سد الصوراني، بانياس)، وتقع هذه المحطات على ارتفاعات مختلفة (17-1049) م فوق سطح البحر في أماكن متفرقة من الحوض (الجدول 1-1).

الجدول(1): المحطات المطرية المدروسة

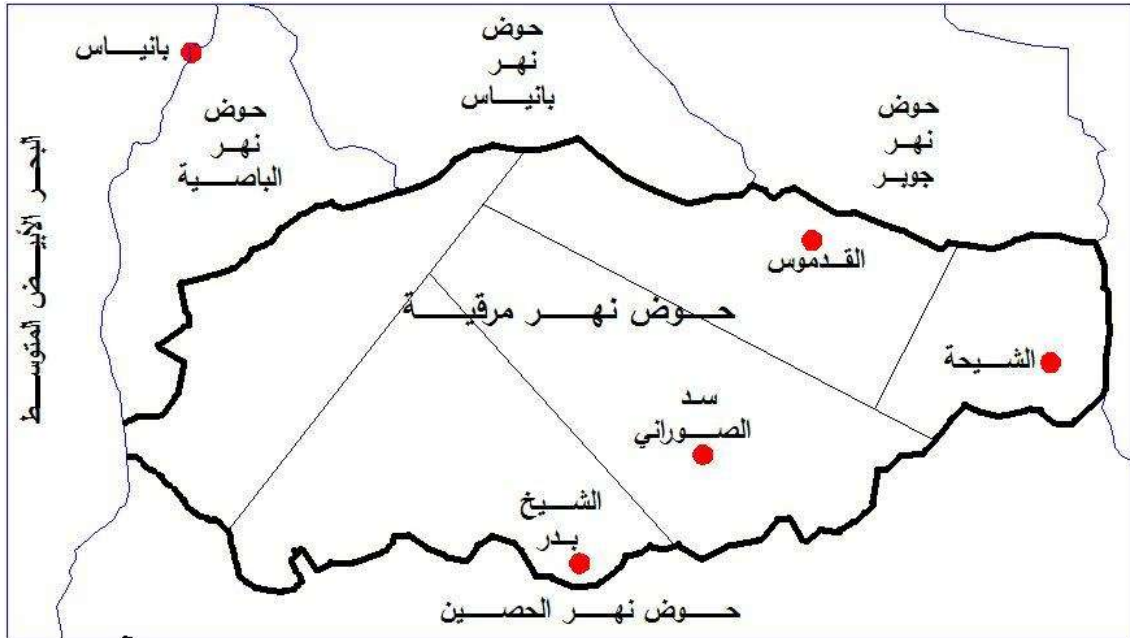
المحطة	الارتفاع عن سطح البحر (m)	خط العرض	خط الطول	فترة الرصد
الشيخ بدر	466	34 59 27	36 04 31	1959-2010
القدموس	864	35 05 30	36 09 17	1959-2010
الشبيحة	1049	35 04 30	36 15 14	1959-2010
سد الصوراني	375	35 01 30	36 07 30	1959-2010
بانياس	17	35 13 19	35 57 0.5	1959-2010

أما بيانات تدفق نهر مرقية فقد تم تجميعها من خلال محطة قياس التدفقات على جسر نهر مرقية، انسترداد طرطوس- اللاذقية، وتتوافر فيها قياسات التدفق الشهرية للفترة الزمنية (1989-2010).

استخدمنا برنامج الرسم الهندسي AUTOCAD لرسم الحوض الساكب لنهر مرقية وتعيين مواقع المحطات المناخية المختارة سابقاً. وتم تقسيم الحوض إلى خمسة أقسام حسب طريقة تيسين (الشكل - 2). يمثل كل قسم تأثير المحطة المناخية الواقعة ضمنه، وبحساب المساحات الجزئية لهذه الأقسام توصلنا لإيجاد القيمة الوسطية للهطل فوق كامل الحوض تحت تأثير المحطات الخمس [10]:

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + P_4 A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

علاقة تيسين



(الشكل - 2): حوض نهر مرقية ومواقع محطات الهطل المطري المدروسة

استخدمنا البرنامج الإحصائي MINITAB من أجل إجراء الدراسة الإحصائية لكل من بيانات الهطل والجريان واختيار تابع التوزيع الأمثل وخط الانحدار الممثل لكل منهما، إضافة إلى كافة الجداول والمنحنيات البيانية التي تُظهر النتائج. وباستخدام برنامج MINITAB تمكنا من الحصول على العلاقة التي تربط قيم الهطل والجريان وتم التأكد من صحة العلاقة واستيفائها للشروط الإحصائية والرياضية [11].

النتائج و المناقشة:

تم إجراء الدراسة الإحصائية على قيم الهطل المطري على كامل الحوض وعلى قيم تدفق نهر مرقية باستخدام برنامج MINITAB وفق المراحل الآتية:

تقييم كميات الهطل المطري في حوض نهر مرقية

أولاً: الدراسة الإحصائية لكميات الهطل المطري

يمثل الجدول-2. بيانات الهطل المطري السنوي في حوض نهر مرقية خلال فترة المراقبة (1959-2010) وهي قيم محسوبة باستخدام علاقة تيسين اعتماداً على القيم المقاسة في المحطات المناخية المذكورة سابقاً:

(الجدول -2) بيانات الهطل المطري السنوي في حوض نهر مرقية

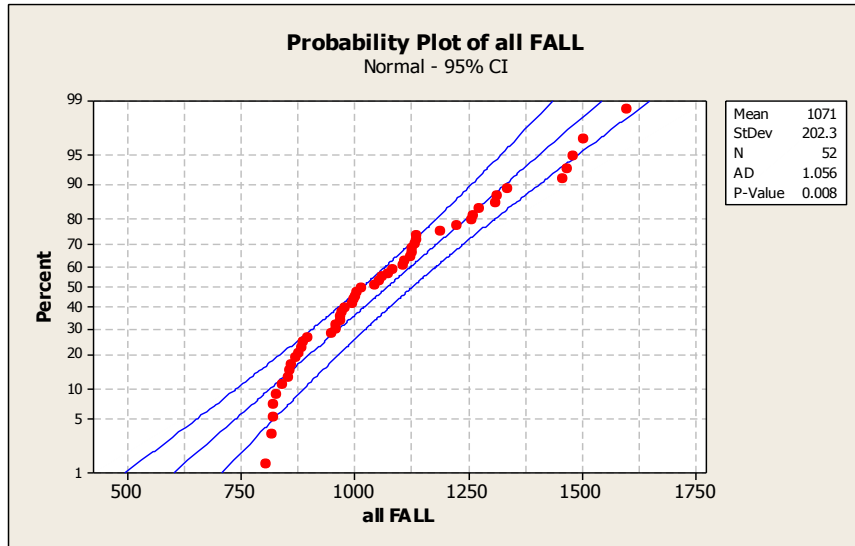
الهطل (مم)	السنة	الهطل (مم)	السنة	الهطل (مم)	السنة
979.0	1995	1258.1	1977	855.5	1959
858.6	1996	997.9	1978	872.3	1960
970.0	1997	1309.3	1979	1137.2	1961
950.0	1998	959.4	1980	1502.5	1962
1053.2	1999	1014.9	1981	1074.6	1963
823.3	2000	972.0	1982	1132.8	1964
1262.3	2001	1110.8	1983	1126.1	1965
1457.7	2002	885.0	1984	1468.2	1966
1006.0	2003	1126.3	1985	1480.2	1967
1046.3	2004	1314.1	1986	1600.5	1968
1082.9	2005	1137.0	1987	958.5	1969
840.0	2006	804.6	1988	1225.6	1970
895.9	2007	818.7	1989	821.0	1971
1108.3	2008	888.0	1990	829.8	1972
861.7	2009	1275.0	1991	1003.2	1973
1187.9	2010	876.5	1992	1061.3	1974
		971.0	1993	1124.1	1975
		994.2	1994	1338.3	1976

يمكن حساب من خلال البرنامج المتوسط الحسابي، الوسيط، الانحراف المعياري، التباين، القيم الصغرى، القيم الكبرى، المدى والتفرطح. ويبين (الجدول-3) أهم المؤشرات الإحصائية لبيانات الهطل المطري:

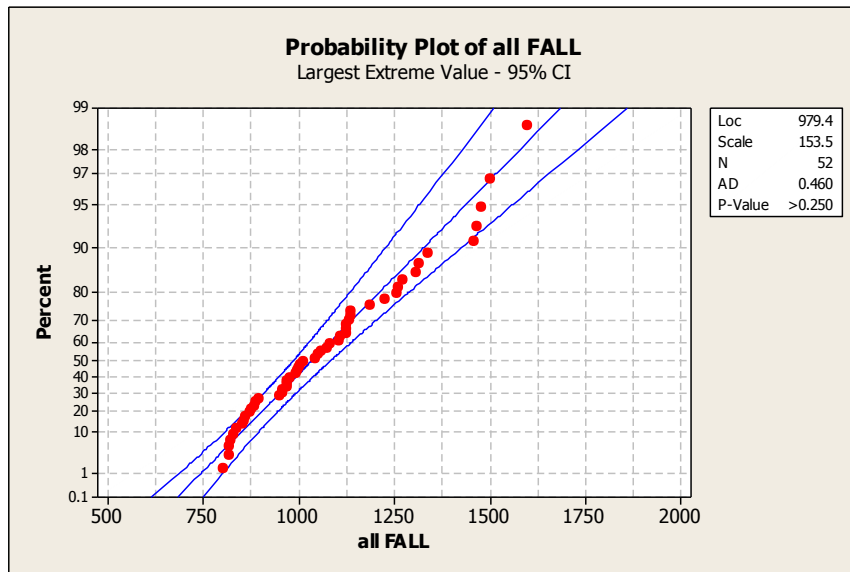
(الجدول-3) أهم المؤشرات الإحصائية (مقدرة ب مم).

804.6	أصغر قيمة	1071.3	المتوسط
1030.6	الوسيط	28.1	الخطأ المعياري للوسط الحسابي
1600.5	أكبر قيمة	202.3	الانحراف المعياري
796.00	المدى	40943.5	التباين
29247.6	نصف متوسط مربعات الفروق المتتالية	61767695.4	مجموع مربعات القيم
		-0.01	التفرطح

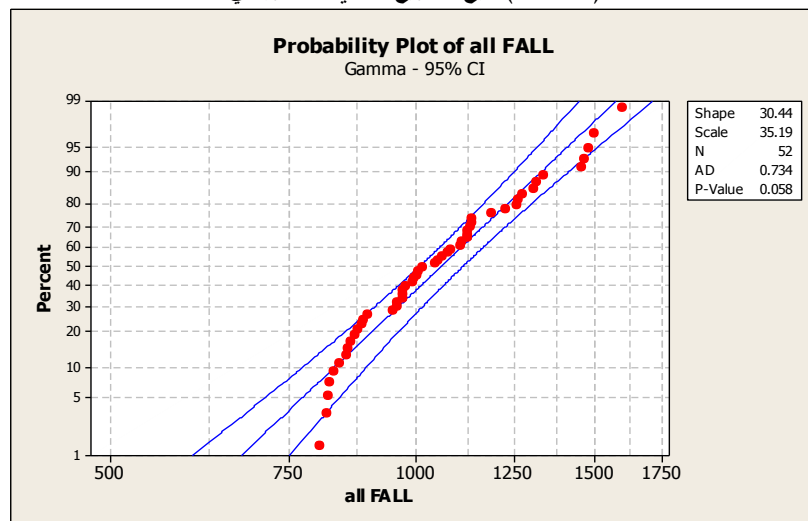
وتم الحصول على تابع توزيع الهطل المطري مع المنحني البياني، وتم اختيار التوزيع المناسب للهطل من خلال قيمة P-value (القيمة الاحتمالية المستخدمة لتقييم المقاييس الإحصائية وتعبير عن مدى الثقة بها كنسبة مئوية) إذ يجب أن تكون أكبر قيمة ممكنة والموضحة في الأشكال (3-7).



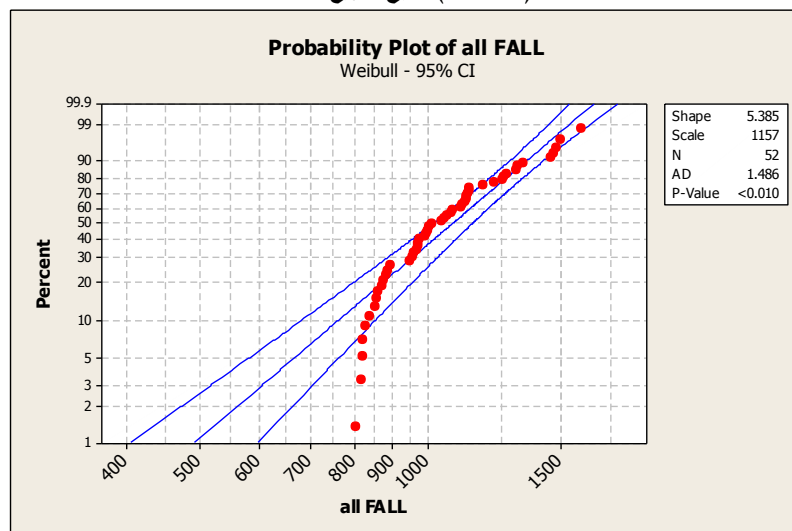
(الشكل-3): تابع التوزيع الطبيعي



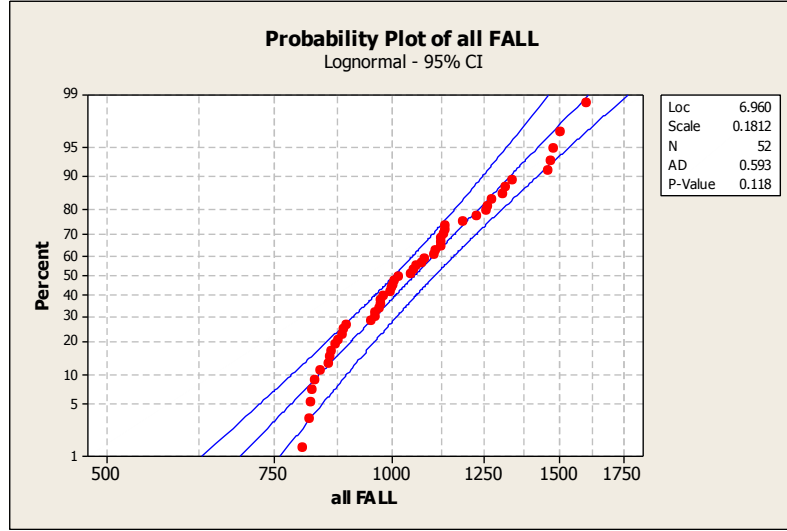
(الشكل-4): تابع التوزيع الحدي اللوغاريتمي



(الشكل-5): تابع توزيع غاما



(الشكل-6): تابع توزيع Weibull



(الشكل-7): تابع التوزيع اللوغاريتمي

نوضح في (الجدول -4) قيم P-value لتتابع التوزيع الاحتمالية:

(الجدول -4). قيمة P-value تبعاً لتتابع التوزيع الاحتمالي

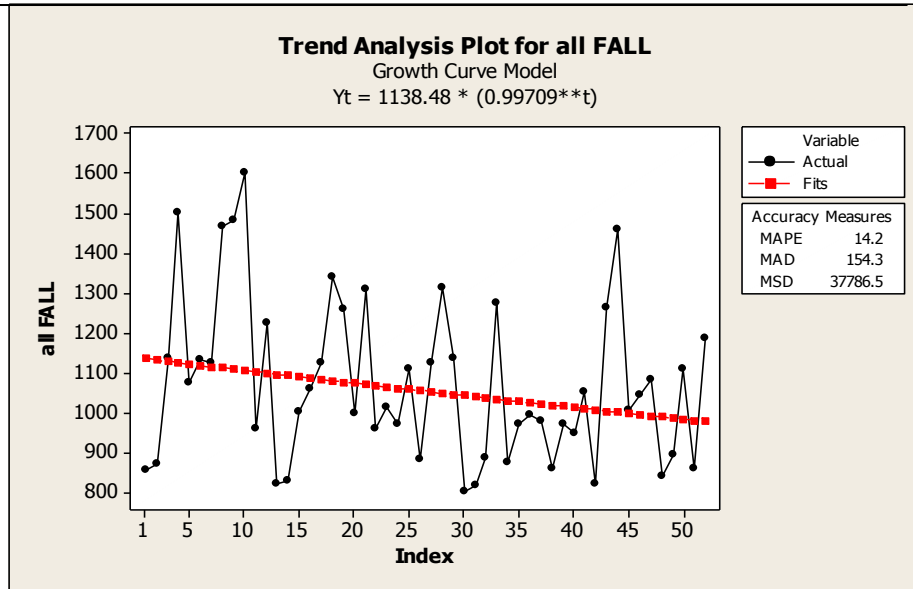
قيمة P-value	تابع التوزيع
0.008	تابع التوزيع الطبيعي
>0.25	تابع التوزيع الحدي اللوغاريتمي
0.058	تابع توزيع غاما
<0.01	تابع التوزيع weibull
0.118	تابع التوزيع اللوغاريتمي

وبالتالي فإن تابع التوزيع الأمثل للهطل المطري في الحوض المدروس، هو تابع التوزيع الحدي اللوغاريتمي.

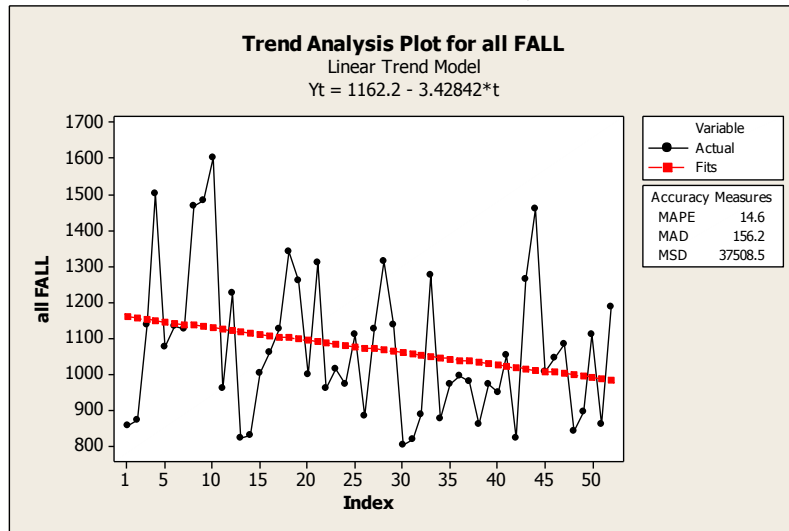
ثانياً: التنبؤ المستقبلي بكميات الهطل المطري

تمّ التنبؤ بقيم الهطل المطري بثلاث طرائق، واختيار التنبؤ الأفضل بناءً على قيمة (MSD) الصغرى وهي القيمة الصغرى لمتوسط مربع الأخطاء (متوسط مربع الفرق بين القيم المقاسة وخط الانحدار). إذ يعد أفضل المقياس وهو متوسط مربع الأخطاء والطرائق هي:

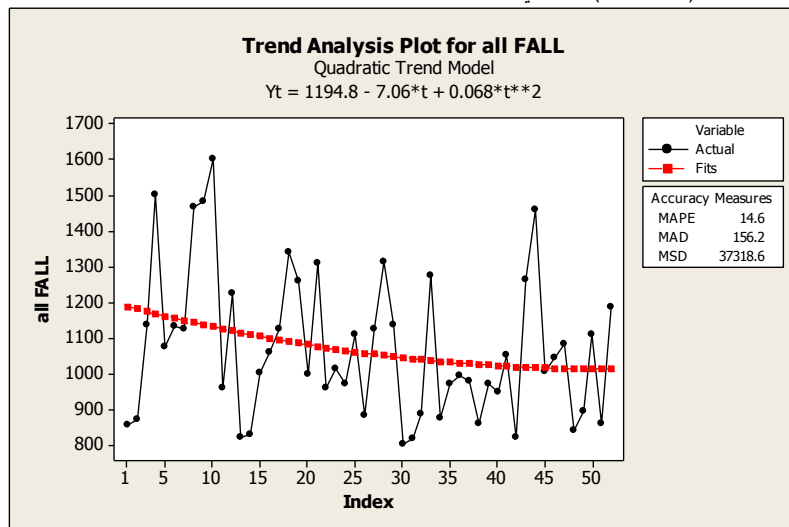
الطريقة الخطية، الطريقة الأسية وطريقة الترتيبات الصغرى الموضحة في الأشكال (8-10).



(الشكل -8): منحني الهطولات المطرية المتوقعة من الطريقة الأسية.



(الشكل -9): منحني الهطولات المطرية المتوقعة من الطريقة الخطية.



(الشكل -10): منحني الهطولات المطرية المتوقعة من طريقة التربيعات الصغرى

يوضح (الجدول -5) قيم MSD للهطولات المطرية المتوقعة وتبعاً للطريقة المستخدمة في التنبؤ.

(الجدول -5). قيم MSD تبعاً للطريقة المستخدمة في التنبؤ

طريقة التنبؤ	قيمة MSD (مم)
الطريقة الأسية	37786.5
الطريقة الخطية	37508.5
طريقة التريعات الصغرى	37318.6

إن الطريقة الأفضل للتنبؤ بكميات الهطل المطري في الحوض المدروس هي طريقة التريعات الصغرى.

تقييم معدلات الغزارة النهرية في حوض نهر مرقية

أولاً: الدراسة الإحصائية لمعدلات الغزارة النهرية

يمثل (الجدول -6). بيانات الغزارة النهرية السنوية في حوض نهر مرقية خلال فترة المراقبة (1989-2010):

(الجدول -6). متوسط الجريان السنوي في حوض نهر مرقية مقدرة بـ m^3/sec .

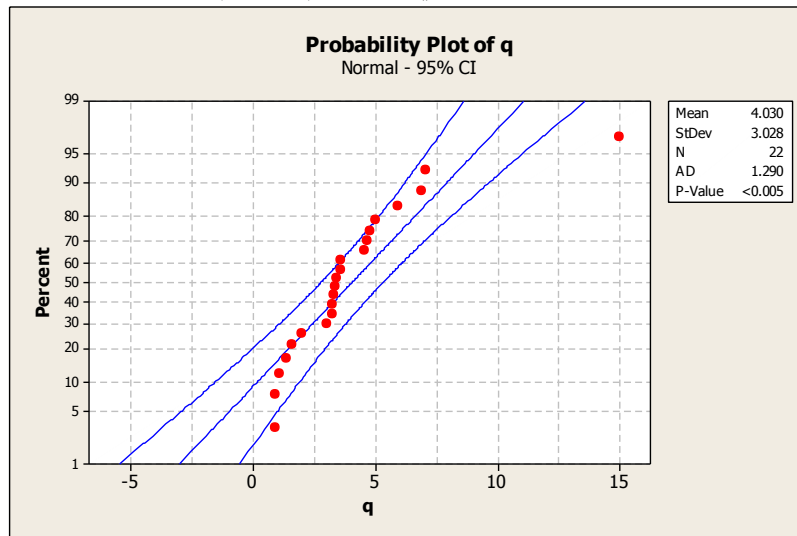
السنة	الجريان	السنة	الجريان	السنة	الجريان
1989	0.93	1997	3.28	2005	4.8
1990	0.94	1998	3.35	2006	3.62
1991	1.39	1999	5.01	2007	1.58
1992	7.09	2000	5.94	2008	1.09
1993	3.27	2001	3.59	2009	4.54
1994	3.31	2002	3.00	2010	1.99
1995	4.66	2003	15.00		
1996	3.40	2004	6.89		

ونلخص في (الجدول -7). أهم المؤشرات الإحصائية لبيانات الغزارة النهرية مقدرة بـ m^3/sec .

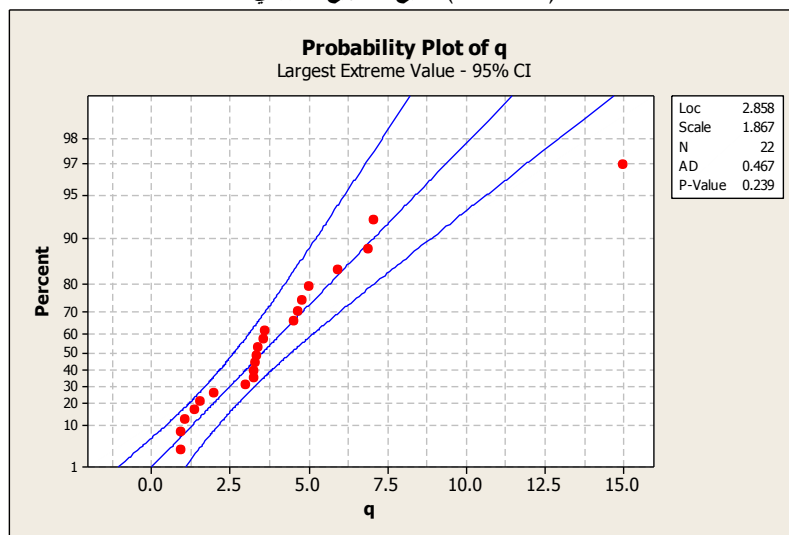
(الجدول -7). المؤشرات الإحصائية للغزارة النهرية بـ m^3/sec .

المتوسط	4.030	أصغر قيمة	0.932
الخطأ المعياري للوسط الحسابي	0.646	الوسيط	3.374
الانحراف المعياري	3.028	أكبر قيمة	14.996
التباين	9.169	المدى	14.064
مجموع مربعات القيم	549.774	نصف متوسط مربعات الفروق المتتالية	7.108
التفرطح	7.83		

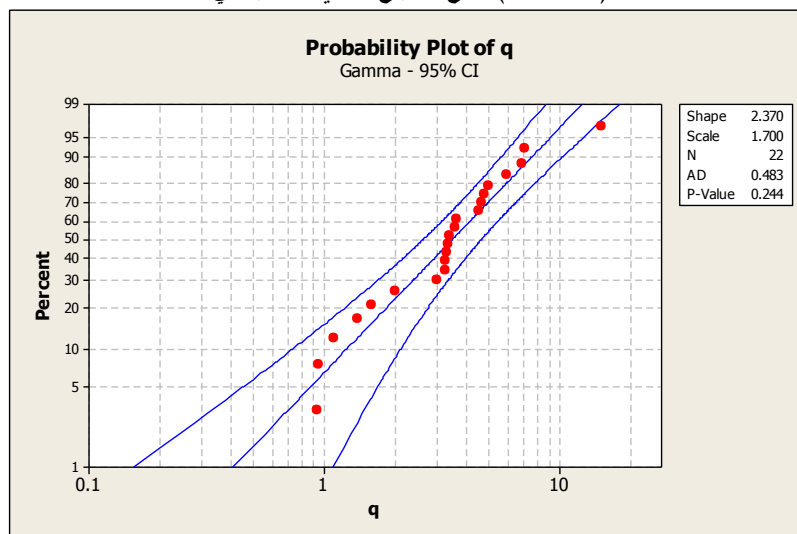
حصلنا على تابع توزيع الهطل المطري مع المنحني البياني، وتم اختيار تابع التوزيع المناسب للهطل من خلال قيمة P-value إذ يجب أن تكون أكبر قيمة الموضحة في الأشكال (11-15).



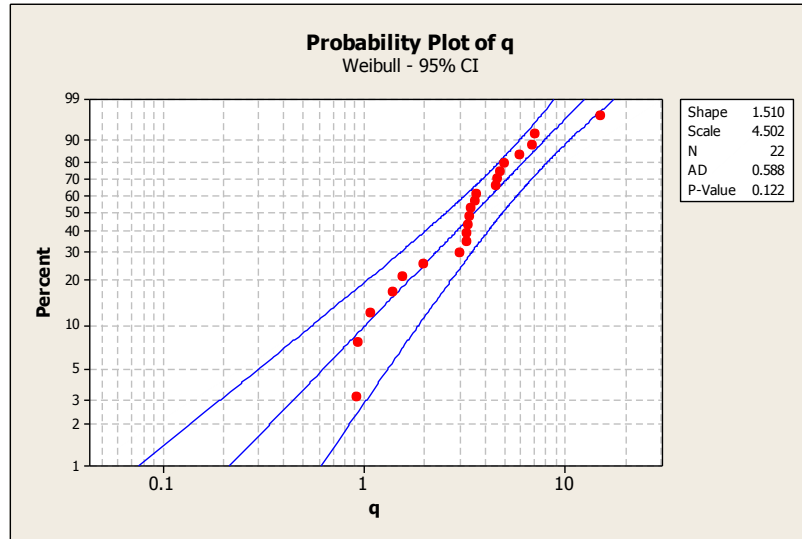
(الشكل-11): تابع التوزيع الطبيعي



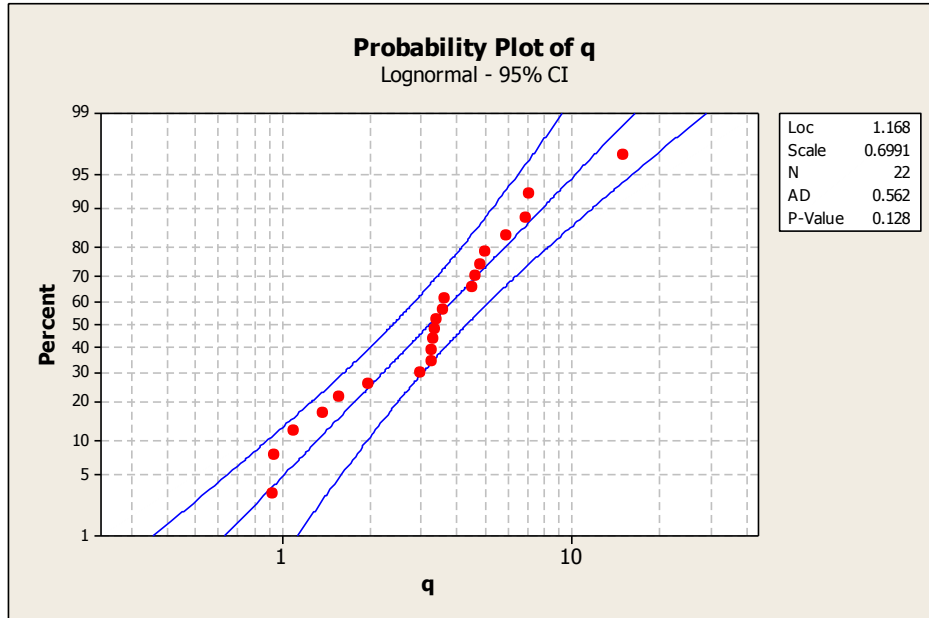
(الشكل-12): تابع التوزيع الحدي اللوغاريتمي



(الشكل-13): تابع توزيع غاما



(الشكل-14): تابع توزيع Weibull



(الشكل-15): تابع التوزيع اللوغاريتمي

نلاحظ من المنحنيات السابقة أن قيمة P-value لتتابع التوزيع الاحتمالية هي كالاتي (الجدول -8):
(الجدول-8). قيمة P-value لتتابع التوزيع الاحتمالية

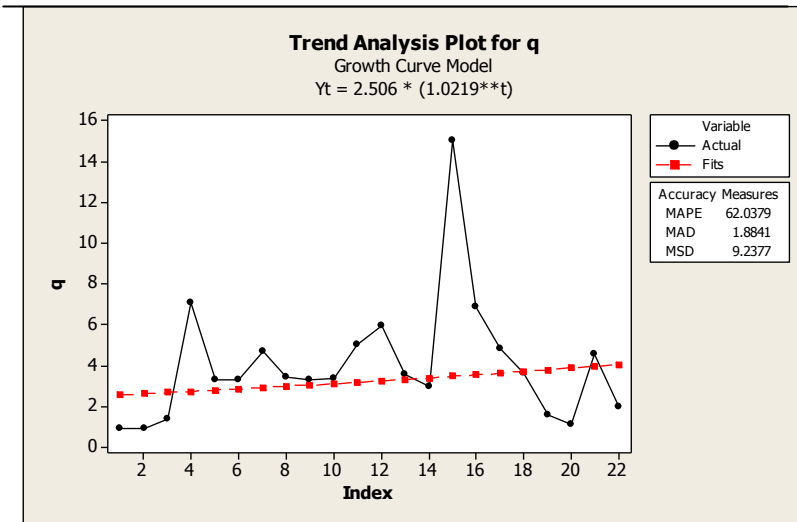
قيمة P-value	تابع التوزيع
<0.005	تابع التوزيع الطبيعي
0.239	تابع التوزيع الحدي اللوغاريتمي
0.244	تابع توزيع غاما
0.122	تابع التوزيع weibull
0.128	تابع التوزيع اللوغاريتمي

إن تابع التوزيع الأمثل للغزارة النهرية في نهر مرقية هو تابع توزيع غاما.

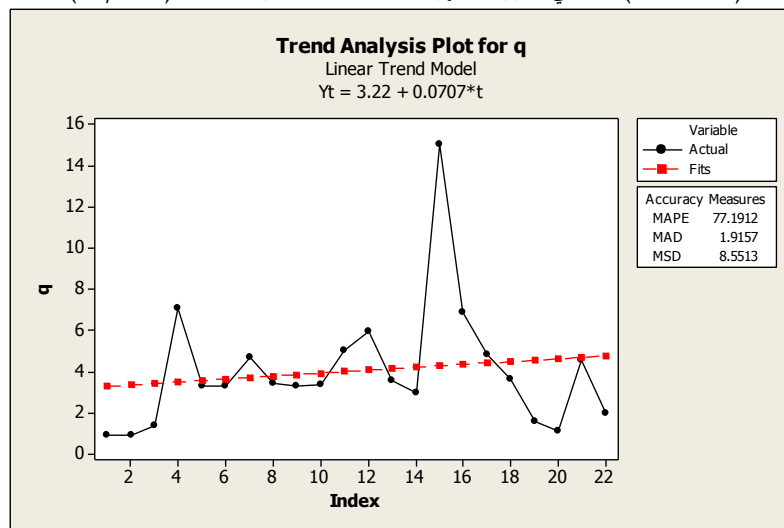
ثانياً: التنبؤ المستقبلي بمعدلات الغزارة النهرية

تمّ التنبؤ بقيم الغزارات النهرية بثلاث طرائق، واختيار التنبؤ الأفضل بناءً على قيمة (MSD) الصغرى. إذ يعد أفضل المقاييس وهو متوسط مربع الأخطاء والطرائق هي:

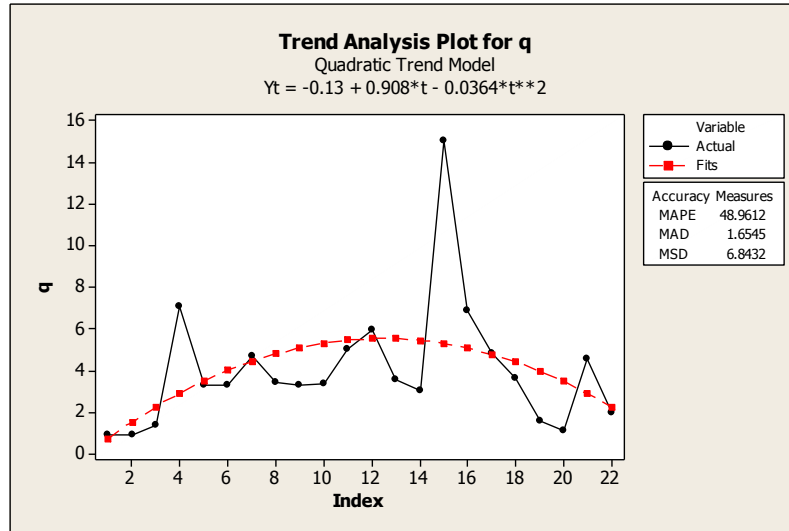
الطريقة الخطية، الطريقة الأسية وطريقة التريعات الصغرى الموضحة في الأشكال (16-18).



(الشكل -16): منحنى الغزارات النهرية المتوقعة من الطريقة الأسية (m^3/sec).



(الشكل -17): منحنى الغزارات النهرية المتوقعة من الطريقة الخطية (m^3/sec).



(الشكل-18): منحني الغزارات النهرية المتوقعة من طريقة التريبعات الصغرى (m^3/sec).

نلخص نتائج قيم (MSD) لكل طريقة من طرائق التنبؤ في (الجدول-9).

(الجدول-9) قيمة P-value لتتابع التوزيع الاحتمالية

طريقة التنبؤ	قيمة MSD
الطريقة الأسية	9.2377
الطريقة الخطية	8.5513
طريقة التريبعات الصغرى	6.8432

إن الطريقة الأفضل للتنبؤ بقيم الغزارات النهرية هي طريقة التريبعات الصغرى.

توفيق نموذج انحدار خطي بسيط لبيانات الهطل والجريان بمستوى معنوية 5%:

تم استبعاد بيانات عدة سنوات من القيم المتوفرة للهطل المطري والغزارة النهرية من أجل استخدامها في التحقق من امكانية الاعتماد على العلاقة الناتجة بينهما في التنبؤ بقيم الجريان لسنوات عُلّمت فيها قيمة الهطل المطري، ولتكون القيم المدروسة متوافرة دون انقطاع وبموثوقية عالية لسنوات متتالية، اعتمدنا في إيجاد العلاقة على بيانات (12 سنة) متتالية (1999-2010). فكانت العلاقة الناتجة على الشكل الآتي:

$$Q = 216 + 0.0379 P - 36.8 \ln(P) + 3.46 \ln(Q)$$

من المعادلة يتضح لنا أن: الجزء الثابت $(B_0)=216$ ، معامل الانحدار $(B_1)=0.0379$ ، معامل الانحدار

$$(B_2) = -36.8$$

معامل الانحدار $(B_3)=3.46$ ، الحكم على صلاحية نموذج الانحدار الذي تم توفيقه :

أولاً: الشرط النظري

القدرة التفسيرية للنموذج:

أي مدى قدرة المتغيرات المستقلة في النموذج على تفسير التغيرات التي تحدث للمتغير التابع، أو بمعنى آخر نسبة التغيرات التي تحدث في المتغير التابع وتُعزى إلى المتغيرات المستقلة.

يتم الحكم على القدرة التفسيرية للنموذج من خلال معامل التحديد R-Sq أو معامل التحديد المعدل R-Sq(adj) ويفضل الاعتماد على الأخير لأنه أكثر دقة. بالرجوع إلى النتائج نجد أن $R-Sq(adj) = 87.2\%$ وهذا يعني أن الهطل المطري يفسر % 87.2 من التغيرات التي تحدث للجريان ضمن حوض نهر مرقية، والباقي % 12.8 يعود إلى عوامل أخرى (الجريان الجوفي، الخطأ العشوائي،....).

ثانياً: الشروط الرياضية

1. المعنوية الكلية للنموذج:

شكل الفروض الإحصائية:

الفرض العدمي (H_0): نموذج الانحدار غير معنوي (جميع معاملات الانحدار غير معنوية).
الفرض البديل (H_1): نموذج الانحدار معنوي (واحد على الأقل من معاملات الانحدار معنوي).
يوضح (الجدول-10). تحليل التباين ANOVA لنموذج الانحدار:

(الجدول-10). تحليل التباين ANOVA لنموذج الانحدار

المصدر SOURCE	درجات الحرية DF	مجموع المربعات SS	متوسط المربعات MS	ف- المحسوبة F CAL	P-VALUE
الانحدار	3	134.141	44.714	26.03	0.000
الخطأ	8	13.741	1.718	*	*
الكلية	11	147.882	*	*	*

يتضح من جدول تحليل التباين أن قيمة $P\text{-value} = 0$ وهي أقل من مستوى المعنوية % 5، لذلك نرفض الفرض العدمي، مما يعني أنه يوجد واحد على الأقل من معاملات الانحدار تختلف عن الصفر.

2. المعنوية الجزئية للنموذج:

يتم استخدام اختبار (ت) (T-TEST).

يوضح (الجدول-11). شكل الفروض الإحصائية:

(الجدول-11). شكل الفروض الإحصائية

بالنسبة لـ (B_0)	بالنسبة لـ (B_1)	بالنسبة لـ (B_2)	بالنسبة لـ (B_3)
$H_0: B_0=0$	$H_0: B_1=0$	$H_0: B_2=0$	$H_0: B_3=0$
$H_1: B_0 \neq 0$	$H_1: B_1 \neq 0$	$H_1: B_2 \neq 0$	$H_1: B_3 \neq 0$

ويوضح (الجدول-12). قيم معاملات الانحدار والاختبار (ت) وقيمة P-value الموافقة لهما.

(الجدول-12). قيم معاملات الانحدار والاختبار (ت) وقيمة P-value الموافقة لهما

المعاملات	قيمة معاملات الانحدار	قيمة إحصائي الاختبار (ت)	P-VALUE
B ₀	215.54	2.51	0.036
B ₁	0.03786	2.65	0.029
B ₂	-36.84	-2.54	0.035
B ₃	3.4557	4.61	0.002

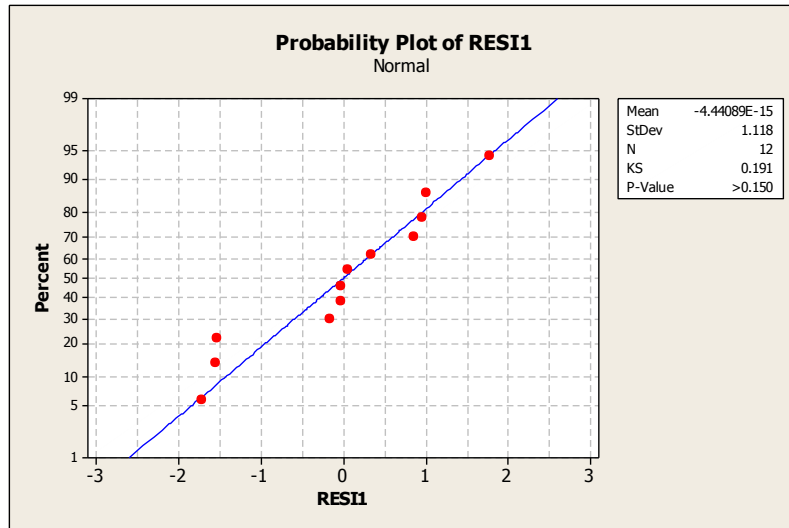
بالنسبة لجميع معاملات الانحدار (B₀، B₁، B₂، B₃) نلاحظ أن قيمة P-value لها أقل من مستوى المعنوية 5 % (0.05)، وبالتالي نرفض فرضيات العدم القائلة بأن معاملات الانحدار غير معنوية.

ثالثاً: شروط المربعات الصغرى العادية

الشرط الأول: اعتدالية التوزيع الاحتمالي للبواقي

الفروض الإحصائية:

إن الفرض العدمي (H₀): يعني البواقي تتبع التوزيع الطبيعي، والفرض البديل (H₁): يعني أن البواقي لا تتبع التوزيع الطبيعي. فكان مخطط الاحتمالية للبواقي في (الشكل-19):



(الشكل-19): مخطط احتمالية البواقي.

ونائج اختبار اعتدالية التوزيع الاحتمالي للبواقي باستخدام اختبار "كلومجروف-سميرنوف" موضحة في (الجدول-13).

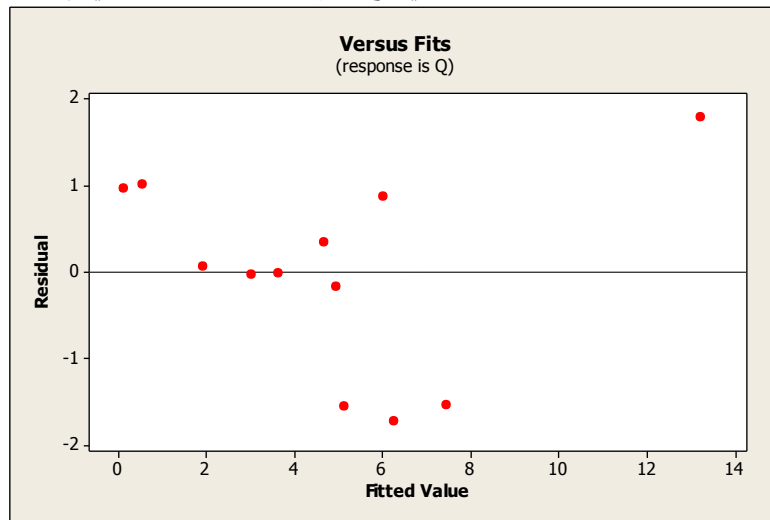
(الجدول-13). اختبار اعتدالية التوزيع الاحتمالي للبواقي باستخدام اختبار "كلومجروف-سميرنوف"

إحصائي الاختبار-KS	عدد المشاهدات-N	الاحتمال-P-VALUE
0.191	12	>0.150

إن قيمة P-VALUE > 0.150 أكبر من مستوى المعنوية 5 % أي أننا نقبل الفرض العدمي بأن البواقي تتبع للتوزيع الطبيعي.

الشرط الثاني: اختبار تجانس البواقي (اختبار تجانس التباين)

من مخرجات تحليل الانحدار، فإن شكل انتشار البواقي مع القيم الاتجاهية موضحة في (الشكل-20).



(الشكل-20): مخطط انتشار البواقي مع القيم الاتجاهية.

نلاحظ أن انتشار وتوزيع البواقي يأخذ شكل عشوائي على جانبي الخط الذي يمثل الصفر (وهو الخط الذي يفصل البواقي السالبة والبواقي الموجبة)، حيث أنه لا يمكن رصد نمط أو شكل محدد لهذه البواقي (بمعنى أنها ليست متزايدة أو متناقصة أو تقع في جانب واحد). لذا نحكم بعدم ثبات التباين، وبالتالي فإن الشرط الثاني (شرط ثبات التباين للبواقي) من شروط استخدام طريقة المربعات الصغرى العادية متوفر [11].

للتأكد من جودة نموذج الانحدار الذي تم توقيفه تم التأكد من خلال بيانات السنوات التي لم تُدخل في إيجاد العلاقة وكانت النتائج كالتالي (الجدول -14):

(الجدول-14). نسبة الخطأ بين القيم المقاسة والمحسوبة بالنموذج m^3/sec .

العام	القيمة المقاسة	القيمة المحسوبة	نسبة الخطأ %
1992	7.09	6.64	6.34 %
1993	3.27	3.77	15.29 %
1994	3.31	3.8	14.8 %
1995	4.66	5	7.29 %
1996	3.4	4.18	22.94 %
1997	3.28	3.78	15.24 %
1998	3.35	3.87	15.52 %

نلاحظ أن نسبة الخطأ لاتتجاوز القيم المسموحة (حوالي 20% في الهيدرولوجيا) [7]. وبالتالي يمكن الاعتماد على المعادلة السابقة في التنبؤ بقيم الجريان اعتماداً على قيم الهطل المطري ضمن موثوقية جيدة في حوض نهر مرقية.

الاستنتاجات والتوصيات

1. إن تابع التوزيع الأمثل للهطل المطري في حوض مرقية، هو التوزيع الحدي اللوغاريتمي وتابع التوزيع الأمثل للجزارة النهرية في الحوض المدروس هو توزيع غاما.
2. يرتبط الهطل المطري السنوي بجزارة النهر في حوض مرقية بالعلاقة:

$$Q = 216 + 0.0379 P - 36.8 \ln(P) + 3.46 \ln(Q)$$
3. يفسر الهطل المطري % 87.2 من التغيرات التي تحدث للجريان ضمن حوض النهر.
4. يمكن استخدام المعادلة الرياضية السابقة، من أجل التصميم الأمثل والاقتصادي للمنشآت المائية المراد إنشاؤها، وكذلك في استكمال أية بيانات ناقصة أو مفقودة.
5. إن لقيم الهطل المطري والجريان في حوض نهر مرقية نفس الاتجاه العام وهو التناقص.
6. تعد طريقة التريعات الصغرى أفضل الطرائق في رسم خط الانحدار لبيانات الهطل المطري والجريان.
7. ضرورة استمرارية وأتمتة القياسات المائية والمناخية في الأحواض الساكنة خاصة الحوض المدروس.

المراجع

1. رشيد، فراح. سياسة إدارة الموارد المائية في الجزائر ومدى تطبيق الخصخصة في قطاع المياه في المناطق الحضرية. أطروحة دكتوراه، الجزائر 2010، 357.
2. عمار، غطفان. تأثير التغيرات المناخية على الواردات المائية لنهر الحصين. مؤتمر الخليج التاسع للمياه، سلطنة عمان، 2010، 13.
3. محمد، ديمة. تأثير التغيرات المناخية على تدفقات نبع بانياس سوريا. مجلة جامعة تشرين، سوريا، 2013، 18.
4. ABED RABBOH, R. *Water demand management in Syria*. Third ed. Regional Workshop on: Water and Sustainable Development in the Mediterranean Water Demand Management, Progress and Policies. Blue Plan UNEP/MAP, Zaragoza, Spain, 2007. 38.
5. ACSAD-BGR TECHNICAL COOPERATION PROJECT. *Management, Protection and sustainable Use of Groundwater and oil Resources*. Project Report Phase III, 01.04.2004-31.03, 2008.
6. SMITH, B.; FOSTER, J. KOUCHOUKOS, N. GLUHOSKY, A.; YOUNG, R AND DE PAUW, E. *Spatial analysis of climate, landscape, and hydrology in the Middle East: modeling and remote sensing*. Center for Earth Observation Report No.2, Yale University, 2000. 52.
7. CHONG-YU XU. *Modelling the effects of climate change on water resources in central Sweden*. Water resources management, VOL.14, 2008, 177-189.
8. Ma, T.; Wang, Y. Guo, Q. *Response of carbonate aquifer to climate change in northern China: a case study at the shentou karst springs*. Journal of hydrology, VOL.297. NO.4, 2004, 274-284.
9. VANRHEENEN, N.; WOOD, A.; PALMER, R.; RLETTENMAIER, D. *Potential implications of PCM climate change scenarios for Sacramento-Sanjoaquin river basin and water resources*. Climatic change, VOL.62, 2009, 257-281.
10. الأسعد، علي؛ عمار، غطفان. الهيدرولوجيا الهندسية. جامعة تشرين. 2007، 506.
11. سليمان، أسامة. Minitab، جامعة المنوفية، 2007، 476.