

العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض الحويز

د. علي محمد الأسعد¹

د. عباس عبد الرحمن²

لمى شيبان³

(تاريخ الإيداع 2 / 7 / 2018. قُبل للنشر في 17 / 9 / 2018)

□ ملخص □

تعتمد تدفقات الأنهار على كميات الهطل المطري في أحواضها الساكنة، حيث يرتبط التدفق بكمية الهطل ارتباطاً وثيقاً، كما يتعلق التدفق بعوامل مناخية وجغرافية عديدة. وتتمتع العلاقة بين الهطل والجريان بأهمية كبيرة في تقدير التدفقات وتغيراتها في حوض الحويز الواقع بين حوضي الزرود والجيلاني، ويشكل حوض الحويز جزءاً من حوض نهر السخابة. شيد سد الحويز على نهر الحويز بطاقة تخزينية بلغت 16.5 مليون متر مكعب. تهدف الدراسة إلى إيجاد علاقة تربط بين قيم الهطل المطري والجريان النهري في حوض الحويز. حيث اعتمد البحث على التحليل الإحصائي لبيانات الهطل والجريان، إضافةً إلى الدراسة التحليلية لبيانات الهطل المطري السنوي (1959-2011) مما يساعد في معرفة نزعة الهطولات المطرية وتغيراتها في المستقبل، والتنبؤ بتغيرات تدفقات نهر الحويز. وبيّنت الدراسة أن قيم عامل الجريان تراوحت بين (0.66-0.007). وتم التوصل إلى معادلة رياضية تتيح تقدير كمية التدفق اعتماداً على قيم الهطل المقيسة أو المتوقعة، واستيفاء البيانات المفقودة أو الناقصة بمستوى أداء جيد.

الكلمات المفتاحية: الهطل المطري- الجريان السطحي، حوض الحويز.

¹ - أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

² - أستاذ مساعد - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

³ - طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Rainfall – Runoff Relationship in ALHWAIZ Basin

Dr. Ali M. ALASAAD**

Dr. Abbas ABDALRAHMAN***

Lama SHIBAN*

(Received 2 / 7 / 2018. Accepted 17 / 9 / 2018)

□ ABSTRACT □

River flows depend on precipitation in their catchments, where the flow is highly correlated with precipitation, among many climatic and geographic factors. The relationship between precipitation and runoff is of great importance in estimating flow changes in The HWAIZ basin that is located between The-Zrod and The-Gelani basins. The Al-HWAIZ Dam was built on the HWAIZ River with storage capacity of 16.5 MCM. The purpose of this study is to find a relationship between rainfall and runoff in The HWAIZ basin. This study depended on statistical analysis of rainfall and runoff data, and the analytical study of the annual rainfall data (1959-2011), to guess the trend of rainfall and its future changes and forecasting changes in the HWAIZ river flows. The study showed that the runoff coefficient values ranged between (0.007-0.66). A mathematical relationship was established that allows to estimate flow based on measured or predicted precipitation values, as well as appraise missing or lacking data with accepted level of accuracy.

Keywords: rainfall-runoff relationship; Al Hwaiz basin.

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

***Associate 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

الماء أعلى الثروات الطبيعية اللازمة لاستمرار الحياة، وبسبب العوامل المناخية لا تستحوذ المناطق الجافة وشبه الجافة إلا على 2% من المياه السطحية على اليابسة [1، 2].

بسبب الطلب المتزايد على الموارد المائية في سورية، فإن نقصان الهطل المطري سيؤدي إلى زيادة الصعوبة في تأمين المياه. ونظراً لهذه المحدودية في الموارد المائية والاستهلاك الكبير لها، أجريت الدراسات الهيدرولوجية المبنية على قياسات دقيقة لعناصر الدورة الهيدرولوجية، ودرست العلاقة بين الهطل المطري والجريان السطحي، وتحديد عامل الجريان لإعداد الدراسات الهندسية المائية كحساب الموازنة المائية وحجوم التخزين في الخزانات المائية. ويعدّ الهطل المطري من أهم العوامل المؤثرة في تشكل الجريان، لذلك عند دراسة الهطل المطري لفترة زمنية طويلة نسبياً يمكن وضع تصوّر واضح عن تغيرات المناخ القادمة وتأثيرها في نظام الجريان. حيث أن الدورية التي يخضع لها الهطل المطري تشابه الدورية التي تتبع لها التدفقات، ويكون لهما النزعة نفسها تقريباً [3، 4، 5، 6].

ويعتمد تحديد هذه العلاقة على التحليل الإحصائي لبيانات الهطل المتوفرة لفترة قياس محددة وبيانات التدفق المقابلة لها، التي تمكن الباحث من التنبؤ بتدفقات الأنهار بدلالة قيم الهطل المطري. إضافةً إلى النمذجة الهيدرولوجية للأحواض باستخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS الذي استُخدم لتحديد الأحواض الساكنة ورسم المجاري التي تجري فيها مياه الأمطار خلال الشتاء [7، 8].

توجد مجموعة من العوامل المؤثرة في علاقة الهطل المطري والجريان يجب أخذها بالحسبان، من أبرزها العلاقة القوية بين ارتفاع المحطة وموقعها الجغرافي مع متوسط الهطل السنوي. إذ يزداد معدل الهطل مع ازدياد ارتفاع المحطة في المنطقة الجغرافية الواحدة. كما تتأثر علاقة الهطل_الجريان بتوزيع الأمطار، وبالفترة الزمنية للهطل وتضاريس الحوض الساكن. وبما أن المناطق الجافة تتميز بقلة الأمطار، فإذا هطلت فيها أمطار غزيرة لفترة قصيرة قد تحدث السيول التي تهدد الأرواح والممتلكات. حيث أن المحدد الرئيسي لحجم المياه الجارية هي كمية الهطل المطري لفترة الهطل، أما الخصائص الجيومورفولوجية فيرتبط تأثيرها بمعدلات التسرب وتغير الجريان السطحي. كما أن تقارب الفاصل الزمني بين العواصف المطرية يزيد من المياه الجارية على سطح الأرض نتيجة لكل عاصفة. ويزداد الجريان أيضاً كلما ازدادت شدة العاصفة، وهذا يفسر اختلاف استجابة الجريان للهطل خلال فصول السنة [9، 10، 11، 12].

وتؤدي العوامل الجوية المتمثلة بالهطل المطري وتوزيعه المكاني والزمني، والتبخر ودرجة الحرارة ورطوبة التربة دوراً كبيراً في تشكل الجريان السطحي. حيث أن ذروة الرطوبة تتوافق مع قيم الهطل المطري ودرجات الحرارة المنخفضة. وبالتالي فإن الحرارة العالمية الحالية وزيادة نطاق الحرارة اليومي من المرجح أن تسبب تناقصاً في عدد الأيام الماطرة وزيادة في قيم الهطل السنوي. إضافةً إلى آثار الاحتراز العالمي وزيادة الطلب على المياه ستؤدي إلى ندرة المياه ونقصان في قيم الجريان السطحي المترافق مع انخفاض كمية الهطل المطري في بعض مناطق الكرة الأرضية، وزيادتها في مناطق أخرى [13، 14، 15، 16، 17، 18].

كما يسبب النشاط الاقتصادي للإنسان تغيرات مناخية واضحة، تبدو على شكل تأثير موسمي مختلف في التدفقات من التقلب الطبيعي متعدد العقود (زيادة في فصل الشتاء وانخفاضاً في فصل الصيف). وتؤدي زيادة التقلبات من سنة إلى أخرى في المناخ إلى زيادات طفيفة في التدفقات الوسطية الشهرية، ونقصاناً أقل في التدفقات الدنيا low flows، بينما يحدث أعظم تأثير في التدفقات المنخفضة في أحواض المناطق المرتفعة upland catchments [19].

ودرست الحدود الطبيعية للحوض الساكب لثلاثة أنهارٍ رئيسية في حوض الساحل السوري (الزرود- الحويز- الجبلاني)، وحددت قيم معامل الجريان $Runoff\ Coefficient$. ولكن لم تُحدد علاقة الجريان بالهطل في حوض الحويز، الذي يشكل جزءاً من حوض السخابية في الساحل السوري (الشكل 1).

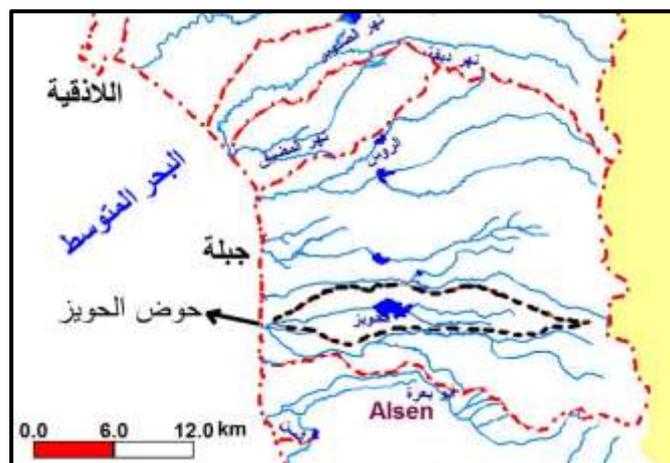
أهمية البحث وأهدافه

يُعد نقص المياه من أهم التحديات التي تواجه الإنسان في الزمن الراهن، ويزيدها حدةً التغيرات المناخية التي تميل إلى نقصان كميات الهطل المطري في بعض المناطق، وزيادته في مناطق أخرى؛ أي تغير توزيعه الجغرافي وتغير توزيعه على فصول السنة. ويُعدّ قياس التدفق النهري من أهم بارامترات هيدرولوجيا المياه السطحية، وبما أنّ الهطل المطري هو العنصر الأساسي المكوّن للجريان السطحي، ينبغي إجراء دراسة تفصيلية لتغيراته وتغيرات التدفق المرافقة له. تكمن أهمية البحث في التحليل الهيدرولوجي لعلاقة الهطل المطري_الجريان، واستنتاج علاقة رياضية تسمح بالتنبؤ بالتدفقات خلال السنوات المقبلة، لتصميم المنشآت المائية بغية تخزين المياه وتقادي الفيضانات، كما تسمح العلاقة بوضع الخطط الاستثمارية للموارد المائية. ويهدف البحث إلى استنتاج علاقة رياضية تربط بين الهطل المطري والجريان النهري في حوض الحويز.

طرائق البحث ومواده:

يقع حوض نهر الحويز بين حوضي الجبلاني والزرود، وتبلغ مساحة حوضه الساكب حوالي (35 كم²)، وطول مجراه الرئيسي (17 كم)، الذي يتشكل على سفوح الجبال الساحلية على المنسوب (620 م)، ويجري باتجاه الغرب. الحوض ضيقٌ في بدايته، ويصل عرضه حتى (1.5 كم) عند المنسوب (400 م)، ثم يبدأ بالاتساع حتى المنسوب (100 م)، حيث يبلغ عرضه (3.5 كم)، ثم يتضيق بعدها حتى يصل إلى (300 م) تقريباً قبل التقائه بوادي الزرود. تشكل المنطقة السهلية (0-200) م 73% من مساحة الحوض، وهي مزروعة بالحمضيات والزيتون. الارتفاع الأعظمي للحوض (680 م)، وميل مجراه الرئيسي حتى مركز القياس 41.2 %، بعدها يصبح الميل خفيفاً، حتى مصبه في البحر المتوسط.

يغلب على منطقة الحوض الساكب لنهر الحويز المناخ المتوسطي، الذي يتّصف بشتاء رطب معتدل، وصيف جاف وحر، تصل درجة حرارة الهواء المطلقة العظمى خلاله إلى (42°C)، وتزداد الرطوبة النسبية للهواء، ويقلّ التبخر نسبياً بسبب القرب من البحر المتوسط. ويبلغ المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء (12.5°C) في القسم الجبلي لحوض الحويز، وعلى الساحل (19.4°C). آب هو أدفأ أشهر السنة، حيث تبلغ معدلات درجة الحرارة فيه على الساحل (28.5°C) وفي الجبال (22.6°C) [20].



الشكل 1. موقع الحوض الساكن النهر الحويز.

حصلنا على البيانات الأولية للهطل المطري والتدفقات في مجرى النهر من مديرية الموارد المائية والأرصاد الجوية في محافظة اللاذقية، واخترنا حسب مزلعات تيسين ثلاث محطات مناخية (حميميم، سد السخابية وعين الشرقية) تغطي مساحة حوض الحويز، وتقع على ارتفاعات متفاوتة، وتتفاوت فيها بيانات الهطل المطري دون انقطاع خلال الفترة (1959-2011)، وهي مدة مناسبة للتحليل الإحصائي. (الجدول 1).

الجدول 1. المحطات المطرية المدروسة وبياناتها

اسم المحطة	فترة الرصد	خطوط الطول Lon-deg	خطوط العرض Lat-deg	ارتفاع المحطة (m)	الهطل السنوي (mm)	المساحة حسب تيسين km^2
حميميم	1947-2011	35°56'38"	35°24'23"	50	827	4.45
سد السخابية	1959-2010	36°1'37"	35°49'01"	131	810.9	25.95
عين الشرقية	1959-1991	36°6'8.2"	35° 20'1.7"	496	1028	5.19

لقد دُرست تغيرات الهطل المطري باستخدام GIS في محطات الهطل المطري الآتية: حميميم، سد السخابية، عين الشرقية. ورُسمت مزلعات تيسين (الشكل 2)، وحُسبت القيمة الوسطية للهطل السنوي فوق كامل الحوض بطريقة تيسين (العلاقة 1):

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (1)$$

حيث: P الهطل المطري فوق الحوض.

$(P_1; P_2; P_3)$ الهطل المطري في كل محطة.

$(A_1; A_2; A_3)$ المساحة الجزئية لكل محطة.



الشكل 2. حوض الحويز والمحطات المطرية المؤثرة حسب تيسين.

كما استخدمنا برنامج MINITAB لاختيار تابع التوزيع الأمثل للهطل المطري والتنبؤ بقيم الهطل المتوقعة في منطقة الحوض، وإظهار الجداول التي تتضمن النتائج [21].

وللحصول على النموذج الرياضي لعلاقة الهطل المطري - الجريان السطحي اعتمدنا على بيانات الهطل المطري اليومي المحسوبة بتطبيق العلاقة (1) على المحطات الثلاث في حوض الحويز، وبعدها حُسبت حجوم المياه الواردة إلى البحيرة من بيانات حجوم التخزين لبحيرة السد، مع الأخذ بالحسبان الجريانات الخارجة من البحيرة والداخلة إليها، والعوامل المؤثرة في علاقة الهطل المطري - الجريان، لذلك أجرينا حساب الموازنة المائية للبحيرة بالعلاقة:

$$\Delta S = (I - O) \Delta t \quad (2)$$

حيث: ΔS - تغير حجم التخزين مقدراً بـ MCM (مليون متر مكعب) خلال الزمن Δt (وفي الحالة المدروسة $\Delta t = n \text{ days}$).

I - الجريان الوارد MCM الذي يمثل الجريان الناتج من الهطل المطري والضخ القادم من السن.

O - الجريان الخارج MCM الذي يمثل الفوائد الكلية اليومية من البحيرة التي تتضمن فوائد التبخر، وكميات المياه المسحوبة من مأخذ الري [22].

النتائج والمناقشة

1 - التنبؤ الإحصائي بكميات الهطل المطري

اعتمد التنبؤ بقيم الهطل المطري لمدة عشر سنوات على الطرائق الثلاث (الطريقة الأسية، الطريقة الخطية وطريقة التربيعات الصغرى). ورُتبت النتائج في (الجدول 2) لاختيار أفضل نموذج بناءً على قيمة (MSD) الصغرى (Mean Squared Deviation) (متوسط مربع الفرق بين القيم المقيسة وخط الانحدار)، لأنه يُعد أفضل المقاييس.

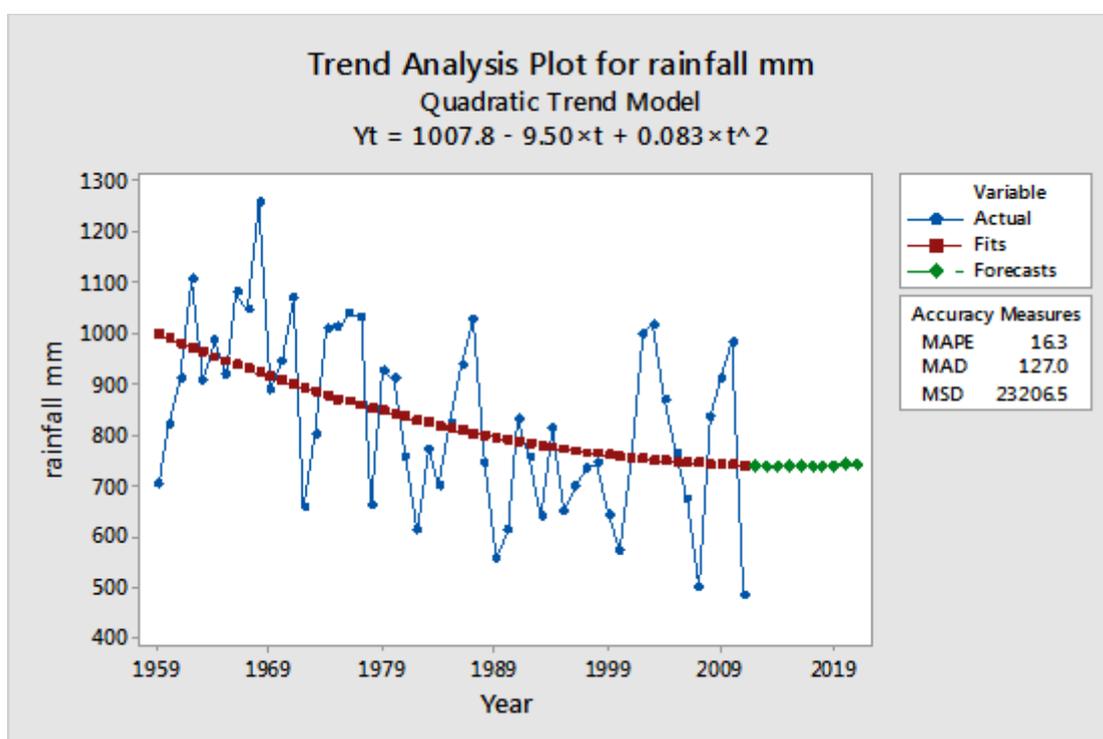
الجدول 2. قيم MSD للهطولات المطرية المتوقعة وفق كل تنبؤ ومعادلته.

النموذج	معادلة الاتجاه العام	متوسط مربع الأخطاء (MSD)
النموذج الخطي	$Y_t = 966.6 - 5.00 \times t$	23509.9
النموذج التربيعي	$Y_t = 1007.8 - 9.50 \times t + 0.083 \times t^2$	23206.5
النموذج الأسّي	$Y_t = 963.206 \times (0.99375^t)$	23626.4

إنَّ أفضل نموذج هو النموذج التربيعي (التربيعات الصغرى) (الشكل 3) الذي يحقق أصغر قيمة لمتوسط مربع الأخطاء وتساوي 23206.5، ومن ثمَّ سنعتمد التنبؤات التي يقدمها هذا النموذج (الجدول 3):

الجدول 3. قيم الهطولات المطرية العشر المتوقعة.

السنة	الهطل المتوقع (mm)	السنة	الهطل المتوقع (mm)
2017	737.215	2012	737.666
2018	737.624	2013	737.243
2019	738.200	2014	736.986
2020	738.942	2015	736.896
2021	739.851	2016	736.972



الشكل 3. منحني الهطل المطري المتوقع من طريقة التربيعات الصغرى.

2- النموذج الرياضي لعلاقة الهطل المطري - التدفق

اعتماداً على برنامج EXCEL للوصول إلى علاقة النموذج، جرى اختيار (27) قيمة محسوبة للعواصف المطرية الحاصلة خلال شتاء السنوات (2008-2009-2010-2011-2015-2016-2017)، (الجدول 4)، وقيم الجريان السطحي الناتجة منها لاستنتاج العلاقة الرياضية بينها (3) وتمثيلها بيانياً (الشكل 4). وباستخدام البرنامج اختيرت المعادلة التي تعطي أفضل تمثيل، وهي معادلة من الدرجة الثالثة:

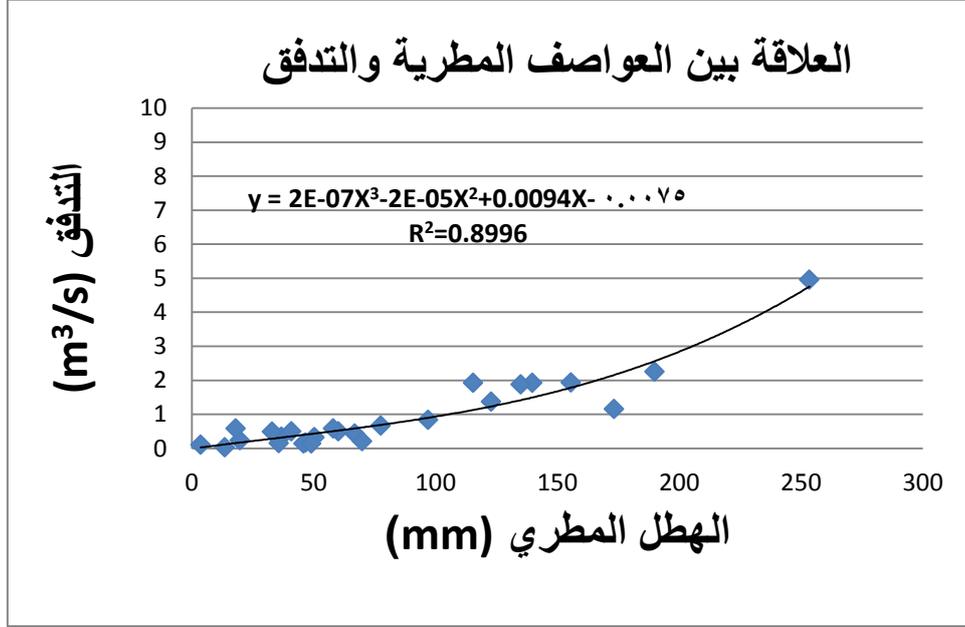
$$Q = 2 \times 10^{-7} P^3 - 2 \times 10^{-5} P^2 + 0.0094 P - 0.0075 \quad (3)$$

وأعطت هذه المعادلة قيمة جيدة لمعامل التحديد تساوي $R^2 = 0.8996$

حيث: Q - التدفق (m^3/s).

P - الهطل فوق الحوض الساكب (mm).

ويمكن استخدام هذه المعادلة بمراعاة الشرط $P \geq 1mm$.



الشكل 4. الرسم البياني للعلاقة $Q=f(P)$.

الجدول 4. القيم المستخدمة للحصول على علاقة النموذج.

الهطل المطري P (mm)	التدفق Q (m^3/s)	الهطل المطري P (mm)	التدفق Q (m^3/s)
155.6	1.93	115.43	1.929
50.22	0.316	45.9	0.14
46.68	0.169	122.9	1.3738
190	2.25	135	1.877
13.46	0.0289	253.5	4.96
77.59	0.669	69.9	0.205
36.78	0.34	49	0.138
3.59	0.107	40.9	0.503
139.71	1.929	33	0.4918
60.11	0.49	97	0.839
19.69	0.239	173.3	1.157
35.72	0.15	58	0.58
66.9	0.4349	18	0.578
50.4	0.324		

تراوحت كميات الهطل خلال العواصف المطرية المحسوبة بين عشرة إلى مئات المليمترات شتاءً. وبلغت قيم الهطل الفعّال (المطر الصافي net rain) خلال الفترة المدروسة (0.1 - 168 mm) تبعاً لحالة التربة والفترة الزمنية التي تغزر فيها الأمطار. فنتج من العاصفة التي بلغت غزارتها (253.5 mm) جرياناً سطحياً ($Q=4.9m^3/s$)، حيث

تكون الفواقد قليلة فتزداد خلالها قيمة الهطل الفعال الذي بلغ (168 mm). ونتيجة إشباع التربة خلال العواصف الطويلة (14) يوماً تتناقص شدة التسرب، إلى جانب زيادة رطوبتها، ومن ثمَّ انخفاض درجة الحرارة الذي يزيد من قيمة عامل الجريان (0.66). (الجدول 5) [23].

الجدول 5. كمية الهطل والجريان المقابلة لها وعامل الجريان والهطل الفعال لكل عاصفة مطرية.

كمية الهطل P [m ³]	كمية الجريان R [m ³]	الهطل الفعال [mm]	عامل الجريان C	الجريان السطحي Q [m ³ /s]	العاصفة المطرية P [mm]	مدة الهطل T [days]
5541470	333710	9.37	0.06	1.93	155.6	2
1788513	82042	2.3	0.045	0.316	50.22	3
1662441	117169	3.29	0.07	0.169	46.68	8
6766576	3500000	98.27	0.517	2.25	190	18
479359	5000	0.14	0.01	0.028	13.46	2
2763256	115751	3.25	0.04	0.67	77.59	2
1309867	29571	0.83	0.02	0.34	36.78	1
127853	9271	0.26	0.07	0.107	3.59	1
4975570	2500000	70.19	0.5	1.93	139.71	15
2140731	256262	7.195	0.119	0.49	60.11	6
701231	82755	2.32	0.11	0.24	19.69	4
1272116	12987	0.36	0.01	0.15	35.72	1
2382547	300661	8.44	0.12	0.43	66.9	8
1794923	140000	3.93	0.077	0.324	50.4	5
4110873	1000000	28.08	0.24	1.93	115.4	6
1634662	12118	0.34	0.007	0.14	45.9	1
4376907	1305741	36.66	0.29	1.37	122.9	11
4807831	1460000	40.99	0.3	1.877	135	9
9028037	6000000	168.4	0.66	4.96	253.5	14
2489388	160000	4.49	0.064	0.205	69.9	9
1745064	24000	0.67	0.013	0.138	49	2
1456595	87000	2.44	0.059	0.5	40.9	2
1175247	170000	4.77	0.14	0.49	33	4
3454515	290000	8.14	0.08	0.84	97	4
6171829.9	1900000	53.35	0.3	1.16	173.3	19
2065586	350784	9.85	0.16	0.58	58	7
641044	150000	4.2	0.23	0.578	18	3

وللتحقق من صحة علاقة النموذج (3)، يُحسب الانحراف المعياري لقيم التدفق المقيسة (SD)، ومقارنتها مع القيم المحسوبة (الجدول 6)، ثم يُحسب الجذر التربيعي لمتوسط مربعات الأخطاء (RMSE) (Root Mean Square Error) من العلاقة (4).

الجدول 6. المقارنة بين النتائج المقيسة والمحسوبة.

الهطل P [mm]	التدفق المقيس O [m ³ /s]	التدفق المحسوب C [m ³ /s]	O - C [m ³ /s]	(O - C) ² [m ³ /s]
155.6	1.93	1.72	0.21	0.044
50.22	0.316	0.439	-0.123	0.015
46.68	0.169	0.408	-0.239	0.057
190	2.25	2.428	-0.178	0.031
13.46	0.028	0.1158	-0.087	0.0075

$(O - C)^2$ [m ³ /s]	$O - C$ [m ³ /s]	التدفق المحسوب C [m ³ /s]	التدفق المقيس O [m ³ /s]	الهطل P [mm]
0.0006	-0.02	0.69	0.67	77.59
0.0004	0.02	0.32	0.34	36.78
0.006	0.082	0.025	0.107	3.59
0.22	0.47	1.46	1.93	139.71
0.0014	-0.038	0.528	0.49	60.11
0.0049	0.07	0.17	0.24	19.69
0.0256	-0.16	0.31	0.15	35.72
0.0256	-0.16	0.59	0.43	66.9
0.0134	-0.116	0.44	0.324	50.4
0.659	0.812	1.118	1.93	115.43
0.0676	-0.26	0.4	0.14	45.9
0.0237	0.154	1.216	1.37	122.9
0.238	0.488	1.389	1.877	135
0.374	0.612	4.348	4.96	253.5
0.172	-0.415	0.62	0.205	69.9
0.084	-0.29	0.428	0.138	49
0.02	0.143	0.357	0.5	40.9
0.0408	0.202	0.288	0.49	33
0.0036	-0.058	0.898	0.84	97
0.81	-0.9	2.06	1.16	173.3
0.005	0.071	0.509	0.58	58
0.178	0.422	0.156	0.578	18
$\sum_{i=1}^N (O_i - C_i)^2 = 3.128m^3/s$				N=27

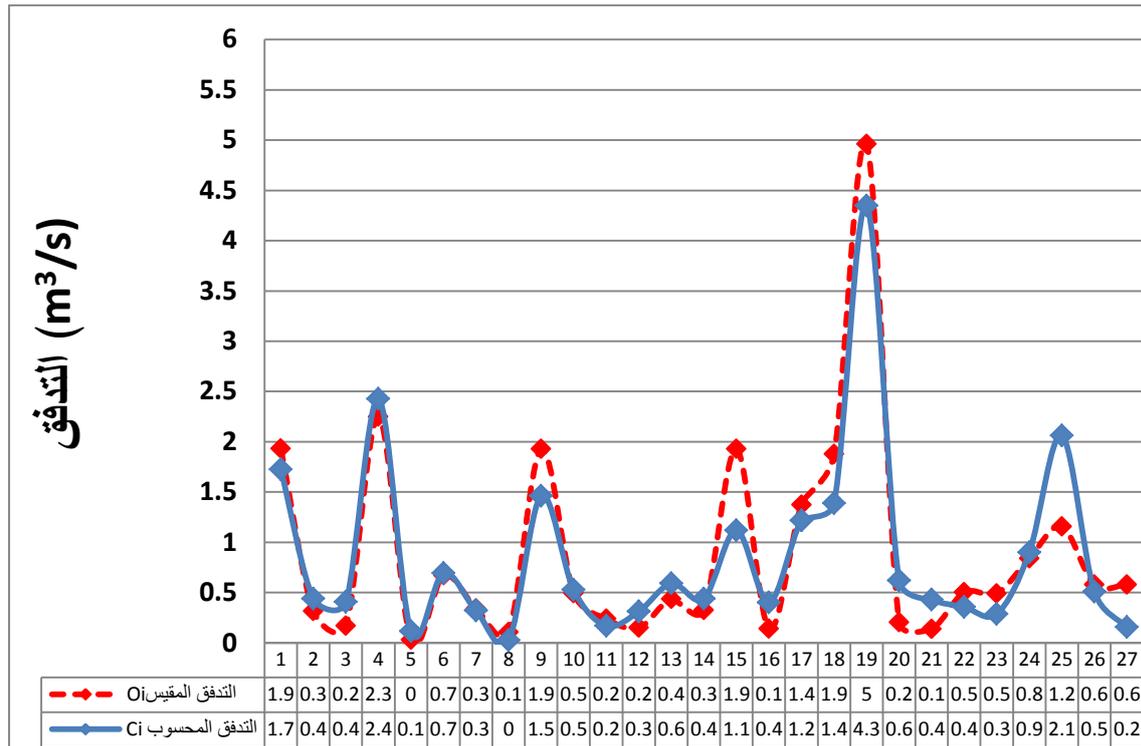
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - C_i)^2}{N}} \quad (4)$$

حيث: عدد البيانات $N=27$ ، التدفق المقيس O_i ، التدفق المحسوب C_i بالتعويض في العلاقة (3) نجد أن:
 $RMSE=0.34$ و $SD=1.061$ للتدفقات المقيسة، واعتماداً على معايير تقويم الأداء (الجدول 7) نجد أن:

الجدول 7. معايير تقويم الأداء [24].

تفسير كفاءة النموذج	تصنيف الأداء
$SD \geq 3.2 RMSE$	جيد جداً
$SD = 2.2 RMSE - 3.2 RMSE$	جيد
$SD = 1.2 RMSE - 2.2 RMSE$	مقبول
$SD < 1.7 RMSE$	غير مرض

المحسوبة (الشكل 5).
 $SD = (1.061/0.34) = 3.12 RMSE$ ؛ أي أنّ أداء علاقة النموذج جيد؛ فتبين أنّ القيم المقيسة قريبة من القيم



الشكل 5. مخطط مقارنة قيم التدفق المحسوبة Ci مع المقيسة Oi .

3- التنبؤ بقيم التدفقات في نهر الحويز

صُنفت قيم العواصف المطرية إلى مجموعات حسب قيم الغزارات، وتمكننا من التنبؤ بنسب تغير التدفقات الجارية في نهر الحويز خلال أزمنة محددة من السنوات القادمة بالتعويض في العلاقة (3). فأجريت الحسابات خلال أشهر الشتاء (ك₁، ك₂، شباط) في الحوض الساكب لنهر الحويز، وُدس احتمال تناقص معدل الهطل بمعدل 10% و 25% و 50%، فنتبين الآتي:

سيؤدي الجفاف وتناقص الهطل للعواصف المطرية المدروسة بنسبة (10%) إلى نقصان الجريان بنسبة (20%) في نهر الحويز، وفي حال تناقص الهطل بنسبة (25%) سيتناقص الجريان بمعدل (34%)، وفي حالة العواصف الكبيرة يتناقص الجريان بقيم أكبر (44%). أما إذا تناقص الهطل إلى النصف (50%) سيتناقص الجريان بقيم تصل حتى (70%)، ومن تمّ سيتناقص تخزين بحيرة السد، وسيخفض تأمين الاحتياجات المائية في حوض نهر الحويز.

الاستنتاجات والتوصيات

- طريقة التربيغات الصغرى هي أفضل الطرائق في رسم خط الانحدار لبيانات الهطل المطري.
- ترتبط العواصف المطرية الحاصلة في حوض الحويز بالجريان النهري بالمعادلة الرياضية المستنتجة $Q = 2 \times 10^{-7}P^3 - 2 \times 10^{-5}P^2 + 0.0094P - 0.0075$ التي تسمح بالتنبؤ بالتدفقات المحتمل حدوثها خلال العواصف في حوض الحويز.
- يمكن استخدام المعادلة السابقة لتصميم المنشآت الهندسية، وفي استكمال البيانات المفقودة.
- إنشاء مركز لقياس التدفقات عند مصب النهر في بحيرة سد الحويز.

المراجع

- 1- حاروش، نور الدين. *استراتيجية إدارة المياه في الجزائر*. دفاثر السياسة والقانون، العدد السابع، 2012، 59-72.
- 2- حميد، دلي خلف. *التحليل المكاني لتقدير حجم الجريان السطحي باستخدام scs.cn لحوض وادي المر الجوبي شمال العراق*. مجلة تكريت للعلوم الصرفة، العراق. المجلد الحادي والعشرون، العدد الخامس، 2016، 110-121.
- 3- عمّار، غطفان عبد الكريم. *تأثير التغيرات المناخية على تدفقات نبع السن*. بحث علمي في جامعة تشرين، 2010.
- 4- العاسمي، سهى. *دراسة العلاقة بين الهطول المطري والجريان السطحي في حوض اليرموك*. رسالة ماجستير، دمشق، سورية 2011، 130.
- 5- عمّار، غطفان عبد الكريم؛ الأسد، علي محمد؛ عبد الرحمن، عباس؛ حايك، شريف. *تأثير التغيرات المناخية على تدفقات نهر الكبير الشمالي*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، سورية. المجلد 35، العدد 2، 2013، 9-22.
- 6- محمد، ديمة؛ عمّار، غطفان عبد الكريم. *تأثير التغيرات المناخية في تدفقات نبع بانياس-سورية*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، سورية. المجلد 35، العدد 6، 2013، 137-153.
- 7- حويجة، رؤى؛ الأسد، علي محمد. *العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض نهر طرجانور*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، سورية. المجلد 36، العدد 5، 2014، 445-458.
- 8- LAHLABAT, L. O. *Rainfall-Runoff Analysis of Wadis Contributing to the Dead Sea: Wadi Og as a Case Study*. An-Najah National University, Nablus, Palestine 2013, 208.
- 9- SHHADI ABDELKAREEM, S. *GIS-Based Hydrological Modeling of Semiarid Catchments (The Case of Faria Catchment)*. An-Najah National University, Nablus, Palestine 2005, 201.
- 10- عبد الله بالخير، خالد سعيد. *نمذجة تدفق المياه السطحية للتنبؤ بحدوث سيول مدمرة وتصميم نظام إنذار مبكرة لإدارة الطوارئ*. قسم علوم وإدارة موارد المياه، كلية الأرصاد والبيئة، جامعة الملك عبد العزيز. العدد 15، 2008، 60-67.
- 11- النفيعي، هيفاء محمد. *تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية*. رسالة ماجستير، المملكة العربية السعودية 2010، 195.
- 12- السليم، رشا محمد سامي. *تقدير حجم الجريان السطحي والترسبات لجابيه شمال العراق لأغراض حصاد المياه باستخدام نظام المعلومات الجغرافية*. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، سورية. المجلد 28، العدد 1، 2012، 25-37.
- 13- أحمد، عصام محمد عبد الماجد؛ ابراهيم، عباس عبدالله. *الهيدرولوجيا*. دار جامعة السودان للنشر والطباعة والتوزيع، السودان 2002، 178.
- 14- CHOWDHURY, A; AHMMED, S; CHOWDHURY, M. *Trends of Climatic Variables (Rainfall and Temperature) at Sylhet, Bangladesh*. SUST Journal of Science and Technology, VOL.19. NO.5, 2012, 87-93.
- 15- TIBEBE, M. et al. *Rainfall-runoff relation and runoff estimation for Holetta River, Awash sub basin, Ethiopia using SWAT model*. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, VOL.9, 2017, 102-112.
- 16- MACKELLAR, N. et al. *Observed and modelled trends in rainfall and temperature for South Africa: 1960–2010*. South African Journal of Science, VOL.110. NO.7/8, 2014, 51-63.

- 17- LODOUN, T. et al. *Changes in seasonal descriptors of precipitation in Burkina Faso associated with late 20th century drought and recovery in West Africa*. Environmental Development, VOL.5, 2013, 96-108.
- 18- YASUFUMI, F. et al. *Assessing the impact of climate change on the water resources of the Seyhan river basin, Turkey*. Journal of Hydrology, VOL.353, 2008, 33-48.
- 19- ARNELL, N. W. *Relative effects of multi-decadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future stream flows in Britain*. Journal of Hydrology, VOL.270, 2003, 195-213.
- 20- هيفاء، مجد. وضع خارطة رقمية لعامل الجريان في حوض (الجيلاني - الحواز). رسالة ماجستير، سورية 2009، 150.
- 21- عيسى، شادي؛ حايك، شريف بدر. العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض نهر مرقية باستخدام برنامج Minitab. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، سورية. المجلد 37، العدد 6، 2015، 301-320.
- 22- علي، ربا؛ الأسعد، علي محمد. العلاقة بين الهطل المطري والجريان النهري في حوض السفريقية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، سورية. المجلد 40، العدد 3، 2018.
- 23- الأسعد، علي محمد؛ عمّار، غطفان عبد الكريم. الهيدرولوجيا. جامعة تشرين، 2013، 400.
- 24- RITTER, A.; CARPENA, R. M. *Performance evaluation of hydrological models: Statistical significance for reducing subjectivity in goodness-of-fit assessments*. Journal of Hydrology, 480, 2013, 33-45.