

## Rainfall – Runoff Relationship in TAL-HOUSH Dam Basin

Dr. Ali ALASAAD\*  
Boushra A. NASSIF\*\*

(Received 2 / 8 / 2021. Accepted 18 / 1 / 2022)

### □ ABSTRACT □

Prediction of rainfall and runoff is one of the essential issues in water resources management. forecasting process is crucial for optimal use of water resources especially in countries where economy is dependent on agriculture. The relationship between rainfall and runoff is of great significance in the Tal-Housh basin in order to improve the utilization of the dam's water, which provides irrigation water and the water of the various needs for the residents of the area. The dam is located near the village of Tal-Housh, 55 km west of the city of Homs, and its lake capacity is 52 MCM. The dam is situated within the basin of Alkabeer Aljanouby river. The research aims to find a relationship between rainfall and runoff in Tal-Housh dam watershed. Rainfall and runoff data were statistically analyzed. The study showed that the average annual precipitation in the Tal-Housh dam station has an increased general tendency of rainfall in winter months, except for the month of March. The analysis and discussion of the results proved that the inferred mathematical equation, which describes the rainfall-runoff relationship in the Tal-Housh basin, is robust and reliable for estimating the quantities of surface runoff based on measured or expected rainfall values.

**Keywords:** rainfall-runoff relationship; Tal-Housh dam watershed.

---

\*

Professor, Department of Water Engineering and irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. alialasaad@gmail.com.

\*\*Postgraduate Student (Master), Department of Water Engineering and irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, Boushranassif94@gmail.com

## العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض سد تل حوش

د. علي الأسعد\*

بشرى أسعد ناصيف\*\*

(تاريخ الإيداع 2 / 8 / 2021. قُبِلَ للنشر في 18 / 1 / 2022)

### □ ملخص □

التنبؤ بالهطل المطري والجريان واحدة من القضايا الرئيسية في إدارة الموارد المائية. وعملية التنبؤ مهمة جداً من أجل الاستخدام الأمثل للموارد المائية، خاصة في البلدان التي يعتمد اقتصادها على الزراعة. وتتصف العلاقة بين الهطل المطري والجريان بأهمية كبيرة في الحوض الساكب لسد تل حوش؛ لأنها تسمح بتحسين الاستفادة من مياه السد لتأمين المياه للري والاحتياجات المختلفة لسكان المنطقة، ويقع السد قرب قرية تل حوش على بعد 55 km غرب مدينة حمص، ويبلغ تخزين بحيرته 52MCM. ويقع السد على أحد روافد نهر الكبير الجنوبي. يهدف البحث إلى إيجاد علاقة تربط بين قيم الهطل المطري والجريان ضمن حوض سد تل حوش. واعتمد البحث على التحليل الإحصائي لبيانات الهطل والجريان، وبيّنت الدراسة أن قيم الهطل المطري السنوي في محطة سد تل حوش ذات نزعة متزايدة خلال أشهر الشتاء، باستثناء شهر آذار. وأثبت تحليل النتائج ومناقشتها أن المعادلة الرياضية المستنتجة، التي تصف علاقة الهطل- الجريان في منطقة الدراسة هي علاقة جيدة جداً، وموثوقة لتقدير كميات الجريان السطحي اعتماداً على قيم الهطل المقیسة أو المتوقعة.

**الكلمات المفتاحية:** الهطل المطري- الجريان السطحي، حوض سد تل حوش.

\* أستاذ- قسم الهندسة المائية والري- كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. alialasaad@gmail.com

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

Boushranassif94@gmail.com

**مقدمة:**

تتعرض المياه في وقتنا الحاضر لعدد من الأخطار كالتلوث والاستنزاف والتملح. وبما أن الحاجة إليها تزداد بمقدار تطور المجتمعات البشرية، فإن هذا يحتم علينا ضرورة الاهتمام بها وترشيد استهلاكها، والعمل على تنميتها والحفاظ على مصادرها ومواردها ووضع قواعد لاستثمارها وإدارتها بشكل رشيد [1]، كما وتقع الموارد المائية في سورية تحت ضغوط كبيرة ومتزايدة، وسوف تؤدي أي زيادة في درجات الحرارة أو نقصان الهطل المطري نتيجة التغيرات المناخية، إلى تفاقم كبير في الصعوبات المرتبطة بتأمين المياه [2]، فالماء هو الحياة باعتباره الركن الأساسي لمعظم الفعاليات الاجتماعية والاقتصادية [3].

ويعدّ تغير المناخ القضية الحاسمة في عصرنا، ويشمل التغير في معدل درجات الحرارة والهطل المطري الذي بدوره سيؤثر في الجريان السطحي، الذي بدوره يتأثر بعوامل متعددة، منها: الهطل المطري ومحتوى التربة من الماء [4]؛ وعمق مستوى المياه الجوفية [5]، وهناك علاقة ذات دالة إحصائية بين متوسط الجريان السنوي وارتفاع محطة الهطل المطري [6]، والتأثير المشترك لتغير المناخ والأنشطة البشرية على الغطاء النباتي [7]، وتجمد الأراضي خلال مواسم ذوبان الثلوج [8]، فالآثار العالمية لتغير المناخ واسعة النطاق، فقد تتغير أنماط الطقس التي تهدد الإنتاج الزراعي، وارتفاع منسوب مياه البحار، وزيادة خطر الفيضانات الكارثية. لذلك فإن التكيف مع هذه التأثيرات سيكون أكثر صعوبة ومكلفاً جداً إذا لم تُتخذ إجراءات هندسية مناسبة.

إنّ دراسة العوامل الطبيعية والمناخية من المتطلبات الأساسية المهمة في إدارة موارد المياه؛ لأنها تؤثر في شكل الهطل وكميته وتوزعه المكاني والزمني، ودورها في تحديد غزارة الجريان السطحي وغيرها من المتغيرات الهيدرولوجية المهمة في أثناء إجراء الدراسات الهيدرولوجية اللازمة لأي مشروع [9]، كما إنّ قياس تدفقات الأنهار أو استنتاجها هو الهدف الرئيسي للعديد من التطبيقات الحسابية في الهيدرولوجيا الهندسية لتصميم المنشآت الهندسية المتنوعة، كما يعدّ الجريان السطحي من أهمّ البارامترات التي تدخل في جميع الدراسات المتعلقة بإدارة الأحواض الساكبة والخزانات السطحية و نمذجتها، إضافةً إلى أهميته في دعم عملية صنع القرار [10] ويعدّ الهطل المطري من أكثر العمليات تعقيداً في الغلاف الجوي، بسبب الخصائص العشوائية للعمليات الجوية التي تولد الأمطار، إضافة إلى مجموعة كبيرة من الاختلافات على نطاق واسع سواء في المكان والزمان [11]، والتنبؤ بالهطل المطري كان ولا يزال يشكل تحدياً كبيراً للمختصين بالأرصاد الجوية وغيرهم من العاملين في علم الغلاف الجوي [12]، وتعد زيادة الطلب على المياه أهم التحديات المعاصرة التي يواجهها العالم اليوم، مما يجعل دراسة الموارد المائية وتخطيط استثمارها وإدارتها ضرورة ملحةً للتكيف مع هذه التغيرات والتخفيف من آثارها [13].

**أهمية البحث وأهدافه:**

إنّ التغير المناخي عموماً، خاصّةً تغير كميات الهطل المطري، يسبب تغير الجريان السطحي في حوض سد تل حوش، وتغير معدلات امتلاء بحيرة السد، فإذا تناقص الجريان سيؤدي إلى عجز في تلبية احتياجات المياه للأغراض الزراعية وغيرها، أما الزيادات الكبيرة في الهطل والجريان قد تزيد على التدفقات التصميمية فستسبب فيضانات خطيرة. ولم تتناول الدراسات السابقة العلاقة بين الهطل المطري والجريان في حوض سد تل حوش، لتحديد أبعاد المخاطر المحتملة، وانطلاقاً من الأهمية الكبيرة لسد تل حوش في تأمين مياه الري لمساحات واسعة (6820 ha) من الأراضي

الزراعية التي يعمل فيها عدد كبير من المزارعين، وتؤمن جزءاً من الاحتياجات الغذائية للسوق المحلية. ومن أجل تحسين الاستفادة من مياه السد وتطوير إدارتها لآبد من تحديد علاقة الهطل-الجريان في حوضه الساكب. ويهدف البحث إلى استنتاج علاقة رياضية تربط بين الهطل المطري والجريان السطحي في حوض سد تل حوش.

### طرائق البحث ومواده:

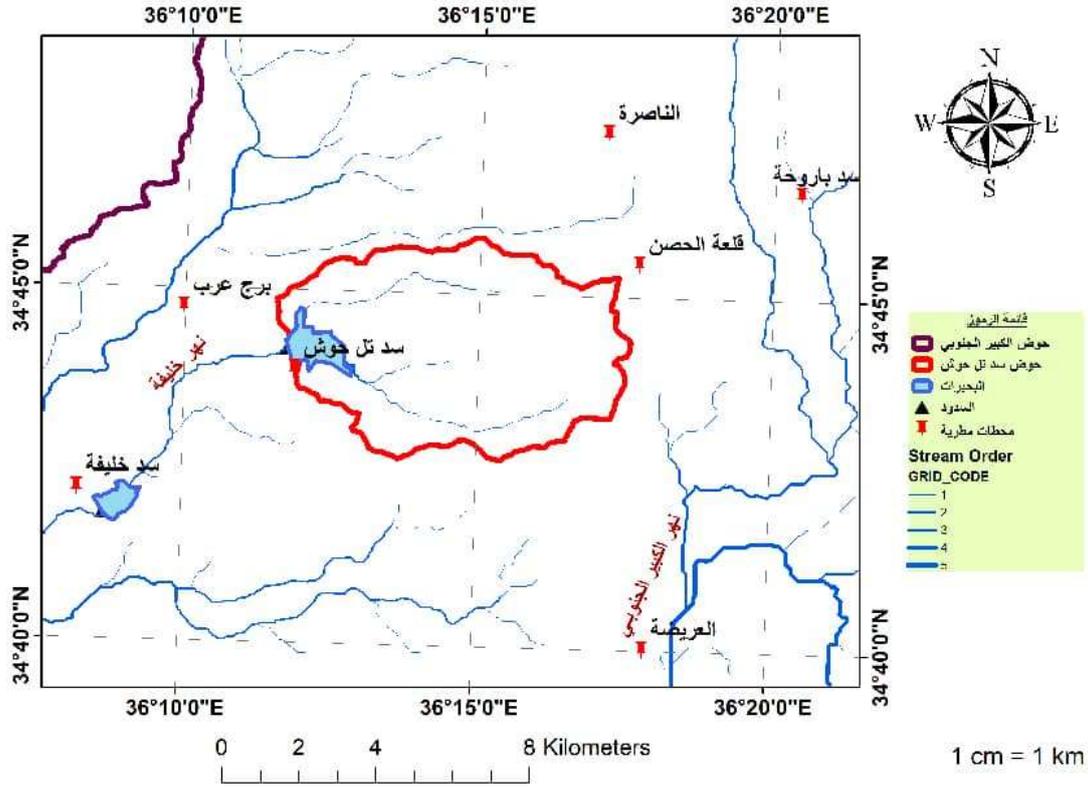
يقع سد تل حوش قرب قرية تل حوش إلى الشمال الغربي من منطقة تكلخ - ريف حمص الغربي، ويبعد 55 كيلومتر عن مدينة حمص و45 كيلومتر عن مدينة طرطوس. وهو سد ركامي مع نواة غضارية كتيمة، يقع في منطقة جبلية عند السفوح الغربية لوادي النصارى، وتبلغ أعلى نقطة في الحوض 702m، وشيّد السد على نهر خليفة لتأمين المياه لاحتياجات الزراعة في سهل عكار. الجدول (1) [14].

الجدول (1): البيانات الرئيسية لسد تل حوش

ركامي	نوع السد
1999 m	تاريخ الإنجاز
52.08 MCM	حجم التخزين
50 MCM	الحجم المفيد
47.5 m	ارتفاع السد
844 m	طول السد عند القمة
164.75 m	عرض قاعدة السد
8 m	عرض قمة السد
209.1 m	المنسوب الأعظمي للتخزين
2.167 MCM	حجم الردميات الإجمالي
300 ha	مساحة سطح البحيرة
2.9 km	طول البحيرة
38.7 km <sup>2</sup>	مساحة الحوض الساكب
6820 ha	المساحة التي تُروى من السد

نهر خليفة هو الرافد الرئيسي لنهر العروس، وهو الوحيد الموجود داخل سهل عكار، ويبلغ طوله 183km، و80% منه موجود في المناطق الجبلية، وينبع النهر من المنحدرات الغربية لجبل النصارى على ارتفاع 702m. حوض نهر خليفة عريض أيضاً في قسمه العلوي ويتجه النهر نحو الجنوب الغربي، يجري قسمه الأكبر في أرض سهلية، ويلتقي نهر خليفة من الجهة اليسرى مع وادي أبو الورد، ثم يصب في نهر العروس بعد مسافة قصيرة عند قرية الحسنة. نهر خليفة هو نهر جبلي من منبعه حتى قرية تل حوش، ومياهه تمر عبر المرتفعات المأهولة بالسكان، وتلتقي المجاري المائية قرب قرية تل حوش حيث موقع السد. الحوض الساكب لنهر خليفة له شكل مستطيل، طوله ضعف عرضه الشكل (1).

توجد ينابيع كارستية في الحوز الأدنى للسد على بعد 150m منه، وعلى الجهة اليمنى توجد تجمعات مائية صغيرة حيث جرى تنفيذ محطة ضخ للاستفادة من هذه الكميات وتوظيفها لاحتياجات الإمداد بالمياه. تنتشر غابات الصنوبر وأشجار حراجية ونباتات برية متنوعة على المنحدرات الشديدة والمرتفعات، وتستثمر السفوح والمدرجات والأودية لزراعة التفاح واللوزيات والخضراوات وأشجار الزيتون [14, 15].



الشكل (1): الحوض الساكب لسد تل حوش

تعتمد هذه الدراسة على البيانات الأولية للهطل المطري من محطتين مناخيتين (قلعة الحصن، وتل حوش) تغطيان مساحة الحوض الساكب لسد تل حوش، تتوافر فيهما بيانات الهطل المطري دون انقطاع خلال فترة مناسبة للتحليل الإحصائي (1960-2011) الجدول (2)، وأخذت البيانات المستخدمة في البحث من مديرية الموارد المائية فرع حمص. وأجري تحليل مكاني لقيم الهطل المطري باستخدام GIS في محطتين مناخيتين (قلعة الحصن، تل حوش)، ورسمت مضلعات تيسن وذلك من أجل معرفة مساحة تأثير كل من المحطتين المؤثرتين على منطقة الحوض (الشكل 2)، وتبين أن باقي المحطات ليس لها تأثير في الحوض، كما أن سلوكها مشابه لسلوك المحطتين المدروستين، وحُسبت القيمة الوسطية للهطل الشهري فوق الحوض كله بطريقة مضلعات تيسن وفق العلاقة (1):

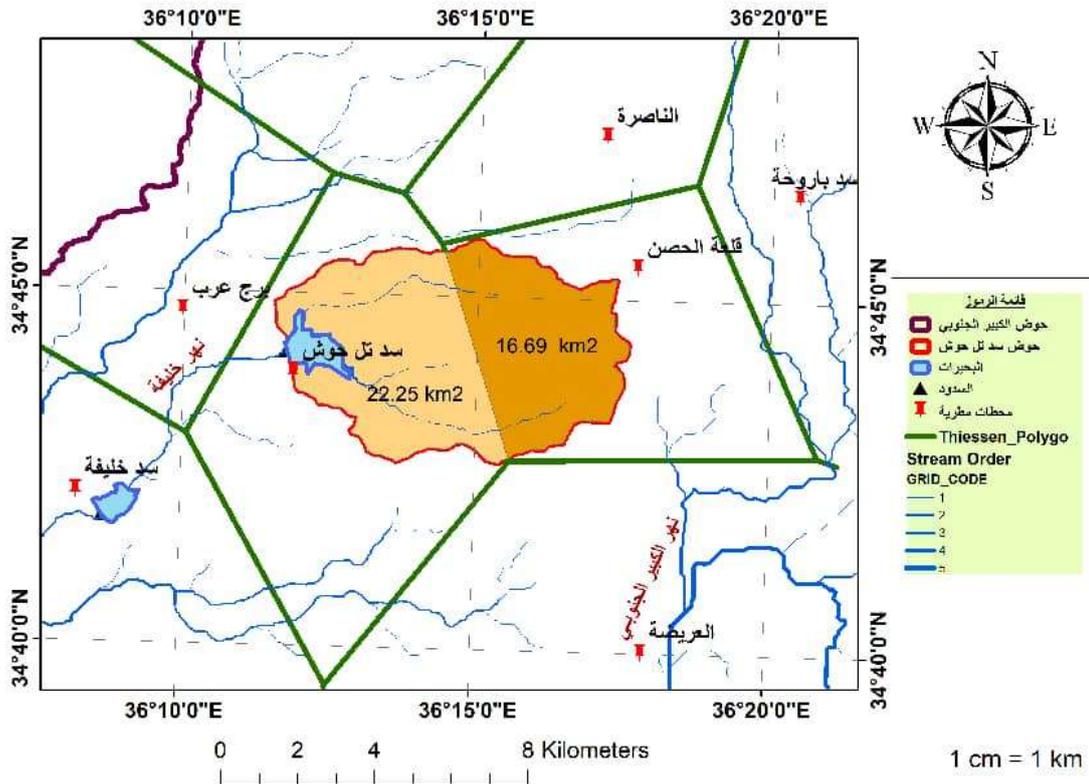
الجدول (2): المحطات المطرية المدروسة وبياناتها

اسم المحطة	فترة الرصد	ارتفاع المحطة (m)	الهطل السنوي (mm)	المساحة حسب تيسن (km <sup>2</sup> )
قلعة الحصن	1960-2011	663	873.9	16.69
تل حوش	1960-2011	256	701.7	22.25

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (1)$$

حيث:

- $\bar{P}$ : متوسط الهطل المطري الشهري فوق الحوض.
- $P_i$ : الهطل المطري الشهري في كل محطة.
- $A_i$ : المساحة الجزئية لكل محطة.



الشكل (2): تطبيق طريقة مضلعات تيسين فوق حوض سد تل حوش

وبعدها حُسبت حجوم المياه الواردة إلى البحيرة من بيانات حجوم التخزين في بحيرة السد، مع الأخذ بالحسبان الجريانات الخارجة من البحيرة والداخلية إليها، والعوامل المؤثرة في علاقة الهطل المطري-الجريان، لذلك أُجريت حسابات الموازنة المائية للبحيرة بالعلاقة (2) [16]:

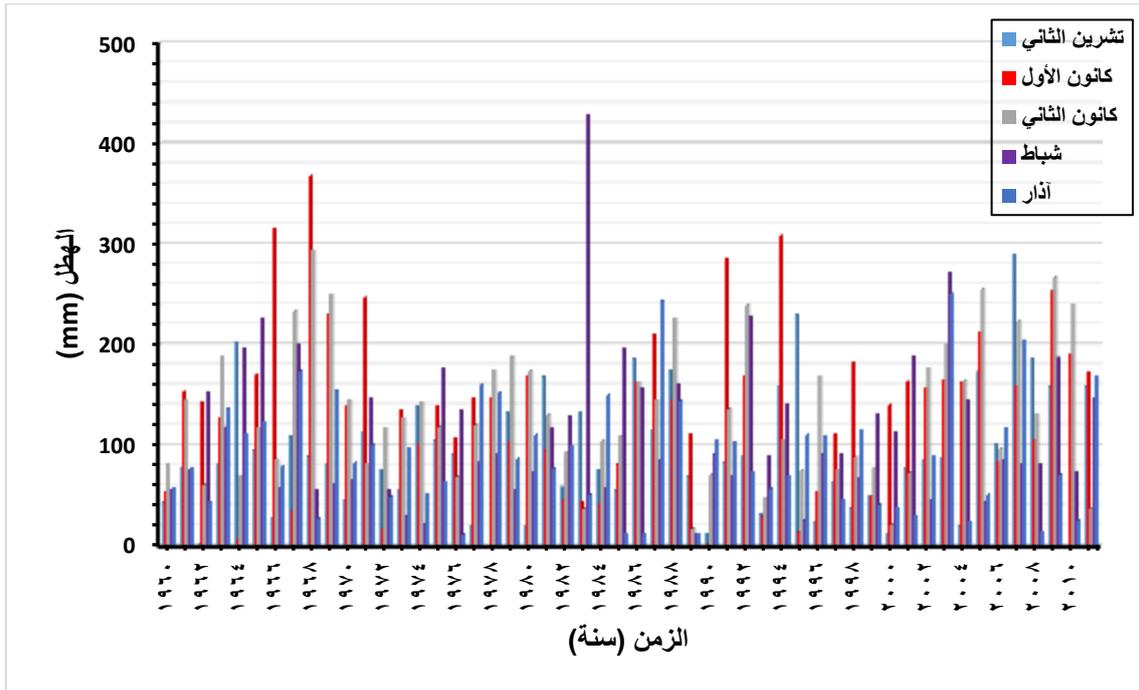
$$\Delta S = (I - O) * \Delta t \dots \dots \dots (2)$$

حيث:

- $\Delta S$ : تغير حجم التخزين مقدراً بـ MCM خلال الزمن  $\Delta t$ .
- $I$ : الجريان الوارد MCM الذي يمثل الجريان الناتج من الهطل المطري.
- $O$ : الجريان الخارج MCM الذي يمثل الفوائد الكلية اليومية من البحيرة التي تتضمن فواقد التبخر، وكميات المياه المسحوبة من مأخذ الري.

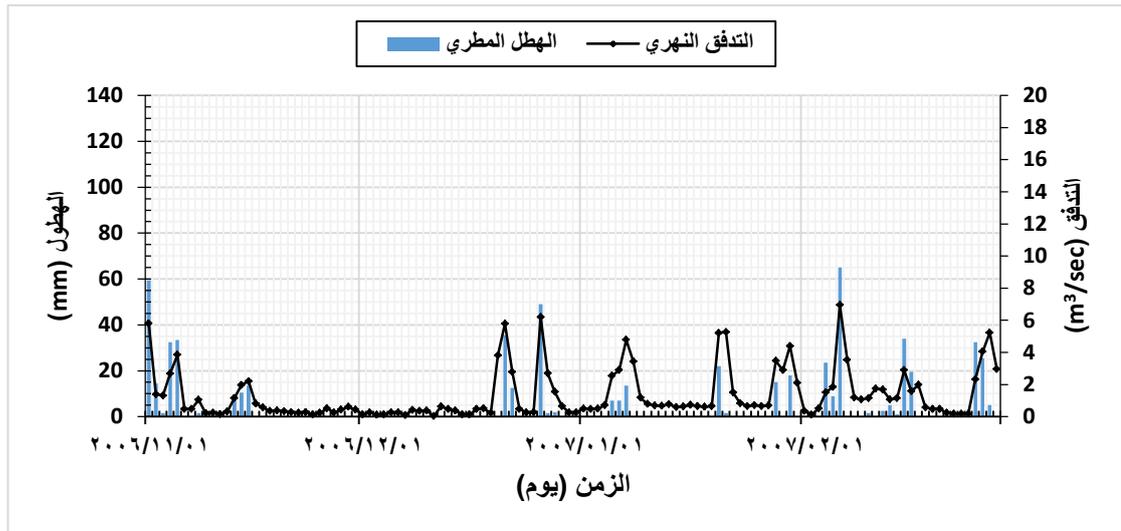
### النتائج والمناقشة:

برهن التحليل الإحصائي باستخدام برنامج EXCEL لبيانات الهطل المطري في محطة تل حوش أن كميات الهطل المطري تنزع إلى التزايد في تشرين الثاني وكانون الأول والثاني وشباط، وتنزع إلى التناقص في آذار خلال فترة القياسات، ويحصل الهطل المطري الغزير في كانون الأول وكانون الثاني ويشكل حوالي 40-45% من الهطل المطري السنوي الشكل (3)؛ ومن ثم تزداد رطوبة التربة، ويقل التبخر بسبب انخفاض درجة الحرارة، ويتحول معظم الهطل إلى جريان سطحي [14].



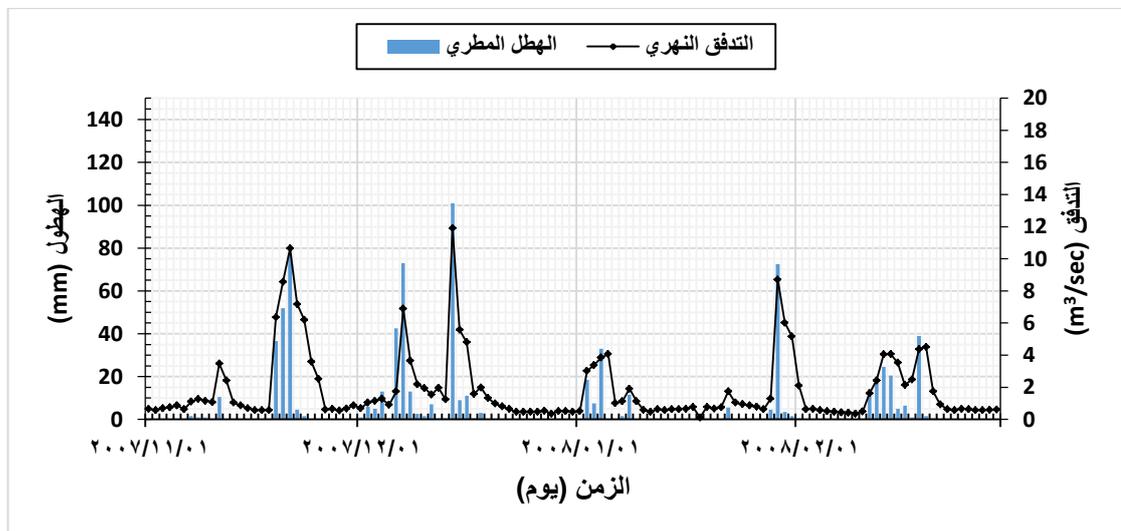
الشكل (3): توزيع الهطولات الشهرية (ت2، ك1، ك2، شباط، آذار) في محطة تل حوش

ورُسمت مخططات التدفق Hydrographs لحوض سد تل حوش في شتاء السنوات (2007 حتى 2012) مع الهطل المطري اليومي المقابل لها، حيث جرى تحديد حجم الواردات المائية من خلال معادلة الموازنة المائية بالاعتماد على قياسات المنسوب باستخدام الميرا التقليدية ضمن البحيرة خلال اليوم الواحد، ظهرت قمم متكررة ومتقاربة بالقيمة على المخطط المائي لشتاء سنة 2007، أكثرها خلال كانون الثاني وشباط، قمم واضحة بقيمة  $(4,78\text{m}^3/\text{s})$  و  $(5,21\text{m}^3/\text{s})$  و  $(6,94\text{m}^3/\text{s})$  و  $(5,23\text{m}^3/\text{s})$ ، إذاً نلاحظ أنّ استجابة الجريان واضحة للهطل المطري الحاصل في هذا العام، الشكل (4).



الشكل (4): الهطل المطري والتدفقات اليومية الموافقة له خلال الفترة (تشرين الثاني 2006 حتى نهاية شباط 2007)

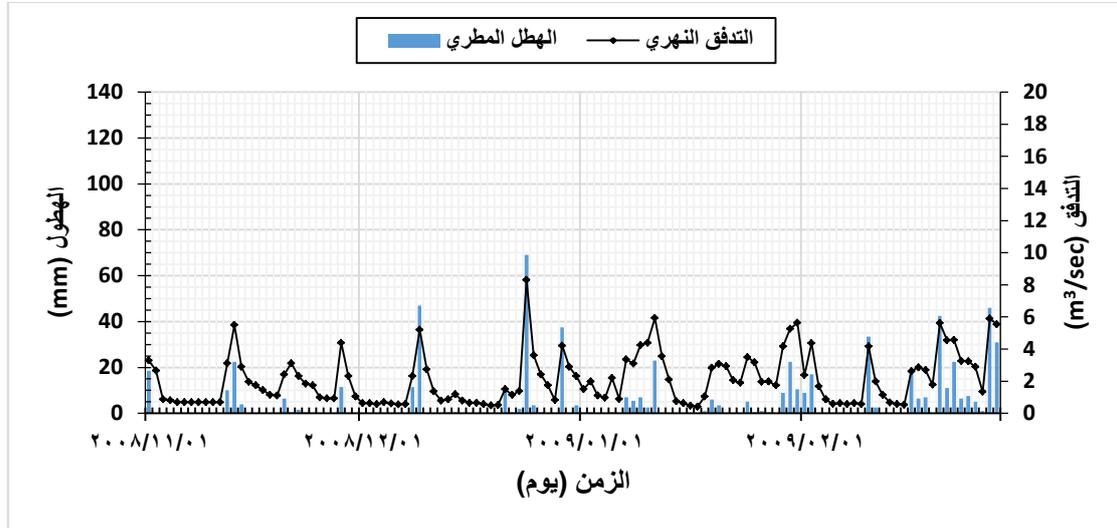
نلاحظ كثرة العواصف المطرية التي تستمر أياماً عدة، وأيضاً استجابة الجريان الواضحة للهطل المطري خلال الفترة المدروسة الممتدة من 1/11/2007 حتى 1/2/2008، ويمكن تفسير هذا باستجابة الجريان في الحوض للعواصف المطرية الغزيرة المتتالية التي حصلت في الشتاء وبداية الربيع، فازدادت قيمة عامل الجريان السطحي؛ لأنّ رطوبة التربة عالية والفواقد المائية بالتبخّر وتخزين المنخفضات والتسرب تكون في حدودها الدنيا، فتزداد قيمة الهطل الفعال، كما يتلقى المجرى تغذية من المياه الجوفية في مثل هذه الظروف الشكل (5).



الشكل (5): الهطل المطري والتدفقات الموافقة له خلال الفترة (تشرين الثاني 2007 حتى نهاية شباط 2008)

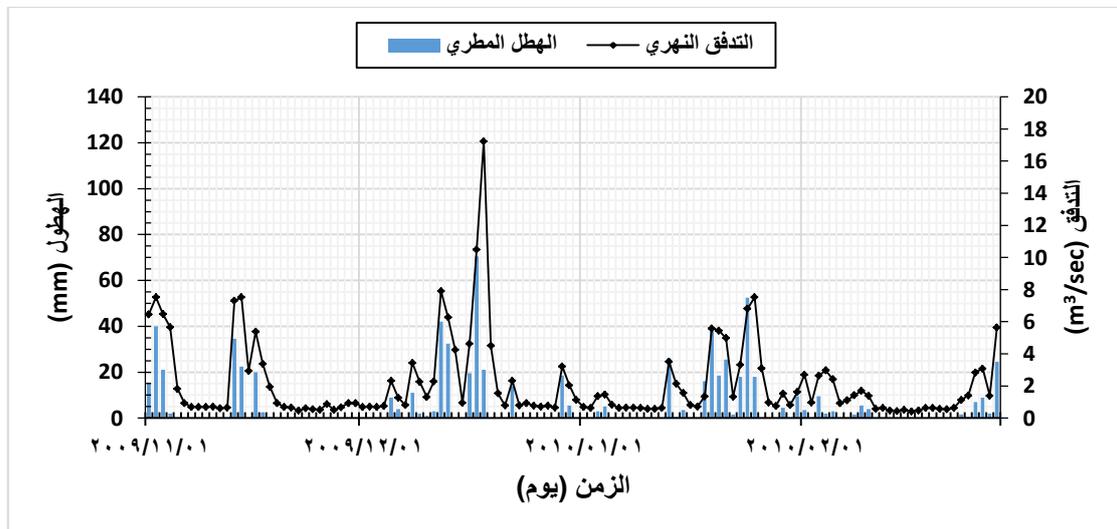
تكررت القمم على المخطط المائي للفترة الممتدة من تشرين الثاني 2008 حتى شباط 2009، أكبرها ( $8,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) بتاريخ 24/12/2008 ناتجة عن عاصفة مطرية استمرت أياماً عدة، أغزرها 69mm؛ وهناك استجابة واضحة للهطولات، تُعزى هذه الاستجابة للهطولات المطرية المتتالية بسبب زيادة إشباع التربة بالمياه، وتناقص التبخّر بسبب

انخفاض درجة الحرارة، فتتقص الفواقد المائية ويزداد الجريان السطحي، إلى جانب ارتفاع مناسيب المياه الحرة، فتبدأ التغذية الجوفية التي تزيد معدلات الجريان السطحي، الشكل (6).



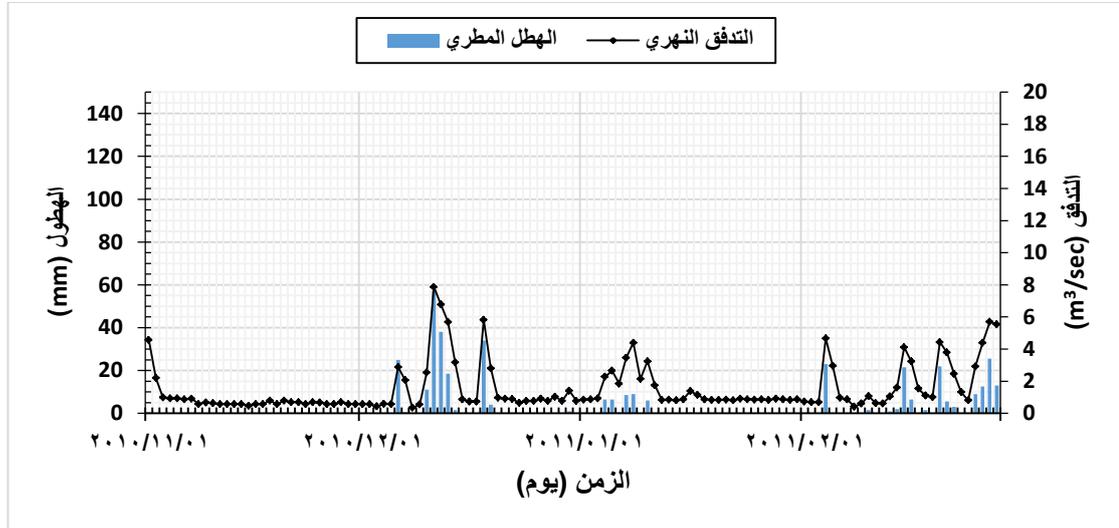
الشكل (6): الهطل المطري والتدفقات الموافقة له خلال الفترة (تشرين الثاني 2008 حتى نهاية شباط 2009)

وتناقصت قمم التدفقات خلال الفترة المدروسة الممتدة من تشرين الثاني لعام 2009 حتى نهاية شباط 2010 مقارنةً بالسنة السابقة، (الشكل 7)، ونتجت أكبر قمة في 18 كانون الأول بسبب ثلاث عواصف مطرية متتابعة (19,5-70,5-21mm). وتبدو الاستجابة الواضحة للهطل المطري خلال هذه الفترة.



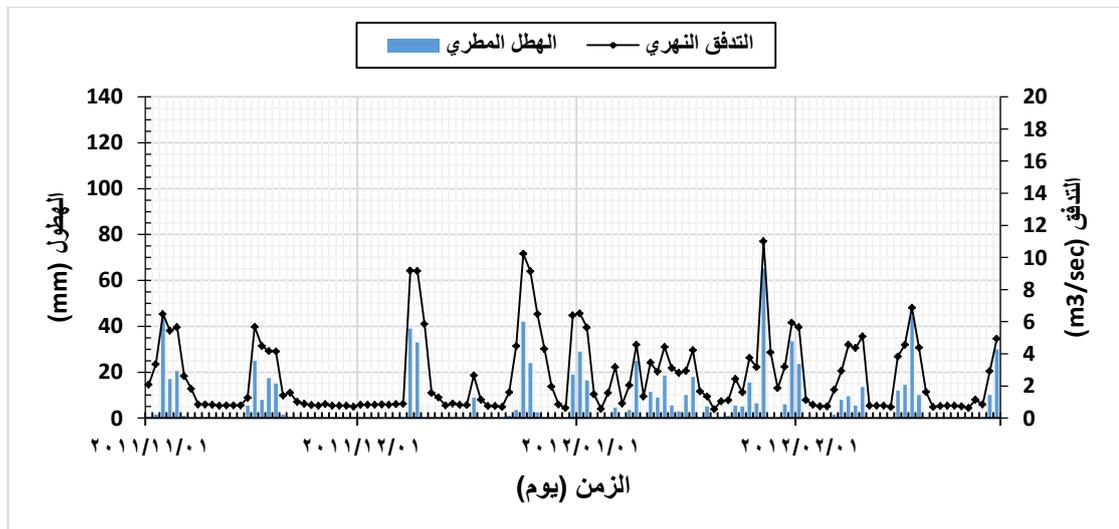
الشكل (7): الهطل المطري والتدفقات الموافقة له خلال الفترة (تشرين الثاني 2009 حتى نهاية شباط 2010)

وتوقف الهطل المطري خلال تشرين الثاني وكانون الأول، والجريان ناتج عن التغذية الجوفية، ليعود الهطل المطري 25mm بتاريخ 6/12/2010 وينتج عنه تدفق ( $2,88\text{m}^3/\text{s}$ )، وتتاقص الهطل المطري مقارنةً بالسنوات السابقة (الشكل 8)، وتبدو قمة واضحة للتدفق ( $7,87\text{ m}^3/\text{s}$ ) بتاريخ 11/12/2010 ناتجة عن عاصفة مطرية 57mm.



الشكل (8): الهطل المطري والتدفقات الموافقة له خلال الفترة (تشرين الثاني 2010 حتى نهاية شباط 2011)

ويزداد التدفق الناتج من الهطل في شتاء عام 2012 مقارنةً بالعام السابق. وتُلاحظ قمم كبيرة متعدّدة، ثلاث قمم واضحة خلال كانون الأول والثاني ( $9,19-10,23-11,01\text{m}^3/\text{s}$ )، ويمكن تفسير هذا باستجابة الجريان للعواصف المطرية المتتالية وزيادة قيمة عامل الجريان بسبب شدة الهطل الكبيرة وعدم انقطاع الهطل لمدد كبيرة، الشكل (9).



الشكل (9): استجابة الجريان للهطل المطري خلال الفترة (تشرين الثاني 2011 حتى نهاية شباط 2012)

وتظهر على المخططات عموماً (الأشكال 4-5-6-7-8-9) الاستجابة الجيدة للجريان السطحي من الحوض لكميات الهطل فوقه، بسبب الميول الكبيرة لسطح الأرض ووجود شبكة نهريّة متطورة وانتشار ترب متوسطة النفوذية.

اعتماداً على برمجة التعبير الجيني (Gene Expression Programming) جرى تحديد العلاقة المناسبة التي تربط التدفق بالهطولات المطرية، وذلك وفق المعادلة (3):

$$R_T = 1.761 + \frac{12.074}{9.688 + 0.3551 * P_{T-1}} + 4.5405 * 10^{-6} * (P_{T-1} + P_T)^2 + \varepsilon_t \dots \dots (3)$$

حيث:

- $R_T$ : قيمة التدفق الشهري ( $m^3/sec$ ).
- $P_T$ : قيمة الهطل المطري في الشهر ( $T$ ) مقدراً بـ (mm).
- $P_{T-1}$ : قيمة الهطل المطري في الشهر ( $T - 1$ ) مقدراً بـ (mm).
- $\varepsilon_t$ : الخطأ العشوائي.

### 1. تقييم أداء علاقة الهطل-جريان في حوض سد تل حوش

يتضمن الجدول (3) نتائج المقارنة بين القيم المقيسة للجريان وقيمه المحسوبة من النموذج، فتبين أن القيم متقاربة والأخطاء صغيرة.

الجدول (3) المقارنة بين قيم التدفق المقيسة والمحسوبة

التدفق المقيس O ( $m^3/sec$ )	التدفق المحسوب C ( $m^3/s$ )	(O - C) ( $m^3/s$ )	(O - C) <sup>2</sup> ( $m^3/s$ )
1.74	1.88	-0.13	0.01759
1.68	1.78	-0.10	0.00976
1.58	1.75	-0.17	0.02783
1.26	1.36	-0.10	0.00986
1.01	0.93	0.07	0.00558
0.50	0.52	-0.02	0.00025
0.50	0.52	-0.02	0.00025
0.60	0.58	0.02	0.00057
1.10	1.00	0.10	0.01089
1.96	2.00	-0.04	0.00182
2.25	2.29	-0.04	0.00162
1.94	2.03	-0.09	0.00829
1.76	1.89	-0.12	0.01501
1.50	1.66	-0.16	0.02580
1.28	1.39	-0.11	0.01125
1.14	1.15	0.00	0.00001
1.05	0.99	0.06	0.00317
0.50	0.52	-0.02	0.00025
0.51	0.52	-0.01	0.00010
1.33	1.38	-0.05	0.00252
1.48	1.62	-0.14	0.01959
1.78	1.92	-0.14	0.01932
1.70	1.76	-0.06	0.00379
2.54	2.50	0.04	0.00190

التدفق المقيس O (m <sup>3</sup> /sec)	التدفق المحسوب (m <sup>3</sup> /s) C	(O - C) ( m <sup>3</sup> /s)	(O - C) <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /s)
2.44	2.45	-0.01	0.00004
1.58	1.75	-0.17	0.03039
1.19	1.25	-0.06	0.00329
0.50	0.52	-0.02	0.00025
0.51	0.52	-0.01	0.00011
1.22	1.29	-0.07	0.00506
1.04	0.95	0.09	0.00800
1.33	1.25	0.07	0.00507
2.36	2.35	0.01	0.00007
2.85	2.76	0.09	0.00888
2.06	2.16	-0.09	0.00884
1.38	1.53	-0.15	0.02219
1.21	1.26	-0.05	0.00221
1.17	1.20	-0.03	0.00090
0.74	0.66	0.08	0.00621
0.61	0.58	0.03	0.00070
0.50	0.52	-0.02	0.00025
0.50	0.52	-0.02	0.00025
0.54	0.55	-0.01	0.00005
1.28	1.42	-0.13	0.01748
0.87	0.79	0.08	0.00672
1.82	1.97	-0.15	0.02302
1.37	1.28	0.09	0.00800
2.15	2.20	-0.05	0.00252
1.65	1.82	-0.17	0.02772
1.28	1.34	-0.06	0.00402
1.29	1.41	-0.11	0.01320
1.11	1.10	0.01	0.00018
0.50	0.52	-0.02	0.00039
0.56	0.55	0.00	0.00000
1.26	1.32	-0.06	0.00326
1.50	1.55	-0.04	0.00186
2.13	2.17	-0.04	0.00148
2.96	2.83	0.13	0.01710
3.06	2.93	0.13	0.01710
2.39	2.39	-0.01	0.00007
1.63	1.81	-0.18	0.03239
1.11	1.08	0.02	0.00061
1.04	0.98	0.06	0.00333
0.50	0.52	-0.02	0.00025
1.25	1.29	-0.04	0.00146
1.51	1.59	-0.08	0.00618

التدفق المقيس O (m <sup>3</sup> /sec)	التدفق المحسوب (m <sup>3</sup> /s) C	(O - C) ( m <sup>3</sup> /s)	(O - C) <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /s)
2.21	2.22	-0.01	0.00004
2.94	2.83	0.11	0.01303
2.33	2.36	-0.03	0.00109
1.86	1.95	-0.09	0.00773
$\sum_{i=1}^N (O_i - C_i)^2 = 0,532 \text{ m}^3/\text{s}$			<b>N=74</b>

الجدول (4): الثوابت الإحصائية لقيم النموذج والقيم المقيسة للجريان والهطل المطري

Model 919	القيم المقيسة	الهطل المطري	
0.51	0.50	<b>0.000</b>	Minimum
2.93	3.06	309.0	Maximum
1.44	1.41	<b>86.5</b>	Average
1.38	1.30	53.6	Median
0.68	0.67	87.1	Standard Deviation

وأثبتت حساب الثوابت الإحصائية لسلسلة قيم التدفق المقيسة وسلسلة قيم التدفق المحسوبة من النموذج (919) أثبتت أن الفروق بين قيم الثوابت صغيرة جداً (الجدول 4)، وأن جذر متوسط مربعات الأخطاء (RMSE=0.0848 m<sup>3</sup>/sec) ومعامل التحديد (98.63%) الجدول (5)، وتشير الثوابت الإحصائية إلى ارتباط ممتاز بين القيم المقيسة والقيم الناتجة من النموذج. مما يدل على صحة النموذج وكفاءته في التنبؤ، وهذه المعادلة مناسبة للتطبيق في منطقة حوض سد تل حوش، وحدود البارامترات الشهرية العظمى والصغرى المستخدمة في المعادلة مبينة في الجدول (4).

الجدول (5): الثوابت الإحصائية لقيم الجريان المقيسة والقيم المحسوبة من النموذج

Correlation Coefficient (CC)	0.9931
Mean Squared Error (MSE)	0.0072
Root Mean Squared Error (RMSE)	0.0848 m <sup>3</sup> /sec
Relative Absolute Error (RAE)	0.1274
Mean Absolute Error (MAE)	0.0683
Relative Squared Error (RSE)	0.0161
Root Relative Squared Error (RRSE)	0.1268
Up/Down Accuracy	98.63%

نعمتد المعايير في الجدول (6) [17] لتقويم أداء النموذج:

$$\text{RMSE} = 0.0848 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$3.2 \times 0.0848 = 0.27136$$

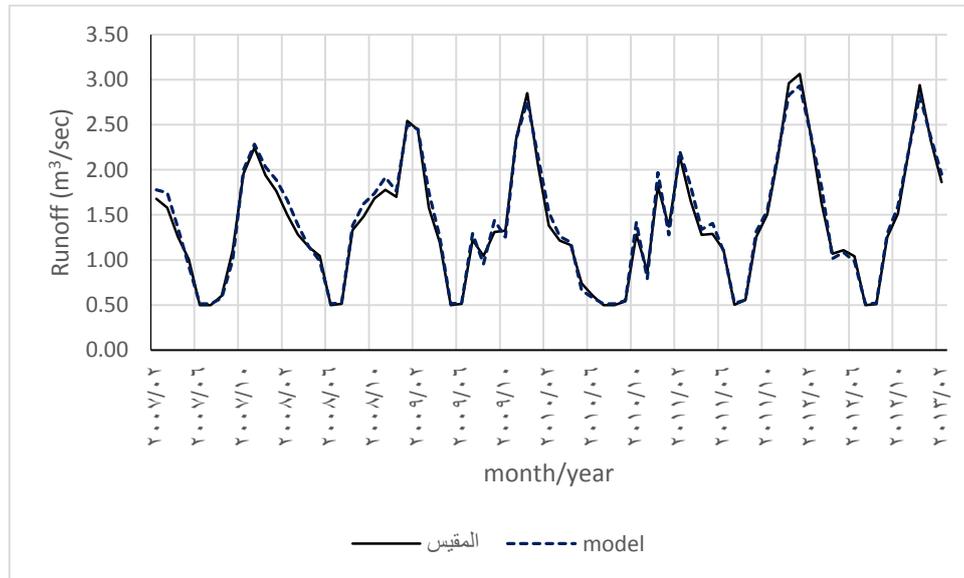
$$SD = 0.6737 > 0.27136$$

إذاً، النموذج جيد جداً، ويمكن الاعتماد عليه في التنبؤ بقيم الجريان التي يسببها هطل معلوم القيمة، أو التي يسببها هطل افتراضي يمكن أن يحصل في المستقبل.

الجدول (6): معايير التقييم [17]

$SD \geq 3.2 * RMSE$	جيد جداً
$SD = \{2.2 \sim 3.2\} * RMSE$	جيد
$SD = \{1.2 \sim 2.2\} * RMSE$	مقبول
$SD \leq 1.2 * RMSE$	ضعيف

يوضح الشكل (10) مخططاً بيانياً للقيم الناتجة من النموذج (919) والقيم المقاسة للجريانات الواردة إلى بحيرة سد تل حوش، ويبدو التوافق كبيراً بين القيم المقاسة والقيم الناتجة من النموذج، خاصةً في قدرة النموذج الرياضي على التنبؤ بالتدفقات العظمى.



الشكل (10): مقارنة بين قيم التدفق المقاسة والقيم المحسوبة من النموذج

لذلك فإن النموذج الرياضي جيد جداً، ويمكن استخدامه لتقدير الجريانات الشهرية الواردة إلى بحيرة سد تل حوش، بالاعتماد على قيم الهطل المطري ( $P_T$  &  $P_{T-1}$ ). كما إن المعادلة الرياضية المستنتجة، التي تصف علاقة الهطل-الجريان في حوض تل حوش هي موثوقة لتقدير كميات الجريان السطحي اعتماداً على قيم الهطل المقاسة أو المتوقعة، وهي صالحة لاستكمال بيانات الجريان المفقودة اعتماداً على بيانات الهطل المسجلة.

### الاستنتاجات والتوصيات:

1. إن العلاقة المستنتجة بين الهطل المطري والجريان ضمن حوض تل حوش جيدة جداً، وتسمح بوضع تنبؤات مستقبلية موثوقة لقيم التدفق تبعاً للهطولات المحتملة الحدوث في حوض سد تل حوش.
2. تنفيذ دراسة متكاملة للموارد المائية في المنطقة، وبناء نموذج رياضي لها، لتحسين إدارتها.

**References:**

- 1- ALASAAD, A.; AMMAR, G.; HASAN, N. *Contribution to Evaluate the Surface Runoff in Assin Basin I*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 32, No 4, 2010, 91-108.
- 2-ALASAAD, A.; ALI, R. *Rainfall – Runoff Relationship in Alsafarqieh Watershed*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 40, No 3, 2018, 39-54.
- 3- AMMAR, G. *Seasonal Rainfall Changes in Syria*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 29, No 1, 2007, 39-54.
- 4- TESAR, M.; SIR, M.; LICHNER, L. *Rainfall-runoff relationship in small mountainous catchments*. Research Gate, 2003, 1-14.
- 5- LA TORRE TORRES, I. B.; AMATYA, D. M.; SUN, G.; CALLAHAN, T. J. *Seasonal rainfall–runoff relationships in a lowland forested watershed in the southeastern USA*. HYDROLOGICAL PROCESSES, 2011, 1-15.
- 6- GARCIA-MARTINO, A. R.; WARNER, G. S.; SCATENA, F. N.; CIVCO, D. L. *Rainfall, Runoff and Elevation Relationships in the Luquillo Mountains of Puerto Rico*. Caribbean Journal of Science, Vol. 32, No. 4, 1996, 413-424.
- 7- MAHE, G.; PATUREL, J. 1896–2006 *Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers*. Surface geosciences (Hydrology–Hydrogeology), 2009, 538–546.
- 8- SHANLEY, J. B.; CHALMERS, A. *The effect of frozen soil on snowmelt runoff at Sleepers River*, Vermont. HYDROLOGICAL PROCESSES, Vol. 13, 1999, 1843-1857.
- 9- HOYJA, R. *Rainfall – Runoff Relationship in Snobar River*. Master's thesis in the department of water engineering and Irrigation. Tishreen University, Faculty of civil Engineering, 2015, 89.
- 10- ALASAAD, A.; HOYJA, R. *Rainfall – Runoff Relationship in TERJANO river basin*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, Vol 36, No 5, 2014, 445-458.
- 11- RAMANA, R. V., KRISHNA, B., KUMAR, S. R., PANDEY, N. G. *Monthly Rainfall Prediction Using Wavelet Neural Network Analysis*. Water Resour Manage, 2013, 3697–3711.
- 12-MOHAMMED, B. A-R. *Application of ANN technique for rainfall forecasting over Iraq*. International Journal of Energy and Environment. Iraq, vol. 3, Issue, 2012, 961-966.
- 13- MOHAMMAD, D. *Water resources management of Baniyas spring under of the climate changes impacts*. Master's thesis in the department of water and Irrigation. Tishreen University, Faculty of civil Engineering, 2014, 107.
- 14-AGROCOMPLECT. *Study and Complete Design Works for The Integral Development of The AKKAR Plain. Third Stage, TELL HOSH System, Second Phase, Volume-3-4*, October 1989, 116.
- 15-AGROCOMPLECT. *Study and Complete Design Works for The Integral Development of The AKKAR Plain. Third Stage, TELL HOSH System, Second Phase, Volume-3-5*, October 1989, 70.
- 16-ALASAD, A.; AMMAR, G. *Engineering Hydrology*. Publications Tishreen University, Syria, 2010, 506.
- 17-RITTER, A.; CARPENA, R. M. *Performance evaluation of hydrological models: Statistical significance for reducing subjectivity in goodness-of-fit assessments*. Science Direct Journal of Hydrology, 480, 2013, 33–45.