



مجلة الهندسة والتنمية المستدامة

المجلد 21، العدد 6، تشرين الثاني 2017

ISSN 2520-0917

www.jeasd.org

دراسة تأثير رقم المنحنى على ذروة المخطط المائي لجابية نهر الخوصر

سحر سمير يونس*

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

الخلاصة: المياه من الموارد الطبيعية المهمة والتي لايزال البحث قائما لتطوير سبل استغلالها والحفاظ عليها. ليس من السهل الحصول على المخطط المائي للسيح السطحي للعاصفة المطرية نظرا لتأثيرات خصائص الحوض المائي ومقدار المحتوى الرطوبي للحوض قبل العاصفة وتأثير خصائص العاصفة على ذروة وحجم المخطط المائي. طور المعنيون العديد من الطرق لتقدير المخطط المائي للجريان السطحي منها الطريقة المقدمة من قبل SCS والتي تعتمد على رقم المنحنى. اجريت معايرة النموذج (TR-55) من اجل الحصول على افضل النتائج وبالاعتماد على المخططات المائية المقاسة حقليا لجابية نهر الخوصر الموسمي في محافظة نينوى- جمهورية العراق ولعدد من العواصف المطرية. قيم أداء النموذج بالاعتماد على معايير احصائية بمقارنة القيم المقاسة والمحسوبة لكل من ذروة المخطط المائي وحجم الجريان السطحي. طبق النموذج TR-55 وضمن مدى رقم المنحنى للجابية وكذلك لحالات مختلفة من عمق المطر لمعرفة تأثير تغيير رقم المنحنى على ذروة وحجم المخطط المائي. ظهرت نتائج جميع المعايير المعتمدة لتقييم حساسية رقم المنحنى لكل من ذروة المخطط وحجم الجريان السطحي متقاربة وان العامل الالم في ذلك هو مقدار عمق المطر حيث عند الاعماق القليلة (10-25) ملم تكون الحساسية كبيرة وبالعكس. كما تبين انه بغض النظر عن عمق المطر فان زيادة رقم المنحنى اعطت حساسية اكبر عن انخفاض رقم المنحنى عن القيم التي تمثل الواقع.

الكلمات الدالة: ذروة المخطط المائي، الجريان السطحي، TR-55.

EFFECT OF VARIABILITY CURVE NUMBER ON PEAK OF HYDROGRAPH FOR AL-KHOSER RIVER CATCHMENT

Abstract: Water is an important natural resource, the researches to develop ways of use and maintain this source are continuous. Rainfall and runoff are one of the sources of surface water. It is difficult to get the runoff hydrograph due to the effects of watershed characteristics, antecedent moisture content of the soil and the storm properties. Many ways were developed to estimate the runoff hydrograph such as the Soil Conservation Services method, which depends on curve number. The TR -55 model was calibrated to obtain best results based on the measured data of a number of storms of Al- Khoser seasonal river in Nineveh province in the Republic of Iraq. The model performance was evaluated based on the statistical parameters to compare the measured values with predicted for both of runoff volume and peak of flow values. The TR-55 model was applied within the reasonable range of the curve number and for different depths of rainfall to evaluate their effect on the runoff volume and peak flow. All considered statistical parameters to evaluate the sensitivity curve number on peak flow and runoff volume that the most important factor is the rain depth, the depths between (10-25) mm be great sensitivity and vice versa. Also, for all considered rainfall depth, the increase of curve number over the actual values shows more sensitivity than values of less than actual one.

1. المقدمة

تسعى البشرية منذ القدم الى الانتفاع من موارد المياه المتوفرة. تعد عملية تقدير الايراد المائي المتأني من مياه الامطار من المسائل المهمة في هندسة الموارد المائية وخصوصا في دراسات حصاد المياه نظرا لما تعانيه مناطق الشرق الاوسط من نقص في الموارد المائية. أن تقدير مخطط الجريان

السطحي له أهمية من ناحية تقدير ذروة المخطط المائي في تصميم المنشآت الهيدروليكية وتشغيلها لاحقاً وكذلك هناك أهمية لحجم المياه الناتجة عنه في تقدير حجم خزانات السدود وحجم المياه التي يمكن توفيرها باحتمالية معينة في دراسات حصاد المياه. إن عملية قياس المخطط المائي للجريان السطحي ليست بالسهلة كما أن هناك عدد من الجابيات في العالم عموماً وفي مناطق الشرق الأوسط خصوصاً لا تتوفر فيها قياسات حقيقية للمخطط المائي وفي مثل هذه الحالات هناك حاجة وأهمية لتقدير المخطط المائي من خلال الطرق النظرية والنماذج الرياضية المعتمدة. أن نوع التربة ورطوبتها الأولية واستخدام الأرض والذي يمكن التعبير عنه برقم المنحنى أحد أهم المعطيات التي يجب توفرها عند تمثيل عملية السيج-مطر في النماذج الهيدرولوجية.

قام [1] بتعديل معايير التقييم المستخدمة لتقييم النماذج الهيدرولوجية حيث وجد أن معامل الكفاءة (Nash-Sutcliffe efficiency E) ودليل الاتفاق أو القبول (Index of agreement, d) ذو حساسية عند القيم العالية للجريان فقط، بينما لم يظهر أي حساسية عند قيم الجريان المنخفض وبالتالي تعطي قيم خاطئة عن أداء النماذج. إن المعايير المعدلة أو المطورة لكل من معامل الكفاءة ودليل الاتفاق أخذت بعين الاعتبار الفروقات بين القيم المقاسة والمحسوبة كإحرفات نسبية وبالتالي تكون المعايير المعدلة حساسة عند حالات التدفق أو الجريان القليل.

قام [2] بتحليل حساسية متغيرات نموذج السيج-مطر (Takagi-Sugeno) ذو المنطق الضبابي والذي سبق وأن قُدم هذا النموذج من نفس الباحثين. تم استخدام بيانات ستة جابيات مختلفة الطبوغرافية والمساحة واعتمدت المعايير كل من الخطأ الحجمي و Nash Sutcliffe ونسبة الخطأ لتصريف الذروة لتقييم حساسية المتغيرات. أظهرت النتائج أنه حساسية متغيرات النموذج الضبابي المقدم تعتمد على نوع الجابية والمقياس المستخدم لتقييم أداء النموذج.

قام [3] بمقارنة عدة نماذج تستخدم في تقدير ذروة المخطط المائي وهي كل من نموذج Green-Ampt واسلوب رقم المنحنى واسلوب الهيدروغراف القياسي وفي جميع النماذج تم استخدام الموجة الحركية لاستنتاج الجريان في القناة. أعطى نموذج Green-Ampt قيم ذروة المخطط المائي فوق المتوقعة نسبة لاسلوب رقم المنحنى كون أن طريقة رقم المنحنى حساسة لمتغير شدة المطر.

قارن [4] أداء نموذج Clark المطور مع نموذج Clark الاعتيادي والذين يستخدمان في محاكاة السيج سطحي. الهدف من هذه المقارنة هو لتحديد فيما إذا كانت النماذج المعقدة تعطي نتائج أكثر دقة والتي تعتمد الاعتبارات المكانية والزمانية لمحددات التوزيع والتي ربما يصعب الحصول عليها واستخدامها. أظهرت النتائج أن كلا النموذجين كان قادراً على محاكاة العمليات الهيدرولوجية في الجوابي بطريقة مقبولة.

قدر [5] كمية السيج السطحي لوادي تارو الواقع جنوب غرب جبل سنجان- جمهورية العراق، استخدم الباحثان نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتحويل خصائص الحوض إلى خرائط رقمية ونظام نمذجة الأحواض المائية (WMS) لتحديد وديان منطقة الدراسة والخواص المورفولوجية ومن ثم تقدير حجم السيج السطحي لموجات مطرية منفردة باعتماد فرضية خدمات حفظ التربة الأمريكية (SCS).

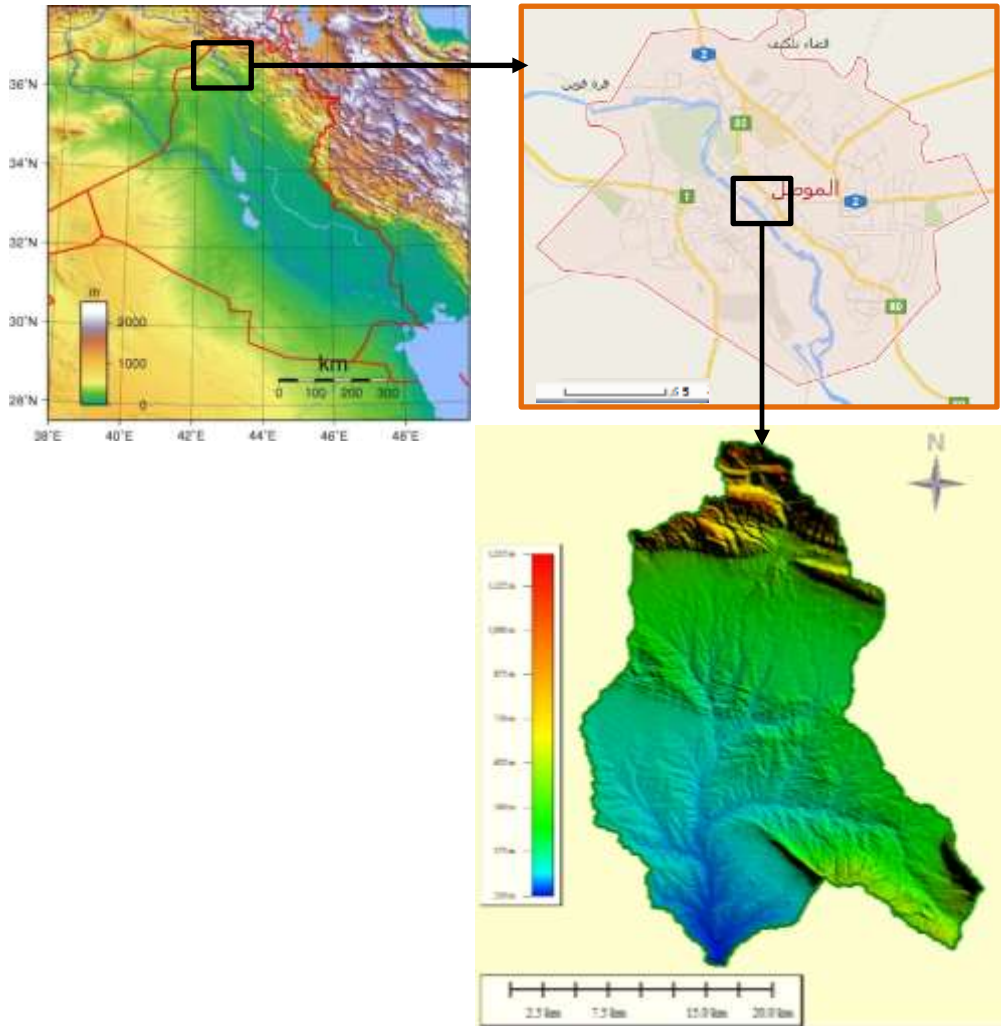
قام بحساب [6] رقم المنحنى وفقاً لمتغيرات استخدام الأرض ونوع الغطاء النباتي لحوض نهر Jobaru في اليابان. استخدم الباحثان نظام المعلومات الجغرافية لتحديد حوض النهر والأحواض الثانوية ونموذج HEC-GeoHMS لحساب رقم المنحنى ونموذج MIKE 11-RR لمحاكاة عملية السيج-مطر. أظهرت النتائج أن رقم المنحنى لحوض نهر Jobaru أخذ بالنقصان من 1948-2005 وهذا يفسر تقليل حدوث الفيضان خلال تلك الفترة.

قام [7] بتحليل حساسية محددات نموذج Curve Number For Green Ampt لتحديد الظروف التي يمكن أن يكون فيها النموذج مقبولاً للأحواض غير المرصودة. حيث قيمت تأثير تغيير المدخلات النموذج على المخرجات باستخدام هيتوغرافات اصطناعية مربعة ومستطيلة بالإضافة إلى أعلى 100 عاصفة مطر سنوي اختيرت من السلاسل الزمنية الاصطناعية للمطر. عند تطبيق عواصف المطر المتطرفة والتي تكون قيم المطر يكون النموذج غير حساس لمدخلات التي تعبر عن خصائص التربة الهيدروليكية والتي تعتبر صفة مهمة للنموذج وهذا مما يجعل النموذج مقبولاً لتقدير المطر الفائض في الجابيات غير المرصودة.

يهدف البحث الحالي الى دراسة تأثير تغير رقم المنحنى ضمن المدى الذي يتراوح به حسب نوع التربة واستخدام الارض على المخطط المائي للجريان السطحي لكل من حجم السيخ وذروة المخطط المائي من خلال معايير التقييم وهي كل من كفاءة النموذج المعدلة ودليل القبول المعدل ودليل الحساسية. حيث تعتمد طريقة رقم المنحنى بشكل واسع في تقدير الجريان السطحي وحمل الرسوبيات اعتمادا على نتائجها ولغرض دراسة حساسية رقم المنحنى وهو العامل الاول المؤثر في هذه الطريقة على النتائج قدمت هذه الدراسة بالاعتماد على موجات مطرية وسيول مقاسه حقليا بالإضافة الى اعتماد معايير معدله وهو ما لم تتطرق اليه دراسة سابقه.

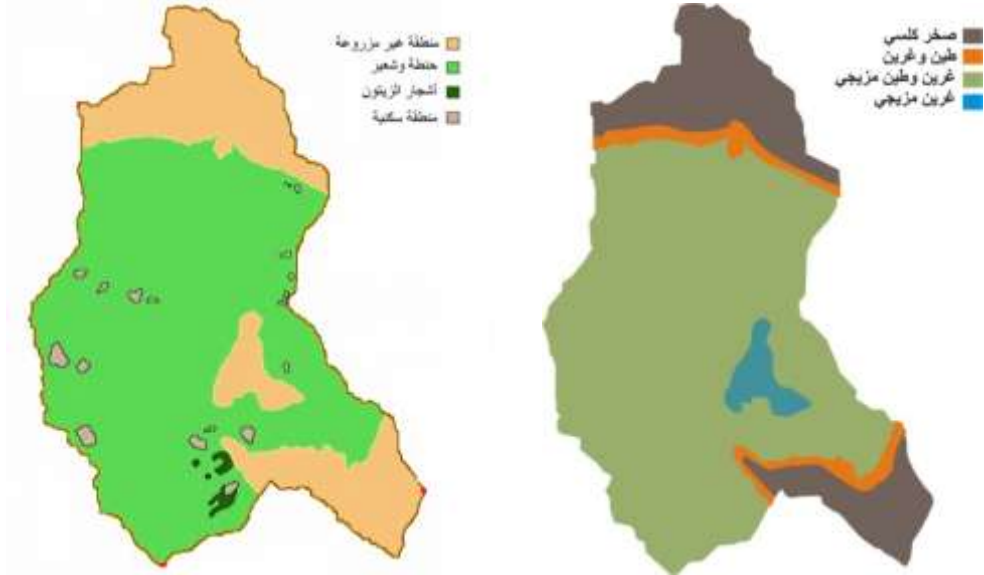
2. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة شمال شرق مدينة الموصل- جمهورية العراق والمبينة في الشكل (1)، وهي تمثل مساحة جانبية نهر الخوصر الموسمي . تحد هذه الجابية من الشمال والجنوب الخطوط $36^{\circ} 26' 18''$ و $36^{\circ} 49' 20''$ على التوالي ومن الشرق والغرب الخطوط $43^{\circ} 26' 18''$ و $43^{\circ} 04' 29''$ على التوالي. تبلغ مساحة الجابية 690 كم^2 وبمعدل ميل 6.3%. اعتمادا على نتائج دراسات سابقة وخرائط استخدام الارض [8] و [9] ونوع التربة [8] و [10] تتباين تربة المنطقة ما بين (تربة مزيجية غرينية مع طين- طين وغرين- صخر كلسي- وغرين مزيجي) كما في الشكل (2) والذي يوضح نوع التربة لجابية الخوصر.



الشكل (1): حدود ومناسيب منطقة الدراسة وموقعها من خارطة العراق [8].

تصنف منطقة الدراسة الى ثلاثة انواع رئيسية من استخدامات التربة الجزء الأكبر منها مزروعة بالحنطة والشعير والذي تبلغ مساحته 492 كم² ومساحة غير مزروعة كانت مساحتها 188 كم² ثم منطقة سكنيه 8.29 كم² وأخيرا أشجار زيتون وبمساحة 3.6 كم² الموضحة في الشكل (2) والذي يوضح خارطة استخدام الأرض للمنطقة .



الشكل (2): نوع التربة واستخدام الأرض في جابية نهر الخوصر [8].

3. نموذج TR-55

إن النموذج Technical Release 55 من النماذج المعتمدة لتقدير المخططات المائية المتوقعة مقدم من قبل (United States Department of Agriculture) وهو مصمم لمحاكاة الجريان السطحي في الاحواض او الجابيات التي تكون نسبة من استخدامات الارض منطقة سكنية. يعتمد هذا النموذج في عمله على مخططات وجدول مطورة من نماذج سابقة حيث تتضمن مدخلات النموذج بيانات الطبوغرافية للجابية والتي يمكن الحصول عليها من نموذج المناسيب الرقمية DEM بعد تحديد حدود الحوض المائي وبيانات عمق المطر الساقط وبيانات تصنيف التربة واستخدام الارض. ويعد هذا النموذج ملائم لأية قيمة من زمن التركيز بغض النظر عن مساحة الجابية [11].

يقدر النموذج عمق الجريان السطحي من مخططات مطورة عن طريقة خدمات حفظ التربة SCS-CN بالاعتماد على رقم المنحنى وعمق المطر الساقط. اما ذروة المخطط المائي فيتم تقديرها بطريقة Graphical Peak Discharge Method وكالاتي [11]:

$$q_p = q_u A_m Q F_p \quad (1)$$

حيث أن :

q_p : ذروة المخطط المائي، قدم مكعب/ثا.

q_u : تصريف الذروة لوحدة واحدة، ميل مربع/انج.

A_m : مساحة الجابية، ميل مربع.

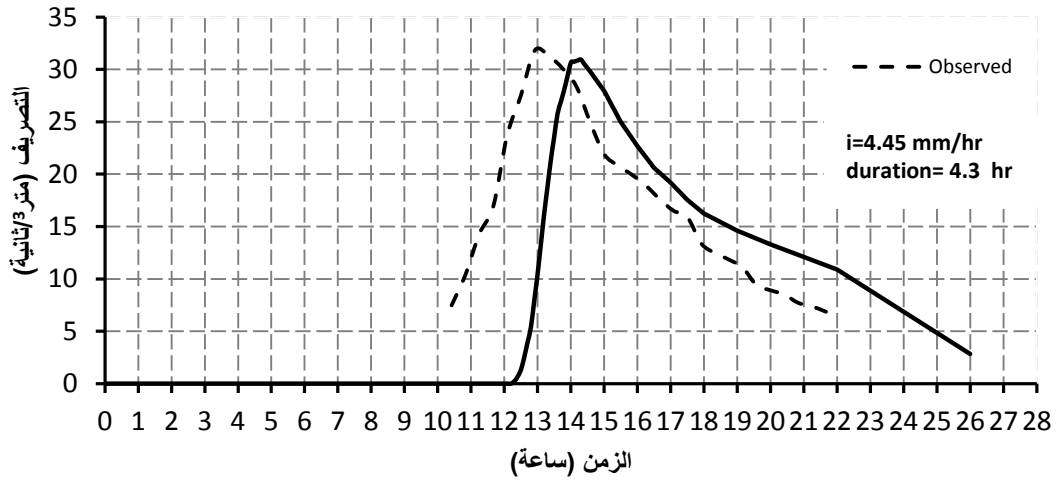
Q : عمق ألسيح السطحي، أنج.

F_p : عامل تسوية البرك والمستنقعات ان وجدت (يتم اهماله من قبل النموذج في حالة عدم وجود برك او مستنقعات في الجابية).

تقدر قيمة المحدد q_{II} من مخططات خاصة بها بالاعتماد على قيمة زمن التركيز للجابية (والتي يتم حسابها من معادلات خاصة او ادخالها بشكل يدوي في حالة توفر بيانات حقلية) وكذلك حساب قيمة نسبة عمق الاحتجاز الاولي I_a الى عمق المطر الساقط. تقرأ قيمة q_{II} مباشرة من المخطط الخاص بها بعد ذلك يتم حساب ذروة المخطط المائي.

4. كفاءة النموذج

اعتمدت بيانات اربعة عواصف مطرية متوفرة للجابية قيد الدراسة [8] والمتمثلة بقياس عمق المطر الساقط واستدامة العاصفة المطرية ومخطط الجريان السطحي الناتج عنها عند نقطة المنفذ لتقييم اداء النموذج (TR-55). يبين الشكل (3) المخطط المائي المقاس والمحسوب من النموذج (TR-55) لواحدة من العواصف المرصودة.



الشكل(3): المخطط المائي المقاس والمحسوب من النموذج لاحدى العواصف المرصودة.

اجريت معايرة النموذج (TR-55) بالاعتماد على المخططات المائية المقاسة حقليا لجابية نهر الخوصر ولعدد من العواصف المطرية من اجل الحصول على افضل النتائج لكل من ذروة المخطط المائي وحجم الجريان السطحي من خلال مقارنة القيم المقاسة والمحسوبة. اعتمدت المعايير الاحصائية وهي كفاءة النموذج المعدلة (E_{rel}) معادلة (2) ودليل القبول المعدل (d_{rel}) معادلة (3) لتقييم اداء النموذج [1]:

$$E_{rel} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{O_i - P_i}{O_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{O_i - O^-}{O^-} \right)^2} \quad (2)$$

$$d_{rel} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{O_i - P_i}{O_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|O_i - O^-| + |P_i - O^-|}{O^-} \right)^2} \quad (3)$$

إذ أن:

O_i : القيمة المقاسة (قيمة حجم الجريان، م³ او ذروة المخطط المائي، م³/ثا).

O- معدل القيم المقاسة (معدل القيم لحجم الجريان م³ او معدل القيم للذروة، م³/ثا).
 P_i : القيمة المحسوبة من النموذج (قيمة حجم الجريان، م³ او ذروة المخطط المائي، م³/ثا).
 n : عدد القيم.

اعطى النموذج نتائج جيدة بين القيم المقاسة والمحسوبة لكل من ذروة المخطط المائي وحجم السيخ حيث كانت كفاءة النموذج المعدلة 0.99 و 0.87 لذروة المخطط المائي وحجم الجريان السطحي على التوالي. وكان دليل القبول المعدل 0.99 و 0.96 لذروة المخطط المائي وحجم الجريان السطحي. في المرحلة التالية طبق النموذج ووفق المدى الذي يمكن ان يتغير به رقم المنحنى اعتمادا على نوع التربة واستخدامات الأرض والغطاء النباتي لها والتي حُددت مسبقا من خلال الخرائط المتوفرة لاستخدامات الأرض وتصنيف تربة المنطقة لتحديد رقم المنحنى للجابية حيث تراوحت قيم رقم المنحنى الطبيعي CN(II) للجابية وحسب خصائص الجابية من 70-79 وبعد المعايرة التي اجريت للنموذج كان رقم المنحنى الذي اعطى افضل تطابق مع العواصف المرصودة لجابية الخوصر 73. قدر رقم المنحنى للحالة الرطبة من المعادلة التالية [12]:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (4)$$

حيث أن :

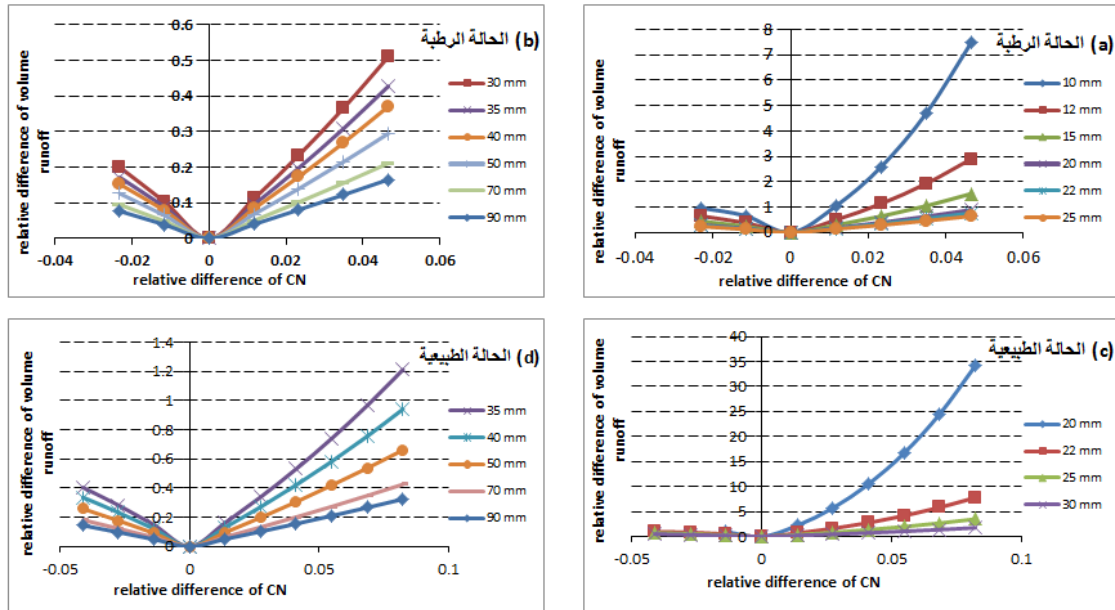
CN(II) : رقم المنحنى عند حالة الرطوبة الطبيعية للتربة

CN(III) : رقم المنحنى عند محتوى رطوبي عالي (في حالة سقوط أمطار بعمق 53.6 ملم خلال الخمسة أيام قبل تاريخ العاصفة المطرية المعينة).

طبق النموذج لرقم المنحنى ضمن المدى الذي يتراوح به في الحالة الطبيعية والرطوبة وكذلك لحالات مختلفة من عمق المطر. تم دراسة الاختلاف النسبي لرقم المنحنى والذي يمثل الفرق بين رقم المنحنى المفروض والحقيقي نسبة الى الحقيقي وتأثيره في الاختلاف النسبي لكل من حجم الجريان السطحي وذروة المخطط المائي.

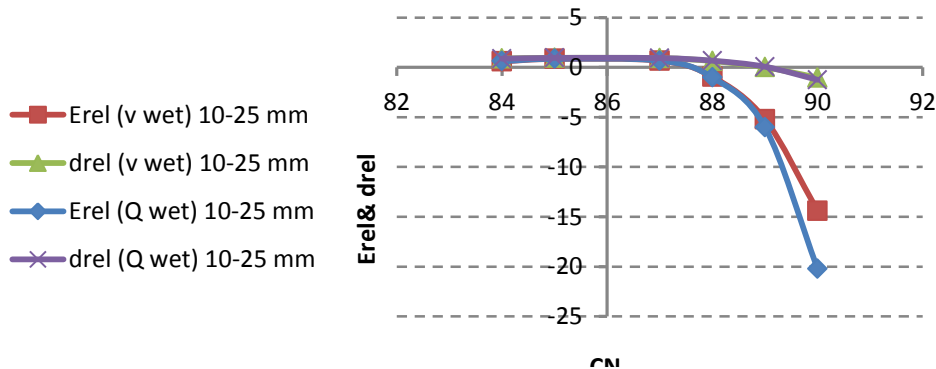
5. النتائج والمناقشة

اظهرت نتائج القيم الناتجة من النموذج لكل من حجم الجريان السطحي وذروة المخطط المائي وحالات مختلفة من حدود رقم المنحنى ورطوبة التربة أنه في الحالة الرطبة تبين ان الاختلاف النسبي في حجم الجريان السطحي يعتمد بشكل اساسي على عمق المطر حيث يكون الاختلاف النسبي في حجم الجريان كبير وبلغ اعلى اختلاف نسبي في حجم الجريان السطحي 7.5 عند اختلاف النسبي في رقم المنحنى 0.046 لمنطقة الدراسة لعمق مطر 10 ملم. بينما تقل قيمة الاختلاف النسبي مع زيادة عمق المطر وكما مبين في الاشكال (4,a,b) لمنطقة الدراسة. عند نقصان رقم المنحنى تقل حساسية الاختلاف النسبي في حجم الجريان السطحي وذروة المخطط المائي بالمقارنة مع حالة الزيادة في رقم المنحنى، مثلا عند زيادة رقم منحنى وباختلاف نسبي مقداره 0.023 كانت الزيادة النسبية في حجم الجريان هي (2.5) لعمق مطر (10) ملم بينما عند نقصان رقم منحنى بنفس القيمة كان النقصان النسبي في حجم الجريان 0.96 لنفس عمق المطر لمنطقة الدراسة. هنا تظهر لنا الحساسية الكبيرة لحجم الجريان السطحي مع زيادة رقم المنحنى وتكون قيمتها اكبر عند الامطار ذات العمق القليل. اما عند زيادة عمق المطر وكما موضح في الاشكال (4,a,b,c,d) تكون الحساسية اقل حيث عند العمق 90 ملم لم تتجاوز قيمة الزيادة والنقصان النسبي في حجم الجريان السطحي 0.16 و 0.07 على التوالي في جابية الخوصر.



الاشكال (4,a,b,c,d): الاختلاف النسبي لحجم الجريان السطحي مع الاختلاف النسبي لرقم المنحنى للحالة الرطبة والطبيعية ولمختلف اعماق المطر.

ان السبب في ذلك لرقم منحنى محدد فإن قيمة الاحتجاز الاولي او الخزين الكامن تكون قيمة ثابتة وعليه فإن نسبة هذا الخزين كعمق الى عمق المطر تكون كبيرة في اعماق المطر القليلة المسببة للسبح عن ما هو عليه في اعماق المطر العالية وهذا يبرر الحساسية العالية لتغيير حجم الجريان السطحي عند عمق المطر القليل. اجري تحليل بيانات المخططات المائية الناتجة بالاعتماد على المعايير الاحصائية الانفة الذكر وهي كفاءة النموذج المعدلة ودليل القبول المعدل، لم يتم اعتماد كفاءة النموذج ودليل الاتفاق او القبول كون هذه المعايير ذو حساسية عند القيم العالية للجريان فقط بينما تكون غير حساسة عند قيم التدفق القليل وبالتالي تعطي قيم خاطئة عن اداء النماذج [1]. اجري تقييم لحساسية رقم المنحنى لكل من حجم الجريان السطحي وذروة المخطط المائي باعتماد معيار كفاءة النموذج المعدلة (Erel) ودليل القبول المعدل (drel) والتي اظهرت ان هنالك حساسية واضحة لرقم المنحنى عند زيادته عن الرقم الذي يمثل الحقيقة. في حين ان الحساسية تكون اقل عند انخفاض رقم المنحنى عن القيمة التي تمثل الحقيقة وهذا التغيير في الحساسية تتفاوت عنده قيم كفاءة النموذج المعدلة لحجم الجريان السطحي بين (0.6) و (14.4) عند اقل واعلى قيمة لرقم المنحنى ضمن المدى الذي يتراوح به عند اعماق المطر القليلة (10-25) ملم لجابية الخوصر في الحالة الرطبة وكما موضح في الشكل (5). بينما تتفاوت قيم كفاءة النموذج المعدلة لحجم الجريان السطحي بين (0.95) و (0.7) عند اقل واعلى قيمة لرقم المنحنى ضمن المدى الذي يتراوح به لاعماق المطر الكبيرة (30-90) ملم لجابية الخوصر في الحالة الرطبة.



الشكل (5): كفاءة النموذج المعدلة ودليل القبول المعدل لحجم الجريان السطحي وذروة المخطط المائي عند الحالة الرطبة لأعماق مطر (10-25) ملم.

واخيرا تم استخدام دليل الحساسية (SI_{UL}) [7] كمؤشر لمعرفة مدى حساسية تأثير تغير رقم المنحنى على حجم السيج وذروة المخطط المائي، حيث:

$$SI_{UL} = \frac{\frac{O_U - O_L}{O_O}}{\frac{P_U - P_L}{P_O}} \quad (5)$$

إذ أن:

O_U, O_L : مخرجات النموذج (قيمة حجم الجريان او ذروة المخطط المائي) عند اقل و اعلى قيمة لمدى رقم المنحنى لتلك التربة.

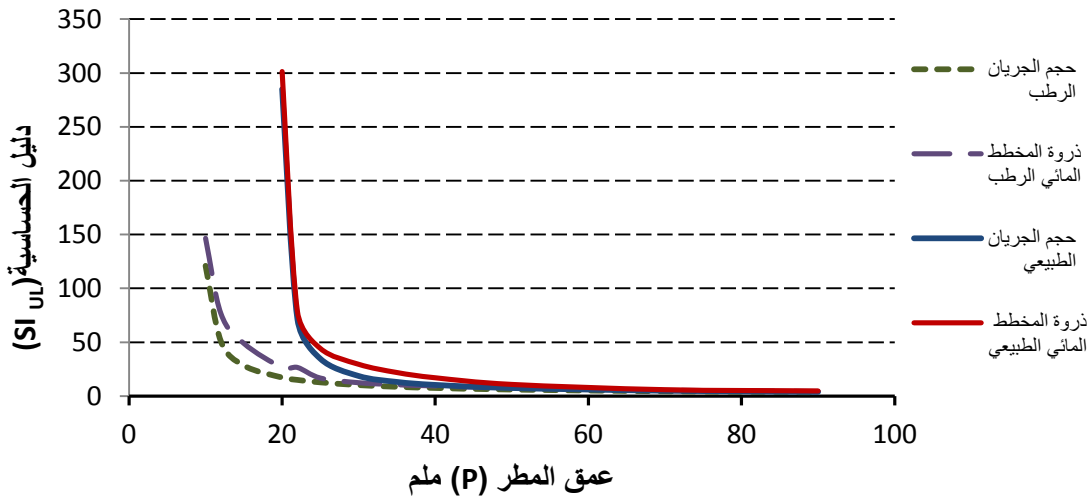
O_O : مخرجات النموذج عند القيمة الصحيحة (الواقعية) لرقم منحنى.

P_U, P_L : اعلى و اقل قيمة لرقم المنحنى لتلك التربة.

وقد تراوحت قيم دليل الحساسية لجابية نهر الخوصر 121 و 3.5 عند عمق مطر 10 و 90 ملم على التوالي لحجم الجريان السطحي في الحالة الرطبة وبين 285 و 3.8 عند عمق مطر 20 و 90 ملم على التوالي للحالة الطبيعية، حيث ان انخفاض رقم دليل الحساسية تعني عدم وجود حساسية والعكس صحيح.

نلاحظ انه كلما كان رقم المنحنى الذي يمثل القيمة الواقعية لتلك الحالة من رطوبة التربة قريب من القيمة الاعلى لمدى رقم المنحنى الذي يتراوح به قلت قيم دليل الحساسية وهذا يعني نقصان حساسية حجم السيج وذروة المخطط المائي مع تغير رقم المنحنى، والعكس صحيح.

اما قيم دليل الحساسية بالنسبة لذروة المخطط المائي فقد تراوحت بين 146 و 4.2 عند عمق مطر 10 و 90 ملم على التوالي للحالة الرطبة و بين 301 و 5 عند عمق مطر 20 و 90 ملم على التوالي في الحالة الطبيعية وكما موضح في الاشكال (6).



الشكل (6): قيم دليل الحساسية لحجم الجريان السطحي وذروة المخطط المائي عند الحالة الرطبة والطبيعية.

6. الاستنتاجات

نلاحظ بشكل عام ان جميع المعايير المعتمدة لتقييم حساسية رقم المنحنى لكل من حجم الجريان السطحي وذروة المخطط المائي اظهرت نتائج متقاربة وهي ان العامل الاعم في ذلك هو مقدار عمق المطر حيث عند الاعماق القليلة (10-25) ملم تكون حساسية كبيرة وبالعكس. كما تبين انه بغض النظر عن عمق المطر فان زيادة رقم المنحنى اعطت حساسية اكبر عن انخفاض رقم المنحنى عن القيم التي تمثل الواقع.

بشكل عام ان الامطار التي تتراوح بين الاعماق (10-25) ملم هي ذات التردد الاكبر او الاحتمالية الاعلى بالمقارنة مع الامطار ذات الاعماق الكبيرة (30-90) ملم وهنا تبرز اهمية اعتماد الرقم المناسب لكل حالة دون اعتماد معدل حدود رقم المنحنى والتي تظهر قيم غير صحيحة او ذات نسبة اختلاف كبيرة عن القيمة الحقيقية. في مختلف دراسات وتصاميم المنشآت الهيدروليكية في الانهار وبشكل خاص الموسمية الجريان منها وفي دراسات حصاد المياه التي تعتمد تراكمات الجريان من العواصف المطرية.

7. المراجع

1. Krause, P. Boyle, D.P. Base, F. (2005), "Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment," Advances in Geosciences, 5: 89–97.
2. Jacquin, A.P. Shamseldin, A.Y. (2008), "Sensitivity analysis of Takagi Sugeno-Kang rainfall-runoff fuzzy models," Hydrology and Earth System Sciences Discussions., 5, 1967–2003
3. Beighley, R. Edward. Kargar, Maryam. He, Yiping. (2009), "Effects of Impervious Area Estimation Methods on Simulated Peak Discharges," Journal of Hydrologic Engineering, 14(4).
4. Ghavidelfar, Saeed . Alvankar, Sayed Reza. Razmkhah, Arash. (2009) "Comparison of the Lumped and Quasi-distributed Clark Runoff Models in Simulating Flood Hydrographs," Water Resource Manage 25:1775–1790.
5. الغزاوي والجبوري، علي عبد عباس وزكريا يحيى خلف ، (2012) " النمذجة الهيدرولوجية لحصاد مياه السيح السطحي لوادي تارو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS"، المجلة العربية الدولية للمعلوماتية، المجلد الاول، العدد الثاني .
6. Sumarauw, Jeffry. Ohgushi, Koichiro. (2012) " Analysis on Curve Number, Land Use and Land Cover Changes and the Impact to the Peak Flow in the Jobaru River Basin, Japan", International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol: 12 No: 02
7. Grimaldi, S. Petroselli, A. Romano, N. (2013), "Curve-Number/Green–Ampt mixed procedure for streamflow predictions in ungauged basins: Parameter sensitivity analysis," Hydrological Processes 27, 1265–1275.
8. Mohammad, E. M., (2005) "A Conceptual model for flow and sediment routing for a watershed northern Iraq", PhD thesis, university of mosul, Iraq.
9. Al-Daghastani H. S., (2008). "Land Use Map of Nienava Government Based on Satalite Image," Remote Sensing Center, Mosul University, Iraq.
10. Al-Naqib S. Q. (1980) "Geology of Atrush area". M.Sc. Thesis, University of Mosul, Mosul, Iraq.
11. USDA-NRCS, (1986). "Urban Hydrology for Small Watersheds". Technical Release No.55, Washington, D.C.
12. Mays, L. W., (2004) ,"Water Resources Engineering," Environmental Engineering , Arizona state university , page (761).