

**التقييم الجيوهيدرولوجي لزمان التركيز وتأثيره على  
الجريان السيلي  
على الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية**

## التقييم الجيوهيدرولوجي لزمن التركيز وتأثيره على الجريان السيلي على الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

أ.د/ أحمد إبراهيم محمد صابر<sup>(\*)</sup> & هويدا توفيق أحمد<sup>(\*\*)</sup> & أميرة محمد محمود<sup>(\*\*\*)</sup>

### الملخص:

يعد زمن التركيز عامل أساسي في العديد من النماذج الهيدرولوجية، وأحد أهم متغيرات التنبؤ باستجابة أحواض التصريف لسقوط الأمطار، ومن ثم منع وتقليل آثار الأخطار الطبيعية وخاصة السيول. وأكثر التعريفات تمثيلاً لزمن التركيز هو الزمن الذي تستغرقه قطرة من مياه الأمطار للوصول إلى مخرج الحوض بدءاً من أبعد نقطة هيدروليكية للحوض.

ويتضح قيمة الدور الذي لعبته المتغيرات المؤثرة في زمن التركيز وخاصة الظروف الطبيعية بمنطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، حيث تتسم بالتنوع في التكوينات الجيولوجية والتضاريسية والمورفومترية لأحواض التصريف، والتي كان لها الأثر الأكبر في التباين في قيم زمن التركيز من حوض تصريف لآخر ومن ثم خصائص الجريان السيلي.

واعتمدت الدراسة معادلات: Kirpich، و Kerby، و NRCS Velocity، و NRCS Lag في حساب زمن التركيز، لأنها أكثر استخداماً ودقة في النتائج للبيئات المماثلة للبيئة المصرية، وتم استخراج القيم باستخدام برنامج WMS بتطبيق نموذج HEC-1 ونموذج TR-55 والذي لديه القدرة أيضاً على تحديد الغطاءات الأرضية ومعالجة البيانات المكانية وحساب متغيرات أحواض التصريف وخصائص الجريان السيلي تلقائياً وبدقة عالية.

**الكلمات المفتاحية:** الجيوهيدرولوجي، زمن التركيز، الجريان السيلي، أحواض التصريف، الجلالة البحرية.

<sup>(\*)</sup> أستاذ الهيدرولوجيا والخرائط - كلية الآداب جامعة بورسعيد

<sup>(\*\*)</sup> مدرس الجيومورفولوجيا - كلية التربية جامعة عين شمس

<sup>(\*\*\*)</sup> مدرس الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب جامعة السويس

## **Geohydrological Assessment of the Concentration Time and Its Effect on Flash Flood on the Eastern Edge of El-Galala El-Bahariya Plateau**

### **Abstract**

Concentration time is a key factor in various hydrological models, and one of the most important predictive variables of the response of drainage basins to precipitation, and thus preventing and minimizing the effects of physical hazards, particularly flash floods. The most representative definition of concentration time is the time a drop of rainwater takes to reach the outlet of the basin starting from the most distant hydraulic point of the basin.

The value of the role played by the variables affecting the concentration time, particularly the physical conditions in the area of the eastern edge of El-Galala El-Bahariya plateau, is evident. They are characterized by diversity in the geological, topographical and morphometric formations of the drainage basins, which have the greatest effect on the variation in the concentration time values from one drainage basin to another, and accordingly flash flood characteristics.

The study relies on the equations of Kirpich, Kerby, NRCS Velocity, NRCS Lag as they are more usable and accurate in results for environments similar to the Egyptian environment. The values are extracted using the WMS program by applying the HEC-1 model and the TR-55 model, which also has the ability to determine land covers, process spatial data, and calculate drainage basin variables as well as flash flood characteristics automatically and with high accuracy.

**Keywords:** Geohydrology, Concentration Time, Flash Flood, Drainage Basins, El-Galala El-Bahariya.

## المقدمة:

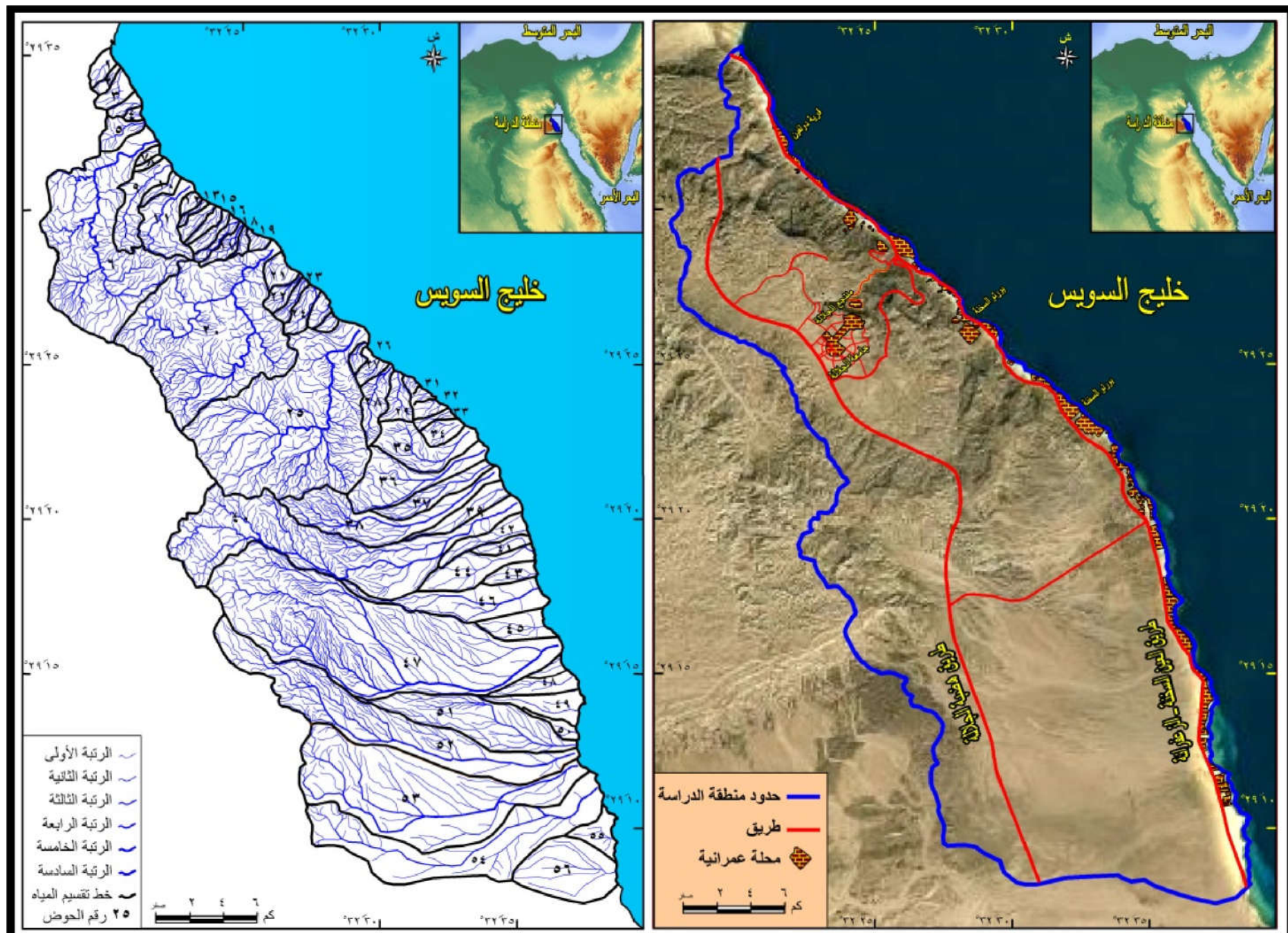
الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف واحدة من المحددات المؤثرة في حدوث الجريان السيلي، وذلك من خلال بعض المعاملات الهيدرولوجية، وهي: زمن التباطؤ، وزمن التركيز، وزمن الوصول، وزمن تصريف الأحواض. وبعد زمن التركيز هو الأكثر استخداماً من بين جميع الأزمنة الهيدرولوجية، ويعد عاملاً أساسياً في العديد من النماذج الهيدرولوجية، ومن أهم متغيرات الزمن للتنبؤ باستجابة أحواض التصريف لسقوط الأمطار، ومكوناً مهماً في طرق التحليل لحساب حجم وذروة التصريف وسرعة الجريان، وأحد أهم المعايير لتصميم البنية الهيدرولوجية وخاصة السدود والجسور والبحيرات الصناعية، ومن ثم منع أو تقليل آثار الأخطار الطبيعية وخاصة السيول.

وتهدف الدراسة إلى محاولة الوصول إلى أفضل مفهوم وأدق المعادلات والطرق المستخدمة في حساب زمن التركيز، حيث لا توجد طريقة واحدة ولا تعريف متفق عليه، وذلك لحل الارتباك الكبير حول استخدام هذا المصطلح، ومعرفة تأثيره على خصائص الجريان السيلي، بالتطبيق على أحواض التصريف على الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، عن طريق استخراج القيم ببرنامج WMS بتطبيق نموذج HEC-1 و نموذج TR-55، كما تم استخلاص أحواض التصريف بالمنطقة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM-1 باستخدام برنامج 11.1 WMS، ومراجعة النتائج مع الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠، باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.1.

وقد اعتمدت الدراسة منهج النظم البيئية في دراسة العلاقات المتبادلة بين المتغيرات المؤثرة في زمن التركيز ككل بما تضم من خصائص جيولوجية وتضاريسية ومورفومترية وهيدرولوجية، وليس التركيز على أثر متغير دون آخر، فضلاً عن التنبؤ بخصائص الجريان السيلي.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

وتمتد منطقة الدراسة على الجانب الغربي لخليج السويس، حيث تقع بين دائرتي عرض  $35^{\circ} 07' 29''$  و  $30^{\circ} 35' 29''$  شمالاً، وبين خطي طول  $32^{\circ} 18' 10''$  و  $32^{\circ} 38' 50''$  شرقاً، بمساحة  $733,7$  كم<sup>2</sup>، وتضم 56 حوض تصريف، تتراوح مساحتهم بين  $0,45$  و  $132,95$  كم<sup>2</sup> (شكل 1).  
وقد تم اختيار منطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية كموضوع للدراسة، حيث يتضح قيمة الدور الذي لعبته المتغيرات المؤثرة في زمن التركيز وخاصة الظروف الطبيعية، إذ تتسم المنطقة بالتنوع في التكوينات الجيولوجية والتضاريسية والمورفومترية لأحواض التصريف، ومن ثم التباين في قيم زمن التركيز وخصائص الجريان السيلي من حوض تصريف لآخر، والذي يحدد على أساسه مناطق وأنماط الاستخدام البشري وطرق الحماية المناسبة لها، حيث تنتشر بمنطقة الدراسة العديد من الاستخدامات، مثل: القرى السياحية والطرق.



المصدر: اعتماداً على SAS Planet، ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM-1 بدقة 30م، والخرائط الطبوغرافية، مقياس 1 : 50000، عام 1987، باستخدام برنامجي WMS 11.1، ARC GIS 10.8.1

شكل 1: الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

وبناءً على ذلك تم تصنيف البحث إلى الموضوعات الآتية:

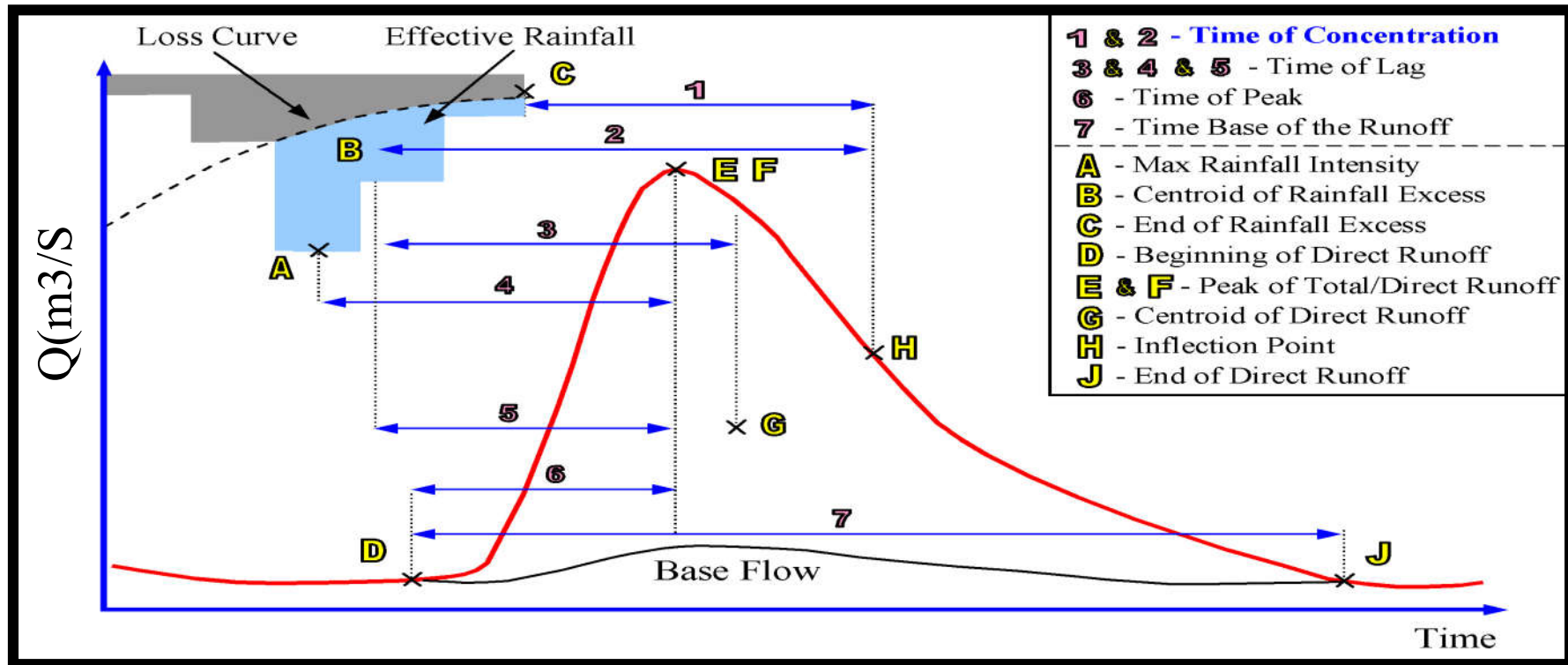
### أولاً - التقييم الجيوهيدرولوجي لمفهوم وطرق حساب زمن التركيز:

يعود مفهوم زمن التركيز (Time of Concentration- Tc) في الدراسات الهيدرولوجية إلى أكثر من ١٧٠ عام، حيث يرجع إلى Mulvaney ١٨٥١م كأساس لتقدير مقياس زمني مناسب لمدة تساقط الأمطار ولتقدير تدفقات الذروة (Beven, 2020).

ويتم تطبيق زمن التركيز بشكل عام على الجريان السطحي، فإذا حدث تساقط مطر منتظم على مساحة من الأرض، فإن الأجزاء القريبة من المخرج تساهم في الجريان السطحي عند المخرج على الفور، ومع استمرار سقوط الأمطار، تصل مساهمات الجريان السطحي من نقاط مختلفة عند المنبع في أوقات لاحقة، حتى تصل التدفقات في النهاية من جميع النقاط على أحواض التصريف، مركزة عند المخرج (Xing, et al., 2005). ومن ثم عرف زمن التركيز بواسطة المعجم الدولي للهيدرولوجيا باعتباره الفترة الزمنية اللازمة لتدفق الجريان السطحي من الجزء الأبعد من حوض التصريف إلى المخرج (Johansson, 1984). وتم الاستشهاد بهذا التعريف على نطاق واسع في التحليل الهيدرولوجي والنمذجة. إذ تتشابه التعريفات الأخرى إلى حد ما مع هذا التعريف، حيث يعرف بالفترة الزمنية التي تستغرقها كميات الأمطار المتساقطة على أبعد نقطة هيدروليكيًا<sup>(١)</sup> من خط تقسيم المياه للوصول على شكل مياه جارية إلى مخرج الحوض (بوروية، ١٩٩٩)، أو الزمن الذي تستغرقه قطرة الماء لتحريك نفسها بشكل سطحي من أبعد نقطة في الحوض حتى نقطة المخرج (McCuen et al., 1984).

كما يعرف زمن التركيز أحياناً بزمن الذروة (شكل ٢)، وهو الفارق الزمني بين نهاية فائض سقوط الأمطار ونقطة انعطاف الهيدروجراف (McCuen et al., 1984).

<sup>(١)</sup> النقطة الأكثر بعداً هيدروليكيًا هي النقطة ذات أطول زمن انتقال إلى مخرج أحواض التصريف، وليس بالضرورة النقطة ذات أطول مسافة إلى المخرج.



Source: Nagy, et al., 2016

شكل ٢: هيدروجراف يوضح العلاقة بين زمن التركيز والخصائص الهيدرولوجية الأخرى كما تستخدم تعريفات أخرى مختلفة قليلاً عن السابقة، وخاصة عند توفر بيانات تفصيلية عن خصائص الأمطار والجريان السطحي (Perdikaris, et al., 2018)، وهي:

- الزمن من نهاية سقوط الأمطار الزائدة إلى زمن نهاية الجريان السطحي المباشر.
- الزمن من مركز كتلة سقوط الأمطار الزائدة إلى مركز كتلة الجريان السطحي المباشر.
- الزمن من مركز كتلة سقوط الأمطار الزائدة إلى زمن ذروة الجريان المباشر.
- الزمن من مركز كتلة سقوط الأمطار الزائدة إلى زمن ذروة الجريان الكلي.
- الزمن من بداية الجريان الكلي إلى زمن ذروة تصريف الجريان الكلي.
- الزمن من الحد الأقصى لشدة سقوط الأمطار إلى زمن ذروة التصريف.
- الزمن الذي تستغرقه قطرة من مياه الأمطار للوصول إلى مخرج الحوض بدءاً من أبعد نقطة هيدروليكية للحوض.

وأكثر التعريفات الشائعة كما سبق ذكره هو الزمن الذي تستغرقه قطرة من مياه الأمطار للوصول إلى مخرج الحوض بدءاً من أبعد نقطة هيدروليكية

للحوض. هذا التعريف يعكس الخصائص الهيدروليكية والفيزيائية لزمن التركيز، ومن ثم يعد أكثر تمثيلاً له (Perdikaris, et al., 2018).

وقد طور الباحثون وعلماء الهيدرولوجيا عددًا كبيرًا من المعادلات التي تستخدم في حساب زمن التركيز، والتي نتجت عن دراسات أجريت في مناطق مختلفة، وبالتالي فإنهم غالبًا ما يختارون طريقة دون تقييم ومقارنة دقتها مع المعادلات الأخرى. حيث تباينت تقديرات زمن التركيز، والتي بلغت ٥٠٠٪ من الاختلاف (Sandoval-Erazo, et al., 2018). وقد تم استخدام نماذج مختلفة من الهيدروجرافات، ومنها هيدروجراف SCS. وتعتمد طرق إنشاء الهيدروجراف على تقدير زمن التركيز، ومن ثم أشارت الدراسات أن ٧٥٪ من الخطأ الكلي في تقدير ذروة تدفق السيول يمكن أن يعزى إلى أخطاء في تقدير زمن التركيز (Fang et al., 2008).

كما أشارت بعض الدراسات أن معامل الاختلاف في زمن التركيز يتراوح بين ٢ و ١٥٥٪ (Azizian, 2018). وتصبح هذه مشكلة خطيرة لتخطيط وتصميم البنية المتعلقة بالمياه، فإن الحساب الخطأ يولد مخاطر من حيث التكاليف المحتملة التي تم التقليل من شأنها أو المبالغة في تقديرها، وفقدان البنية والضرر الذي يلحق بالإنسان نفسه.

وكان من الشائع نسبيًا ببعض الدراسات والمنظمات الحكومية الأمريكية استخدام طريقة Kirpich في حساب زمن التركيز، في حين أن دراسات ومؤسسات أخرى استخدمت طريقة Kerby، كما تم تطوير طريقتين أساسيتين لحساب زمن التركيز من قبل خدمة الحفاظ على الموارد الطبيعية (NRCS) (خدمة حفظ التربة سابقًا SCS) طريقة زمن التباطؤ NRCS Lag وطريقة سرعة الجريان NRCS Velocity، وهما من أكثر الطرق شيوعًا لتحديد زمن التركيز. وقد تم استخدام نماذج تجريبية مختلفة لتحديد الطريقة التي من شأنها التنبؤ بزمن التركيز بدقة عالية. وأثبتت طريقة السرعة NRCS Velocity مرة أخرى أنها الطريقة الأكثر دقة، وهي الطريقة الوحيدة التي تأخذ معامل خشونة ماننج في



الاعتبار، وتقسيم حوض التصريف إلى أجزاء، وبالتالي دقة أعلى لتنبؤات النموذج (Perdikaris, et al.,2018).

وبناءً على ذلك تم اختيار أهم المعادلات المستخدمة في إجراء تقديرات لزمان التركيز ( $T_c$ ) لتطبيقها على أحواض التصريف بمنطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، بالاعتماد على الدراسات السابقة، مثل: Grimaldi, et al., 2012; Sandoval-Erazom, et al.,2018; Perdikaris, et al., 2018; Azizian, 2018; Nagy, et al. 2016 and Sadatinejad et al., 2012 وهي<sup>(1)</sup>:

#### ١. معادلة: Kirpich وتعديلاتها

- $T_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385}$
- $T_c = 0.0013L^{0.77}S^{-0.5}$
- $T_c = 0.06635L^{0.77}S^{0.385}$
- $T_c = 0.01104L^{0.77}S^{-0.5}$
- $T_c = 0.066(L/S^{1/2})^{0.77}$

#### ٢. معادلة: Kerby وتعديلاتها

- $T_c = 0.6061N^{0.47}L^{0.47}S^{-0.234}$
- $T_c = 36.36(NL)^{0.467}/S^{0.235}$
- $T_c = (2.2nL/S^{0.5})^{0.234}$

#### ٣. معادلة: NRCS lag (SCS- lag)

- $T_c = L0.8(S+1)^{0.7}/1.140Y^{0.5}$   
 $S = (1000/cn) - 10$   
 $L = 209A^{0.6}$   
 $Y = 100(CI)/A$
- $T_c = L^{0.8} [(1000/CN-9)]^{0.7}/1140Y^{0.5}$
- $T_c = 0.057[(1000/CN-9)]^{0.7}L^{0.8}S^{-0.5}$

#### ٤. طريقة NRCS Velocity

- $T_c = T_{t1} + T_{t2} + T_{t1} + \dots + T_{tm} \quad T_t = L/3600V$
- $T_c = T_{sheet} + T_{shallow} + T_{channel}$   
 $T_{sheet} = 0.0018L_{sheet}^{0.6}n^{0.6}/j^{0.4}S_w^{0.3}$  &  $T_{shallow} = L_{shallow}/3.6C(S_w)^{-0.5}$  &  
 $T_{channel} = 0.44L_c n^{0.75}/j^{0.25}A^{0.125}S_c^{0.375}$

<sup>(1)</sup> L = طول المجرى الرئيس، و S = الانحدار (معدل الانحدار)، و n = معامل ماننج، و A مساحة حوض التصريف، و C = 4.918 unpaved and 6.196 paved Area = C، و Sc = معدل انحدار المجرى الرئيس، و Sw = معدل انحدار الحوض، و  $T_t$  = زمن الوصول، و V = متوسط السرعة، و Y = متوسط درجة الانحدار (%) و C = مجموع أطوال خطوط الكنتور، و I = الفاصل الكنتوري.

## ثانياً - التقييم الجيوهيدرولوجي للمتغيرات المؤثرة في زمن التركيز:

يؤثر في زمن التركيز العديد من المتغيرات وخاصة الطبيعية والتي تجعل من الصعب إنشاء طريقة واحدة لتقديره، ولذلك يمكن توقع أخطاء كبيرة نسبياً في خصائص الجريان السيلي من تلك التقديرات. وقد جذب اهتمام الكثير كيفية التقييم الكمي لمتغيرات النموذج وتأثيراتها على مخرجات النموذج.

وقد تبين من معادلات زمن التركيز بالدراسات السابقة اعتماده على الخصائص التضاريسية والمورفومترية لأحواض التصريف في المقام الأول، وهي: طول المجرى الرئيس، وأقصى طول لحوض التصريف، ودرجة ومعدل الانحدار، ومساحة حوض التصريف، وكثافة التصريف، والفارق الرأسى، و CN، ومعامل ماننج، بالإضافة إلى الغطاء الأرضي وخصائص الأمطار. ونظراً لاعتماده على العديد من المتغيرات والعوامل، فقد يؤدي ذلك إلى احتمال كبير من عدم الدقة في المخرجات. وقد قيمت العديد من الدراسات السابقة حساسية زمن التركيز لمتغيرات الإدخال، وخلصت إلى أن تأثير متغير الانحدار في المنحدرات المنخفضة يكون أكثر أهمية من المتغيرات الأخرى، ولكن مع زيادة درجة الانحدار ستزداد أهمية المتغيرات الأخرى مثل طول المجرى ورقم منحنى SCS (Kosari et al., 2010).

كما تلعب خصائص سقوط الأمطار دوراً مهماً في تقدير زمن التركيز في المناطق الرطبة، ولكن في المناطق الجافة وشبه الجافة، تكون مساهمة المعاملات المتعلقة بالغطاء الأرضي في معادلات زمن التركيز أعلى من خصائص سقوط الأمطار وعوامل أخرى (Azizian, 2018).

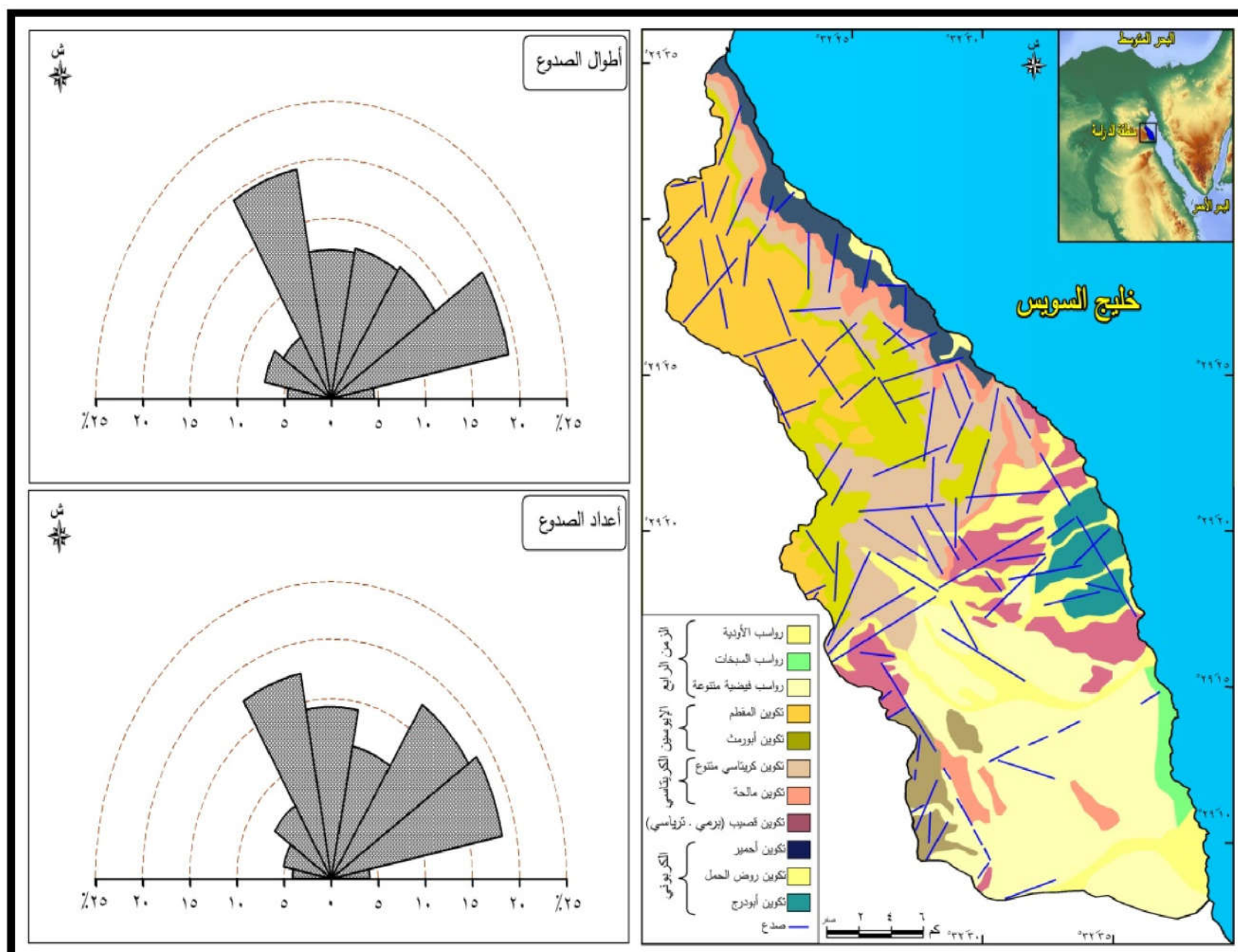
وبناءً على ذلك تم الاعتماد على برنامج WMS بتطبيق نموذج HEC-1، و نموذج TR-55 في تحديد الغطاءات الأرضية ومعالجة البيانات المكانية وحساب متغيرات أحواض التصريف تلقائياً وبدقة عالية سواء المورفومترية أو التضاريسية، وتحسين دقة حساب زمن التباطؤ وزمن الوصول و CN وغيرها من المتغيرات، والتي يمكن توضيحها على النحو التالي:

### ١- الأرقام المنحنية (CN) : Curve Number

تستعمل الأرقام المنحنية لتمييز خصائص زمن التركيز وفقاً لنوع التربة واستخدامات الأرض المختلفة، وتتراوح قيمتها بين ٠ و ١٠٠ وتشير الأرقام المنخفضة إلى زيادة زمن التركيز والاحتمال المنخفض لجريان المياه، في حين تشير الأرقام الأكبر إلى انخفاض زمن التركيز والزيادة في إمكانية الجريان السطحي (حسن، ٢٠١٩). وتطلبت هذه المرحلة عدد من المدخلات، وهي: الخصائص الجيولوجية، والهيدرولوجية للتربة، والغطاءات الأرضية، والتي تم تحليلها للحصول على قيم (CN)، ويمكن تناول تلك المدخلات كالتالي:

#### أ. الجيولوجيا:

تتنوع التكوينات والرواسب الجيولوجية بمنطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، حيث يتراوح العمر الجيولوجي بين عصري الكربوني والهولوسين (شكل ٣) و (جدول ١ و ٢).



المصدر: الخريطة الجيولوجية (كونكو)، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠٠، عام ١٩٨٧، باستخدام برنامج

ARC GIS 10.8.1

شكل ٣: الخصائص الجيولوجية بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

جدول ١: التكوينات والرواسب الجيولوجية السطحية بالحافة الشرقية لهضبة

الجلالة البحرية

العصر	التكوينات والرواسب	المساحة كم <sup>٢</sup>	%	%
الزمن الرابع	رواسب الأودية	٨٩,٠١	١٢,١	٣٩,٣
	رواسب السبخات	٩,٤٨	١,٣	
	رواسب فيضية متنوعة	١٨٩,٠٤	٢٥,٩	
ايوسين	تكوين المقطم	١٠٠,٦٥	١٣,٧	٢٣,٥
	تكوين أبورمث	٧٢,٢٤	٩,٨	
الكريتاسي	تكوين كريتاسي متنوع	١٠٨,٨٠	١٤,٨	١٩,٧
	تكوين مالحة	٣٥,٦٩	٤,٩	
الترياسي	تكوين قصب	٥٤,١١	٧,٤	٧,٤
الكربوني	تكوين أحмир	٢٩,٦٠	٤,٠	١٠,١
	تكوين روض الحمل	٢٠,٣٤	٢,٨	
	تكوين أبودرج	٢٤,٥٧	٣,٣	
الإجمالي		٧٣٣,٥٣	١٠٠	١٠٠

المصدر: اعتماداً على شكل (٣) باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.1

جدول ٢: خصائص الصدوع بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

الاتجاه	العدد	%	الطول (كم)	%
شمال - جنوب	١٤	١٤,٢٩	٣٦,٧٠	١٢,٤٧
شمال شرق - جنوب غرب	١١	١١,٢٢	٣٧,٧٩	١٢,٨٤
شمال شرق - جنوب غرب	١٦	١٦,٣٣	٣٩,٠٦	١٣,٢٧
شرق شمال شرق - غرب جنوب غرب	١٩	١٩,٣٩	٥٧,٥٤	١٩,٥٥
شرق - غرب	٨	٨,١٦	٢٧,١٦	٩,٢٣
شرق جنوب شرق - غرب شمال غرب	٥	٥,١٠	٢١,٠١	٧,١٤
جنوب شرق - شمال غرب	٧	٧,١٤	١٧,٨٦	٦,٠٧
جنوب جنوب شرق - شمال شمال غرب	١٨	١٨,٣٧	٥٧,١٩	١٩,٤٣
الإجمالي	٩٨	١٠٠	٢٩٤,٣١	١٠٠

المصدر: اعتماداً على شكل (٣) باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.1

ويتضح من تحليل الشكل (٣) والجدولين (١ و ٢) ما يلي:

تشغل الرواسب الفيضية المتنوعة أكبر مساحة بمنطقة الدراسة، حيث بلغت ١٨٩,٠٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٢٥,٩٪، وتتمثل في رواسب المراوح الفيضية، وتتألف من الطفل والمارل والحصى، وتنتشر بشكل واضح في جنوب منطقة الدراسة وبعض المناطق في الوسط، بسبب انخفاض درجة الانحدار التي تساعد على عملية الإرساب.

كما تغطي تكوينات الإيوسين الغالبية العظمى من منطقة الدراسة وخاصة في الجانب الغربي من المنطقة الشمالية، حيث بلغت نسبة مساحتها ٢٣,٥٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويتكون من تكوين أبورمث، حيث يتألف من حجر جيري طباشيري وعقد صوان (Abdelazeem, et al., 2019)، وتكوين المقطم، ويتكون من الحجر الجيري والحجر الجيري الدولوميتي والدولوميت، ويعد أكثر التكوينات انتشارًا، ويتميز بكثرة الفواصل والشقوق. وتتراوح مسامية تكوينات الإيوسين بين ٠,٢٥ و ١٥,٠٪ (Al Shagr,2021).

وتأتي تكوينات الكريتاسي في المرتبة الثالثة من حيث المساحة، حيث بلغت نسبتها ١٩,٧٪، ويتمثل في تكوينين، وهما: التكوين الأول، تكوين مالحة وهو أقدم صخور الكريتاسي، ويتألف من طبقات حجر رملي أبيض خشن إلى ناعم الحبيبات وطفل كاويليني (Abdel-Gawad, et al., 2006)، ويتميز بطبيعته الفتاتية، فأكثر من ٩٠٪ من صخوره أحجار رملية، وغرينية، وطينية (Abd-Elshafy and Abd El-Azeam, 2010)، أما التكوين الثاني، فهو تكوين كريتاسي متنوع يتميز بتنوع تكوينه من الأحجار الرملية والأحجار الجيرية والطباشيرية. وقد تراوحت مسامية تكوينات الكريتاسي بين ١,٠ و ٦,٧٤٪، وبالرغم من انخفاضها تتسم تكوينات الكريتاسي بكثرة الفواصل والشقوق، وعدم تجانس تركيبها (Saber and Hassan, 2023). أما باقي التكوينات فهي تغطي مساحات محدودة جدًا، حيث تتراوح بين ١,٣ و ٤,٠٪، وخاصة تكوينات عصر الكربوني، وتتألف التكوينات الكربونانية من أحجار رملية تتبادل مع طبقات من الطفل والدولوميت (Abdelazeem, et al., 2019)، وتغطي مساحة ٢,٢٢ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٣,٣٤٪، وتتمثل في تكوين أحيمر، والذي يصل سمكه ١٧٥ م (Kora, 1998). وتنتشر بشكل واضح بالمنطقة الساحلية بالجزء الشمالي من منطقة الدراسة.

والجدير بالذكر أن للصدوع دور مهم في توجيه حركة المياه السطحية عن طريق تكوين مناطق الضعف الطبوغرافي، والتي تعتبر عامل جذب للمياه السطحية، وبالتالي يمتد تأثير الصدوع ليشمل نمط شبكة التصريف المائي من حيث: الاتجاه، والانحدار، والأعداد، وكثافة تصريفها، ومن ثم على خصائص زمن التركيز من حوض تصريف لأخر.

وقد تبين من الشكل (٣) والجدول (٢) استحواذ اتجاه شرق شمال شرق - غرب جنوب غرب على أعلى نسبة سواء في العدد أو الطول من الصدوع، حيث بلغ ١٩,٣٩% و ١٩,٥٥% على التوالي، يليه اتجاه جنوب جنوب شرق - شمال شمال غرب، إذ بلغ ١٨,٣٧% و ١٩,٤٣% للعدد والطول على الترتيب، مما كان له أثر واضح على شكل الأودية، حيث أثرت الصدوع في تحديد مسارات وتقاطع الروافد، حيث يعتبر الاتجاهين عكس بعض إلى حد ما، مما ساعد على التقاء العديد من الروافد الرئيسية، مع ملاحظة خلو الأطراف الواقعة جنوب منطقة الدراسة من الصدوع إلى حد كبير، ويرجع ذلك لانتشار رواسب البليوستوسين والهولوسين، أو وجود بعض الصدوع، والتي أضاعت معالمها هذه الرواسب.

وبناءً على ذلك كان العامل الجدير بالاعتبار في مسألة تحديد درجة تأثير زمن التركيز بالتكوينات الجيولوجية مع ثبات باقي العوامل. إن الرواسب السطحية المفككة مثل الرمل والحصى والجلاميد المختلف الأحجام والتي تتسم بارتفاع مساميتها ونفاذيتها تغطي الغالبية العظمى من جنوب منطقة الدراسة؛ مما أعطى للمياه الجارية فرصة لتتخلل الرواسب السطحية. كما أن هناك جزء من المياه يتسرب داخل الأحجار الجيرية المتشققة المنتشرة بالمنطقة، وبالتالي يؤثر ذلك على إمكانية استمرار الجريان أو عدم استمراره في بعض أحواض التصريف، وخاصة في حالة انخفاض كمية التساقط.

## ب . الخصائص الهيدروولوجية للتربة:

يتضح من تحليل جدول (٣) وشكل (٤/أ) ما يلي:

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

• **المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A):** وتتألف من تربة عميقة ترتفع بها معدلات التسرب (أكبر من ٦٢,٧ مم/ساعة)، مما ينتج عنه زمن تركيز مرتفع، ومن ثم جريان سطحي منخفض، بسبب التسرب العالي، وتشمل أنواع الترب بأشكالها المختلفة، وتغطي أغلب قيعان الأودية ومصباتها حيث شغلت مساحة ٢٨٧,٥٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٣٩,٣٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة وتنتشر في الجنوب، وبعض مصبات الأودية صغيرة المساحة في شمال شرق منطقة الدراسة.

• **المجموعة الهيدرولوجية للتربة (C):** وهي طبقة صخرية مغطاة بطبقة من التربة تتسم بالتسرب المنخفض، حيث يتراوح بين ١,٢٧ و ٣,٨١ مم/ساعة، مما ترتب عليه انخفاض في زمن التركيز وجريان سطحي مرتفع، وتغطي هذه المجموعة مساحة ٤٤٦,٠ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٦٠,٧٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتشغل الجزء الشمالي على وجه الخصوص، وأجزاء متفرقة في الوسط.

ويلاحظ من التحليل السابق أن أغلب مساحة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية منخفضة النفاذية، مما يساعد على وصول الجريان السيلي إلى المصب في وقت قصير.

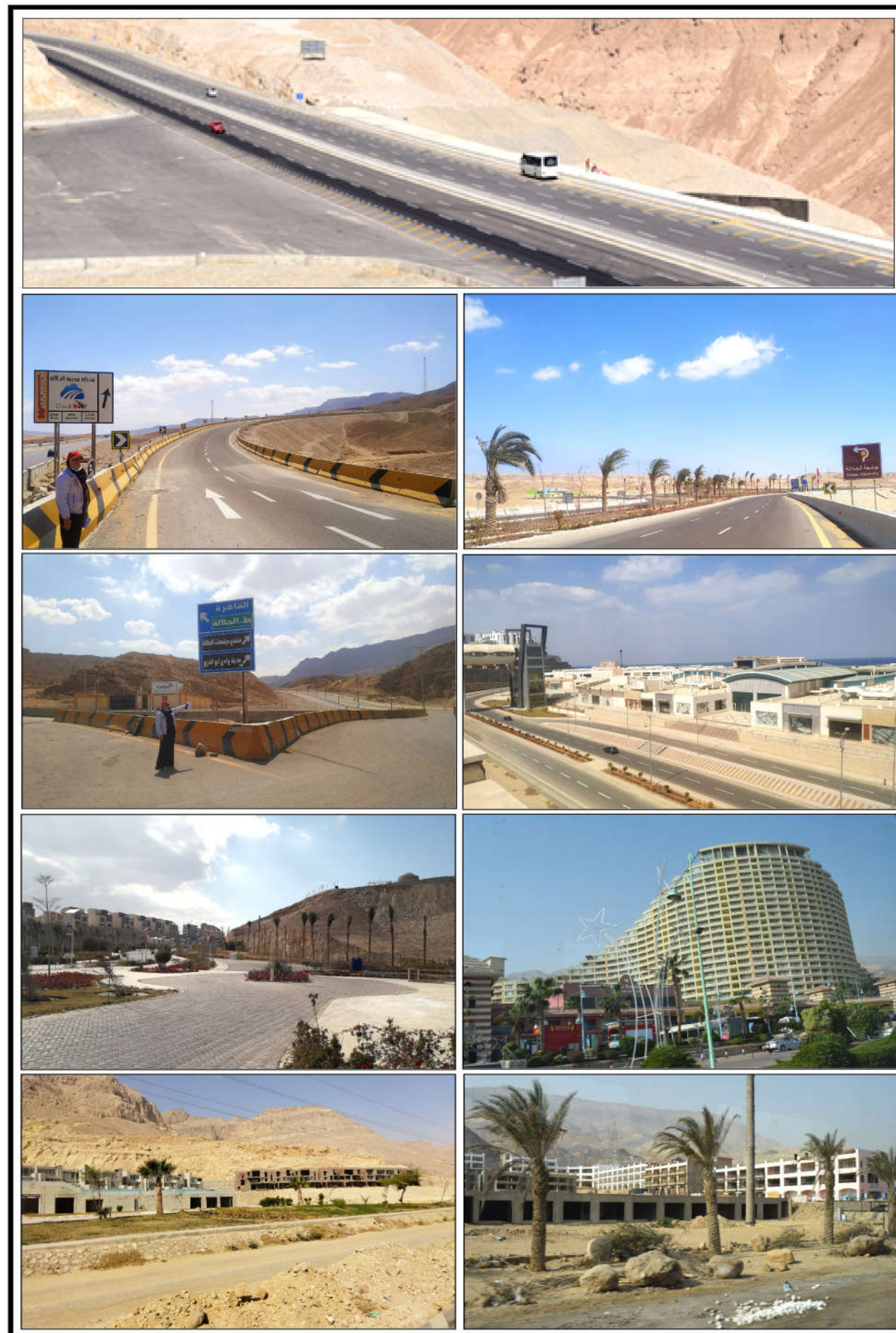
جدول ٣ : أنواع الترب الهيدرولوجية طبقاً لطريقة (SCS-CN)

المجموعات الهيدرولوجية للتربة	عمق الجريان	معدل التسرب (مم/ساعة)	نوع التربة والمجموعات الصخرية الرئيسية
A	منخفض	تسرب عالي أكبر من ٦٢,٧	طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة من الطمي والغرين (رواسب الزمن الرابع- رواسب الأودية)
B	متوسط	تسرب متوسط (٦٢,٧-٣,٨١)	طبقة رملية أقل عمقا من A
C	فوق المتوسط	تسرب منخفض (٣,٨١-١,٢٧)	طبقة صخرية مغطاة بطبقة من التربة
D	عالي	تسرب منخفض جدا أقل من ١,٢٧	طبقة صخرية عارية، صخور جرانيتية رمادية أو قديمة

Source: Elewa and Qaddah, 2011

### ج - أغطية واستخدامات الأرض:

تتمثل أغطية الأرض في الصخور والرواسب، بينما تتمثل استخدامات الأرض في الطرق العمران وأشكالها المختلفة (لوحة ١)، وجاءت الصخور في المرتبة الأولى، يليها الرواسب المفككة بالمرتبة الثانية ويغطيان معا ٩٦,٧٪، ويمثل العمران والطرق ٣,٣٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة وجاءت في المرتبة الثالثة (شكل ٤/ب)، وقد انعكس ذلك على كبر مساحة المناطق التي تتسم بالنفاذية المنخفضة، مما ساعد على انخفاض زمن التركيز، وحدوث جريان سطحي مرتفع بمعظم أحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية.



المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠٢١ و ٢٠٢٢

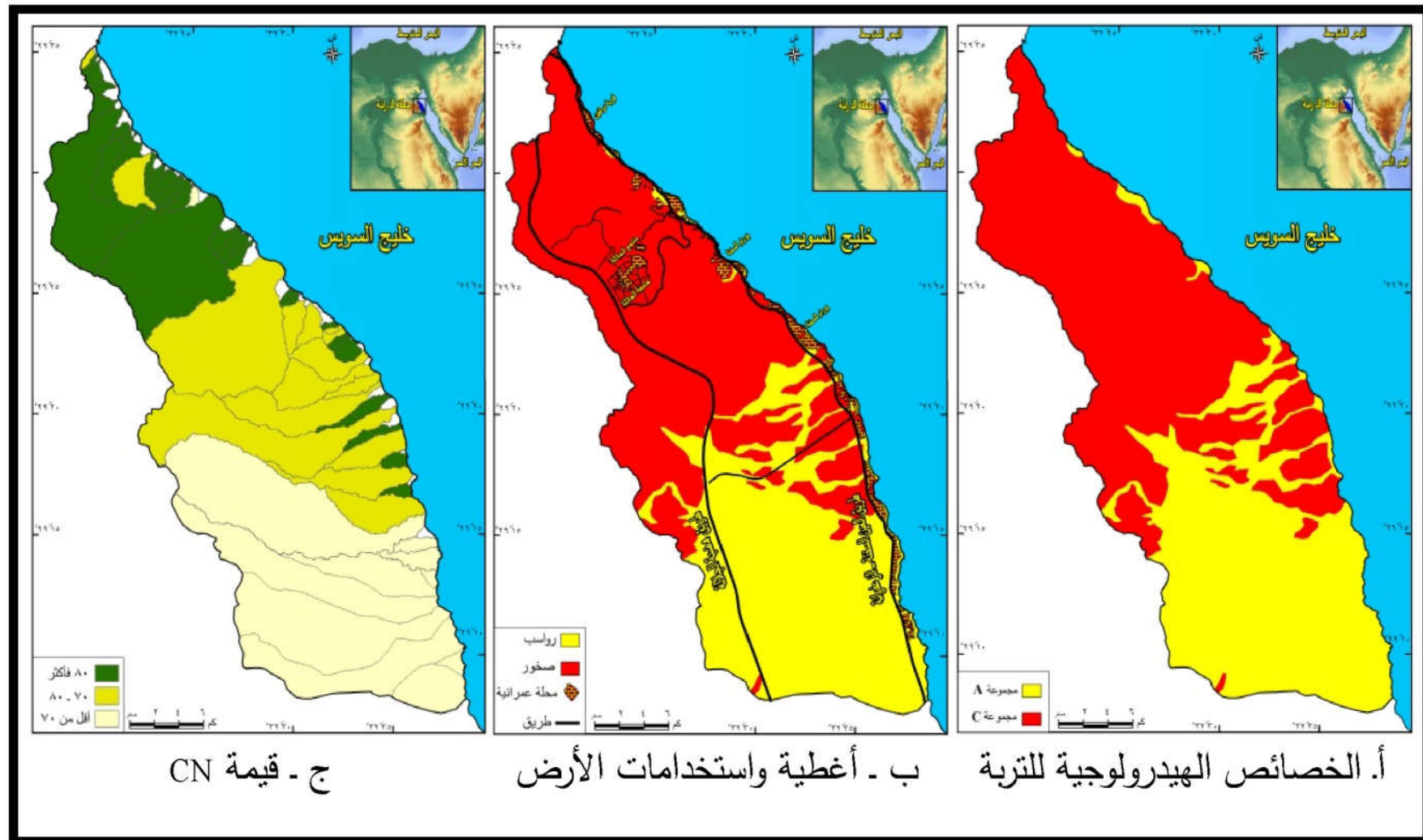
لوحة ١: استخدامات الأرض بمنطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية



يتضح من التحليل السابق لمدخلات حساب قيم CN والموضح نتائجها في

جدول (٤) وشكل (٤/ج) ما يلي:

تراوحت قيم الأرقام المنحنية CN بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة بين ٦٣,٠ و ٨٨,٦٧، وبناءً على هذا التباين تم التصنيف إلى أحواض تصريف أقل من ٧٠ وتشمل ١١ حوض فقط ومعظمهم يقع في جنوب منطقة الدراسة والتي تغطيها الرواسب ذات النفاذية العالية، حيث تغطي مساحة تبلغ ٤٢,٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة، أما الفئة الثانية والتي تتراوح بين ٧٠ و ٨٠ فتشمل ١٥ حوض تصريف وتغطي ٣٣,٩٪ من إجمالي مساحة المنطقة، وتنتشر الغالبية العظمى منها في الوسط واثنان فقط في الشمال، أما الفئة الثالثة ٨٠ فأكثر فتغطي أكثر من نصف عدد الأحواض (٥٣,٦٪) ولكنها تغطي ربع مساحة المنطقة تقريباً (٢٣,٩٪). وتغطي معظمها النصف الشمالي من الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية. ويعنى ذلك أن الغالبية العظمى من الأمطار الساقطة بالفئة الثالثة تتحول إلى جريان سطحي، مما يجعلها أكثر الفئات خطورة.



المصدر: اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية مقياس ١:٩٨٧ ٥٠٠٠٠٠ (كونكو) والمرئيات الفضائية Sentinel-2 عام ٢٠٢٣ باستخدام برنامجي WMS 11.1 و ARC GIS 10.8.1

شكل ٤: بعض الخصائص الهيدرولوجية وأغطية التربة واستخداماتها بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

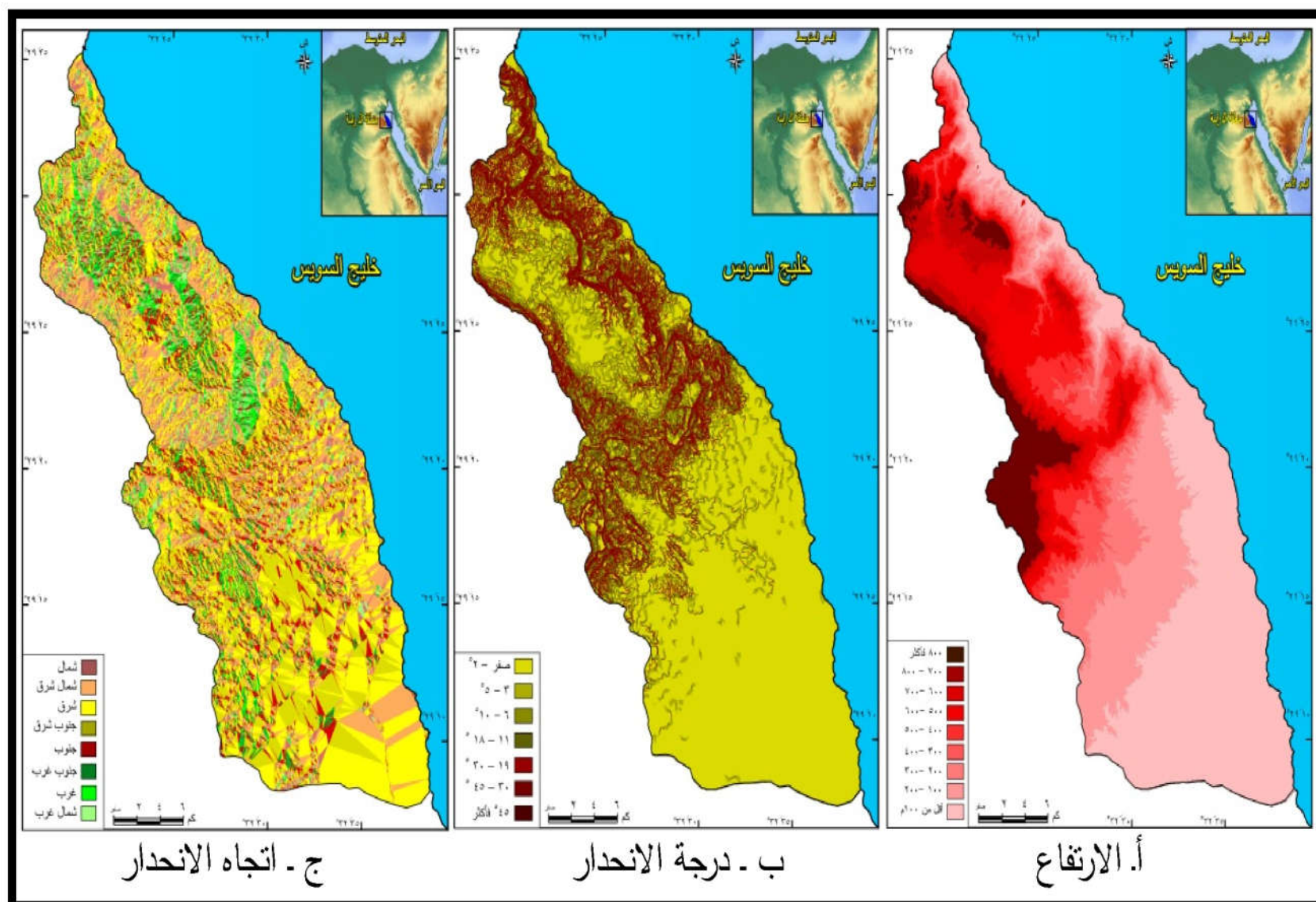
جدول ٤: توزيع فئات أحواض التصريف طبقاً لقيم CN بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

الفئات	الأعداد	%	المساحات (كم <sup>٢</sup> )	%
أقل من ٧٠	١١	١٩,٦	٣٠٩,٧	٤٢,٢
٧٠ - ٨٠	١٥	٢٦,٨	٢٤٨,٤	٣٣,٩
٨٠ فأكثر	٣٠	٥٣,٦	١٧٥,٨	٢٣,٩

المصدر: اعتماداً على شكل (٤) باستخدام برنامج WMS نموذج HEC-1

## ٢- الخصائص التضاريسية:

تعد خصائص السطح مؤشرات ومحددات طبيعية رئيسة لزمن التركيز، مما يساعد على التنبؤ بخصائص الجريان السيلي، ومن ثم تحديد وتقييم وسائل الحماية المناسبة التي تتناسب مع حجم وسرعة الجريان السيلي، خاصة مع تنوع الخصائص التضاريسية بمنطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية سواء في الارتفاعات أو درجة واتجاه الانحدار (شكل ٥) و(جدول ٥) و (لوحة ٢).



المصدر: اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠، عام ٢٠٠٩ ونموذج الارتفاعات الرقمية

ARC GIS 10.8.1 باستخدام برنامج SRTM-1

شكل ٥: الخصائص التضاريسية بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

جدول ٥: تصنيف الخصائص التضاريسية بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

درجة الانحدار			اتجاه الانحدار			الارتفاع			
المساحة		الفئات (بالدرجات)	المساحة		الاتجاه	المساحة		فئات الارتفاع (م)	
(%)	(كم <sup>٢</sup> )		(%)	(كم <sup>٢</sup> )		(%)	(كم <sup>٢</sup> )		
٥٤,٨	٤٠١,٢٣	مستوى	٢-٠	١٠,٢	٧٥,١٢	شمال	٣٦,١	٢٦٤,٥٠	أقل من ١٠٠
٨,٧	٦٤,١٧	لطيف	٥-٣	١٨,٢	١٣٣,٤٤	شمال شرق	١٦,٣	١١٩,٣٥	-١٠٠ ٢٠٠
٧,٠	٥١,٧٠	متوسط	١٠-٦	٢٥,٥	١٨٦,١٨	شرق	٧,٧	٥٦,٣٤	-٢٠٠ ٣٠٠
١٠,٩	٨٠,٢٢	فوق متوسط	١٨-١١	١٩,٧	١٤٤,٧٥	جنوب شرق	٥,٨	٤٢,٨٠	-٣٠٠ ٤٠٠
١٢,٣	٨٩,٩٠	شديد	٣٠-١٩	١٠,٤	٧٦,٥٢	جنوب	٦,٣	٤٦,٢٦	-٤٠٠ ٥٠٠
٥,٣	٣٩,٢٠	شديد جداً	٤٥-٣١	٦,٢	٤٥,٢٠	جنوب غرب	٧,٩	٥٨,١٨	٥٠٠ ٦٠٠ -
١,٠	٧,١١	رأسي	٤٥ فأكثر	٤,٤	٣٢,٦١	غرب	٧,٢	٥٢,٨٠	-٦٠٠ ٧٠٠
				٥,٤	٣٩,٧١	شمال غرب	٥,٣	٣٨,٧٨	-٧٠٠ ٨٠٠
							٧,٤	٥٤,٥٢	٨٠٠ فأكثر
١٠٠	٧٣٣,٥٣	المجموع		١٠٠	٧٣٣,٥٣	المجموع	١٠٠	٧٣٣,٥٣	المجموع

المصدر: اعتماداً على (شكل ٥) استخدام برنامج ARC GIS10.8.1

يتبين من تحليل شكل (٥) وجدول (٥) ما يلي:

- يتسم سطح منطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية بالتنوع الواضح في مناسيب سطح الأرض (لوحة ٢)، ويزداد الارتفاع تدريجياً بالاتجاه غرباً حتى الوصول لخط تقسيم المياه، حيث يبدأ من منسوب صفر والذي يمثله خط الساحل في الشرق إلى منسوب ١٢٦٢م بالمنحدرات الغربية، حيث تشغل المناطق التي تقع دون منسوب ٢٠٠م، أكثر من نصف مساحة منطقة الدراسة (٥٢,٤٪)، وتغطي المراوح الفيضية والقطاع الأدنى من الأودية، في حين تضم المناطق التي يتراوح منسوبها بين ٢٠٠ و ٨٠٠م نسبة ٤٠,٢٪، وتمثل حضيض منحدرات الحافة الصدعية الرئيسية، ومعظم سطح الهضبة، أما المناطق التي يزيد منسوبها على ٨٠٠م تشغل مساحة بنسبة ٧,٤٪، وتغطي الحواف الغربية، وتمثل القمم الجبلية التي تتبع منها العديد من روافد الأودية وخاصة شمال غرب منطقة الدراسة.



المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠٢١ و ٢٠٢٢

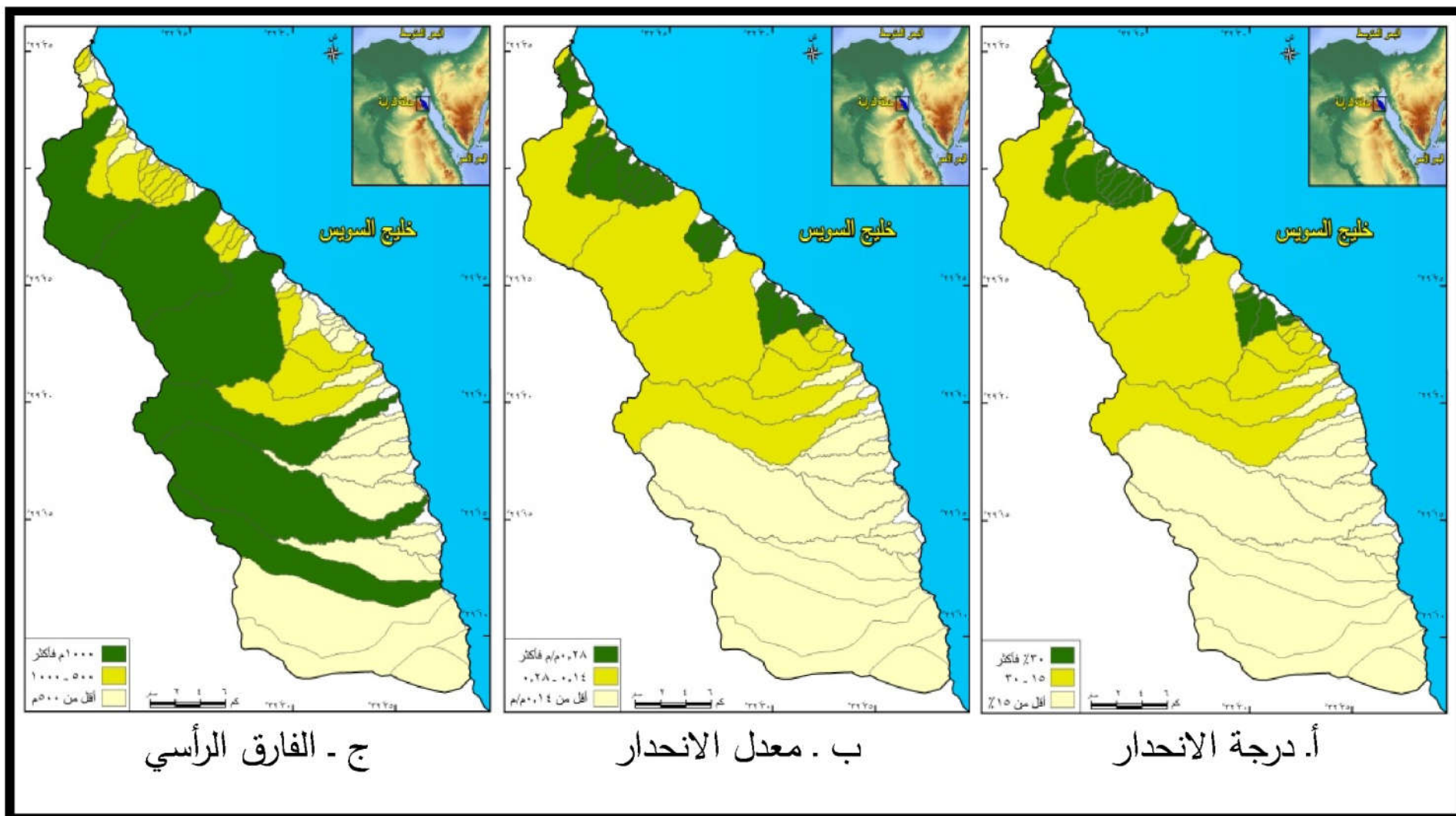
لوحه ٢: التنوع في الخصائص التضاريسية بمنطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

- ينحدر سطح منطقة الدراسة بصفة عامة إلى الشرق وجنوب شرق وشمال شرق، بنسبة تراوحت بين ١٨,٢٪ و ٢٥,٥٪، وهذا الاتجاه يتفق مع الاتجاه الطبيعي للجريان السطحي، حيث تتجه الأودية من الغرب إلى الشرق بصفة عامة لتصب في خليج السويس. أما الاتجاهات الأخرى تتراوح بين ٤,٤ و ١٠,٤٪ وهي في الغالب تتجه إلى بطون الأودية المنتشرة بمنطقة الدراسة.
- تشغل المناطق المستوية المرتبة الأولى بنسبة ٥٤,٨٪، وتتركز في المراوح الفيضية، وسطح الهضبة، والقطاع الأدنى للأودية وعلى قيعان ومصبات روافد الأودية. في حين تغطي المناطق شديدة الانحدار المرتبة الثانية نسبة ١٢,٣٪،

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

وتظهر على المنحدرات العليا والوسطى على الحافات الجبلية والتي تمثل منابع الروافد، والقمم الجبلية في قطاعاتها العليا، في حين تشغل الجروف الرأسية الحافات الصدعية والقمم الجبلية التي تظهر في معظم قطاعاتها على هيئة حوائط رأسية، وهي تمثل نسبة محدودة جداً، لا تتجاوز ١,٠٪ وتنتشر بشكل واضح في شمال غرب منطقة الدراسة.

واستناداً إلى ذلك فإن المناطق الواقعة شمال وشمال غرب منطقة الدراسة تتسم بانخفاض زمن التركيز بها، ومن ثم زيادة سرعة الجريان السطحي، أما باقي المناطق وخاصة الجنوبية يمكن اعتبارها تجاوزاً تتسم بزيادة زمن التركيز، مما جعلها أقل الأحواض احتمالية لحدوث جريان سطحي سريع، لتزيد فيه معدلات الفاقد من التبخر والتسرب ووصوله إلى مخرجه في فترة زمنية طويلة. كما تبين من دراسة أهم الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف، والتي لها تأثير مباشر على زمن التركيز، والتي تم تحديدها اعتماداً على المتغيرات المؤثرة فيه (شكل ٦، و (جدول ٦) .



المصدر: اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠، عام ٢٠٠٩ و نموذج الارتفاعات الرقمية

ARC GIS 10.8.1 WMS 11.1 باستخدام برنامجي SRTM-1

شكل ٦: الخصائص التضاريسية المؤثرة في زمن التركيز بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

جدول ٦: توزيع فئات أحواض التصريف طبقاً لأهم المتغيرات التضاريسية المؤثرة في

زمن التركيز بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

المتغيرات	الفئات	عدد الأحواض	%	مساحة الأحواض (كم <sup>٢</sup> )	%
درجة الانحدار (%)	أقل من ١٥	١٨	٣٢,١	٣٦٦,٧	٥٠,٠
	١٥ - ٣٠	١٥	٢٦,٨	٣١٣,٦	٤٢,٧
	٣٠ فأكثر	٢٣	٤١,١	٥٣,٦	٧,٣
معدل الانحدار (م/م)	أقل من ٠,١٤	١٨	٣٢,١	٣٦٦,٧	٥٠,٠
	٠,١٤ - ٠,٢٨	١١	١٩,٦	٣٠٨,٦	٤٢,٠
	٠,٢٨ فأكثر	٢٧	٤٨,٣	٥٨,٦	٨,٠
الفارق الرأسى (م)	أقل من ٥٠٠	٢٧	٤٨,٢	٢٤٠,٢	٣٢,٧
	٥٠٠ - ١٠٠٠	٢٣	٤١,١	٩٨,٦	١٣,٥
	١٠٠٠ فأكثر	٦	١٠,٧	٣٩٥,١	٥٣,٨

المصدر: اعتماداً على (شكل ٦) باستخدام برنامجي WMS 11.1 و ARC GIS 10.8.1

يتضح من تحليل الشكل (٦) و الجدول (٦) ما يلي:

تعد درجة ومعدل الانحدار والفارق الرأسى من أهم الخصائص التضاريسية المؤثرة في زمن التركيز. حيث تتباين بشكل كبير داخل أحواض التصريف بمنطقة الدراسة. وتمثل الفئة الأولى أقل القيم، ولكن أكبرها في مدة زمن التركيز لكل من درجة ومعدل الانحدار، حيث بلغت النسبة لعدد الأحواض ٣٢,١ لكل منهما، وبالنسبة لإجمالي المساحة فبلغت ٥٠,٠% لكل منهما، أما العلاقة بين الفارق الرأسى وزمن التركيز فالعلاقة طردية، حيث سجلت نسبة ٤٨,٢% من عدد الأحواض، وعلى الرغم من كبر نسب أعدادها، سجلت ٣٢,٧% من نسبة مساحة الأحواض فقط، أما الفئة الثالثة والتي تمثل أعلى قيم للخصائص التضاريسية، حيث بلغت ٤١,١% لدرجة الانحدار و ٤٨,٣% لمعدل الانحدار وذلك بالنسبة لعدد الأحواض، أما بالنسبة لإجمالي مساحات الأحواض، فبلغت ٧,٣% و ٨,٠% على الترتيب، وهي تمثل بذلك أقل النسب لإجمالي مساحات الأحواض، والعكس بالنسبة للفارق الرأسى حيث سجل أقل نسبة للعدد وأكبر نسبة لمساحة الأحواض إذ بلغت ١٠,٧% و ٥٣,٨% على التوالي.

واعتماداً على ذلك فإن الأحواض التي تقع في الفئة الثالثة بالنسبة لكل من معدل ودرجة الانحدار، تتسم بانخفاض زمن التركيز بها، ومن ثم انخفاض معدلات الفاقد من التبخر والتسرب ووصول الجريان السيلي إلى مخرجه في فترة زمنية قصيرة، أما الفئة الثالثة بالنسبة للفارق الرأسي فتعد أقل الأحواض احتمالية لحدوث جريان سطحي نظراً لارتفاع زمن التركيز بها، ومن ثم فقد جزء كبير من المياه الجارية سواء بالتبخر أو التسرب، حيث تأخذ مياه الأمطار وقتاً أطول حتى تصل للمصب، والتي تقل تدريجياً في الفئة الثانية ثم الفئة الأولى. ومن الجدير بالذكر أنه يمكن تجاهل الفارق الرأسي، ويعزي السبب إلى أنه لا يضع في الاعتبار المسافة الأفقية بين أعلى وأدنى منسوب، وبالتالي لا يعطي الصورة الحقيقية لزمن التركيز.

### ٣- الخصائص المناخية<sup>(١)</sup>:

- **درجة الحرارة:** بلغ المتوسط السنوي لدرجات الحرارة بمنطقة الدراسة  $23,3^{\circ}\text{م}$ ، مع ارتفاعها في فصل الصيف، حيث بلغت  $30,1^{\circ}\text{م}$ ، ليصل أعلى معدل للتبخر  $17,4\text{مم}$ ، في حين بلغت درجة الحرارة في فصل الشتاء  $16,2^{\circ}\text{م}$ ، مما أدى إلى انخفاض معدلات التبخر، ليبلغ  $11,5\text{مم}$ ، ولا شك أن هذا التفاوت الحراري يؤثر كثيراً في حدوث تمدد أو انكماش في الجزء الأعلى من الصخور المكونة لأشكال السطح من خلال توسيع فتحات الشقوق والفواصل، وما يصاحب ذلك من ارتفاع نفاذية الصخر، كما أدى ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة التبخر على المنطقة؛ مما يؤثر بشكل مباشر على زمن التركيز لزيادة كمية الفوائد سواء بالتسرب أو التبخر.
- **الأمطار:** بلغ الإجمالي السنوي لكمية الأمطار الساقطة على محطة السويس  $13,5\text{مم}$ ، وتسقط أكبر كمية مطر في فصل الشتاء  $8,3\text{مم}$ ، بسبب كثرة المنخفضات الجوية عن باقي فصول السنة، وعلى الرغم من انخفاضها وعدم انتظام سقوطها إلا أن تركيزها في فصل الشتاء، وهو فصل انخفاض درجة الحرارة يزيد من فاعليتها، يليه فصل الربيع  $0,8\text{مم}$ ، ثم الخريف  $0,7\text{مم}$ ، وتكاد تنعدم في فصل الصيف. ومن الجدير بالذكر أنه بالرغم من

<sup>(1)</sup> مصدر البيانات المناخية، هيئة الأرصاد الجوية، محطة السويس، من 1979 إلى 2020م.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

انخفاض كمية التساقط بمنطقة الدراسة، إلا أنه يتسم بعدم الانتظام، وتركز فترته، ومكان حدوثه، وسقوط الكمية خلال فترة قصيرة له أثره الكبير على زمن التركيز وعملية الجريان السيلي (صابر، ٢٠٠٧).  
ويتضح من تحليل جدول (٧) أنه بلغ أدنى قيمة للمطر القصوى ١,٦٨ مم عام ١٩٩٨م بينما أكبر قيمة للمطر القصوى ٦٦,٦ مم عام ٢٠١٩. وقد تم تحديد التوزيع الإحصائي لعمق المطر بمحطة السويس في الفترة بين ١٩٧٩ و ٢٠٢٠ بالاعتماد على طريقة Normal، والتي سيتم استخدامها لحساب هيدروجراف المياه في العاصفة المطيرة، وذلك من خلال تطبيق المعادلة التالية من خلال التحليل الإحصائي للبيانات بواسطة برنامج HyFran

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

جدول ٧: أكبر كمية مطر يومية بمحطة السويس للفترة بين ١٩٧٩-٢٠٢٠

السنة	اليوم	أقصى كمية مطر مم	السنة	اليوم	أقصى كمية مطر مم	السنة	اليوم	أقصى كمية مطر مم
١٩٧٩	٢/٧	٦,٩٨	١٩٩٣	١١/٣	٨,٢٠	٢٠٠٧	٢/٢٥	٥,٥٠
١٩٨٠	١٢/٢٦	١٢,٧٢	١٩٩٤	٥/٢٨	٥,٨٩	٢٠٠٨	٢/٢٧	٣,٢٨
١٩٨١	١٠/٢٩	٥,٩٩	١٩٩٥	٥/١٤	٥,٩٢	٢٠٠٩	١/١٨	٤١,٠٠
١٩٨٢	١/٢٥	١٢,٠٧	١٩٩٦	١٠/١٨	٧,٦١	٢٠١٠	١/١٧	٩,٧١
١٩٨٣	٢/٢	٤,٩٢	١٩٩٧	٥/١٠	٢٧,٥٢	٢٠١١	١٢/٢٤	١٣,٢١
١٩٨٤	١١/٢٤	١٠,٠٥	١٩٩٨	٢/٣	١,٦٨	٢٠١٢	١٢/١٣	٩,٩٢
١٩٨٥	١٢/١٧	٢٤,١٨	١٩٩٩	١٢/٩	٧,٥٥	٢٠١٣	١/٩	١٧,٨٩
١٩٨٦	٤/١	٥,٧٧	٢٠٠٠	٣/١٣	٥,٩٧	٢٠١٤	١١/١٤	١٢,١
١٩٨٧	١٢/٢٣	٦,٦٢	٢٠٠١	١/١٠	١٠,٠٧	٢٠١٥	٢/٣	٥,٢٥
١٩٨٨	١٢/٢٤	١٦,٣٥	٢٠٠٢	٣/٢٥	٤,٠٩	٢٠١٦	١٠/١٥	٧,٥٣
١٩٨٩	١/٢٦	٢٩,٧٩	٢٠٠٣	١/٢٢	٩,٧٩	٢٠١٧	١/٢٥	٩,٨٢
١٩٩٠	٣/٢٢	٣٦,٢٩	٢٠٠٤	١٢/٢٥	٣,١١	٢٠١٨	١٢/١٠	١٠,٧٨
١٩٩١	١/١	٩,٥٥	٢٠٠٥	٣/٢٨	١١,٦٧	٢٠١٩	٣/١٢	٦٦,٦
١٩٩٢	٢/٣	١١,٩٦	٢٠٠٦	٣/١٥	٥,١٠	٢٠٢٠	١٢/١٣	٨,٩١

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية ، بيانات غير منشورة

ويلاحظ من تحليل (جدول ٨) أن عمق الأمطار للأزمنة التكرارية المختلفة تتناسب طردياً مع الأعوام، حيث تراوح عمق الأمطار المحتمل بين ١٢,٦ مم/اليوم بعد عامين لتزيد إلى ٣٢,٥ مم/اليوم بعد ٢٠ عام لتزيد مرة أخرى إلى ٤٠,٨ مم/اليوم بعد ١٠٠ عام.



ونظرا لعدم توافر بيانات توضح الشدة المطرية بمحطة السويس، لذا تم اشتقاق IDF Curve بالاعتماد على بيانات الامطار اليومية السابقة، وطريقة SCS الخاصة بهيئة حماية التربة الأمريكية في تصميم العاصفة المطرية بالاعتماد على طريقة Type IA 24 hours وهى الطريقة الانسب للمناطق الجافة وشبه الجافة مع الأخذ فى الاعتبار خصائص التربة والوحدات الهيدرولوجية المكونة لمنطقة الدراسة كأحد مدخلات نموذج HEC-1 للحصول على CN ليعبر عن مدى نفاذية مياه الأمطار والذي يعد أهم المتغيرات فى الحصول على زمن التركيز داخل نموذج HEC-1 (عبد الحميد، ٢٠٢٢).

وقد تم اختيار أعلى قيمة للأمطار اليومية من التوزيعات السابقة، وإجراء عملية تصحيح القيم بمعامل الأمان قدره ١,١٤، مع مراعاة أن التساقط المطري في الفترة التي تتراوح أزمته عودتها بين عامين إلى خمسة أعوام تعبر عن إمكانية شحن خزان المياه الجوفية لأغراض التنمية المستقبلية وتوفير الموارد المائية اللازمة والتي تراوحت بين ١٣,٧٨ مم بعد عامين و ٢٣,٤٨ مم بعد خمس أعوام، وكلما ابتعد المدى الزمني التكراري ليعبر ذلك عن احتمالية عالية للأمطار عالية الشدة في الجريان السيلي وهي تلك التي تتراوح فترة عودتها بين ٢٠ و ١٠٠ عام والتي تراوحت بين ٣٧,٣٩ مم بعد ٥٠ عاماً و ٤٠,٤٧ مم بعد ١٠٠ عاماً.

كما تم حساب قيمة الأمطار للمدة الزمنية ١٠، ٢٠، و ٣٠ دقيقة و ١، ٢، و ٣، و ٦، و ١٢، و ٢٤ ساعة كنسبة من قيمة المطر اليومية السابق حسابها للأزمنة التكرارية المختلفة بالاعتماد على Bells Ratio والتي تراوحت بين ٠,٢ و ٠,٢ بأول عشر دقائق ليبلغ مع مرور ساعة واحدة ٠,٤٣٥ ليزيد بعد مرور يوم كامل ليبلغ ١,٠، ليتم استنتاج قيم عمق المطر من خلال تطبيق المعادلة التالية :  $D = (I-T)/60$  من خلال التحليل الإحصائي للبيانات بواسطة برنامج HyFran.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

جدول ٨: عمق الأمطار لفترات الرجوع المختلفة لمحطة السويس

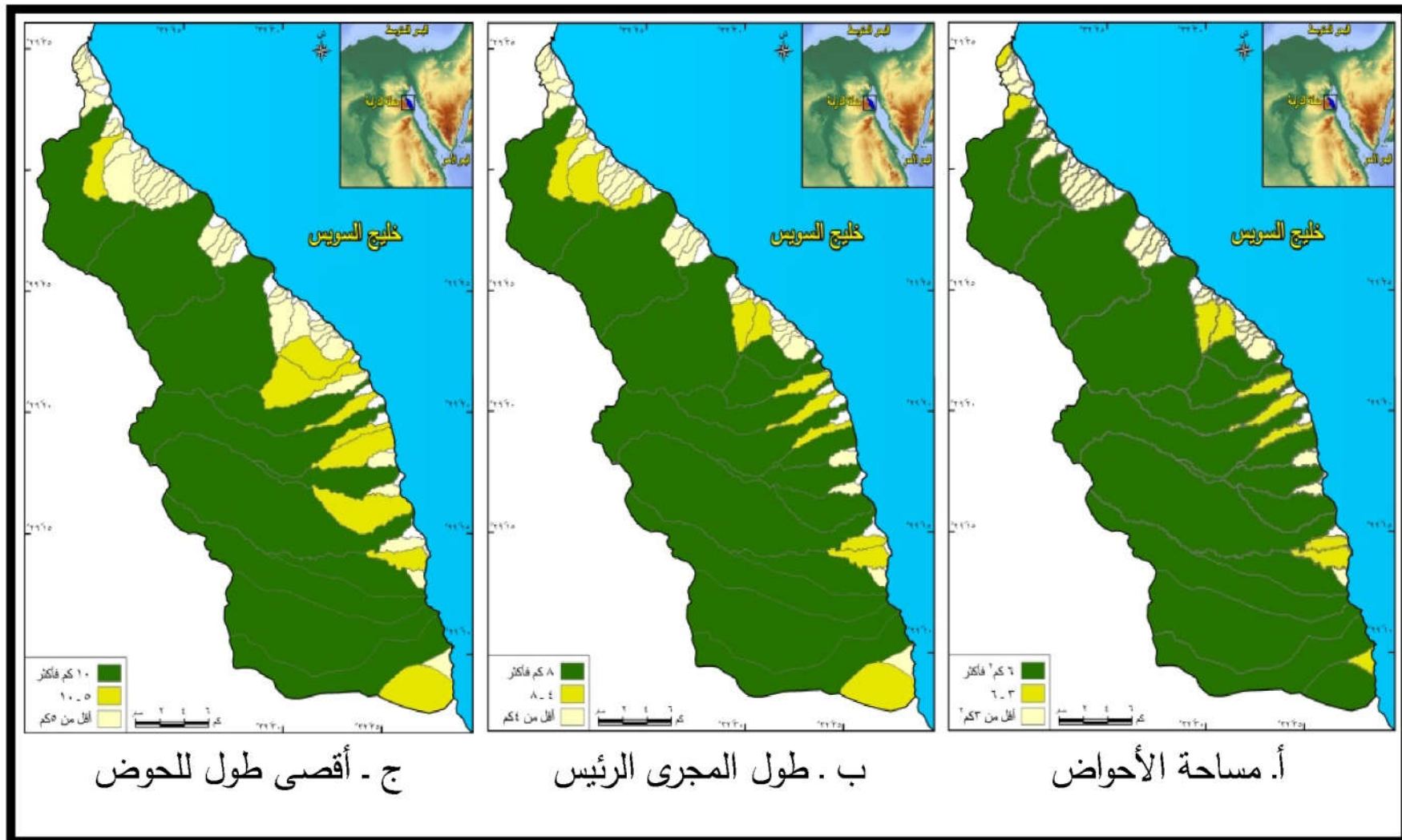
المدة الزمنية (بالدقائق)									فترات التردد
١٤٤٠	٧٢٠	٣٦٠	١٨٠	١٢٠	٦٠	٣٠	٢٠	١٠	
٤٠,٤٧	٣٥,٤٩	٣٠,٣٥	٢٥,٣٣	٢٢,٨٦	١٧,٦٠	١٣,٨٨	١١,٢٩	٨,٠٩	١٠٠
٣٧,٣٩	٣٢,٧٩	٢٨,٠٤	٢٣,٤٠	٢١,١٢	١٦,٢٦	١٢,٨٢	١٠,٤٣	٧,٤٧	٥٠
٣٣,٨٥	٢٩,٦٨	٢٥,٣٨	٢١,١٩	١٩,١٢	١٤,٧٢	١٣,٨٨	١٠,٤٣	٦,٧٧	٢٥
٣٢,٧١	٢٨,٦٨	٢٤,٥٣	٢٠,٤٧	١٨,٤٨	١٤,٢٢	١١,٢١	٩,١٢	٦,٥٤	٢٠
٢٨,٥	٢٤,٩٩	٢١,٣٧	١٧,٨٤	١٦,١٠	١٢,٣٩	٩,٧٧	٧,٩٥	٥,٧	١٠
٢٣,٤٨	٢٠,٥٩	١٧,٦١	١٤,٦٩	١٣,٢٦	١٠,٢١	٨,٠٥	٦,٥٥	٤,٦٩	٥
١٨,٦٩	١٦,٣٩	١٤,٠١	١١,٦٩	١٠,٥٥	٨,١٣	٦,٤١	٥,٢١	٣,٧٣	٣
١٣,٧٨	١٢,٠٨	١٠,٣٣	٨,٦٢	٧,٧٨	٥,٩٩	٤,٧٢	٣,٨٤	٢,٧٨	٢

المصدر : اعتمادا على جدول (٧) باستخدام برنامج HyFran.

ويتضح من تحليل الجدول (٨) أن عمق المطر يتناسب طردياً مع زيادة الفترات التكرارية كما يتناسب طردياً أيضاً مع المدة الزمنية لهطول المطر فيبلغ عمق المطر أول عامين ٢,٧٥ مم في العشر دقائق الأولى ليزيد إلى ١٧,٦٠ مم في الساعة الأولى ليلعب ٤٠,٤٧ بعد مرور ٢٤ ساعة، كما يبلغ عمق المطر بالفترة التكرارية الخامسة أول ٢٠ دقيقة ٦,٥٥ مم ليلعب بعد مرور ساعتين ٩,١٢ مم لتصل مع نهاية اليوم ٣٣,٨٥ مم، مع الأخذ في الاعتبار أنها كميات تغذي الخزان الجوفي ليبدأ بعد ذلك اشباع التربة بكميات أمطار تمثل بداية الجريان السيلي بالفترة التكرارية ٢٥، ويبلغ عمق الأمطار في الساعة الأولى ١٠,٢١ مم لتزيد بعد مرور ثلاث ساعات ليلعب ٤,٦٩ مم ومع مرور ٢٤ ساعة يبلغ عمق المطر ٢٣,٣٨ مم، ليلعب عمق المطر أقصى قيمة له في الفترة التكرارية ١٠٠ ليلعب ٨,٠٩ مم في العشر دقائق الأولى ليزيد مع نهاية العاصفة المطيرة ليلعب ١٣,٧٨ مم.

#### ٤- الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف:

تعد مساحات أحواض التصريف وأطوال المجاري الرئيسية وأقصى طول للأحواض من أهم الخصائص المورفومترية المؤثرة في زمن التركيز، وبالتالي على الجريان السيلي؛ فمن الطبيعي كلما زادت قيم هذه الخصائص، زاد معها زمن التركيز (صابر، ٢٠٠٧). وتم تحديدها على أساس العوامل المتغيرة المؤثرة في زمن التركيز والموضحة بالمعادلات السابق ذكرها (شكل ٧) و(جدول ٩):



المصدر: اعتمادًا على الخرائط الطبوغرافية مقياس 1: 500,000، ونموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج  
ARC GIS 10.8.1

شكل ٧: الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف المؤثرة في زمن التركيز بالحافة  
الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

جدول ٩: أهم المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف المؤثرة في زمن التركيز

المتغيرات	الفئات	الأعداد	%	المساحات (كم <sup>٢</sup> )	%
مساحة الأحواض (كم <sup>٢</sup> )	أقل من ٣	٢٨	٥٠,٠	٤١,٣	٥,٦
	٣ - ٦	١٠	١٧,٩	٤٠,٧	٥,٥
	٦ فأكثر	١٨	٣٢,١	٦٥١,٩	٨٨,٩
طول المجرى الرئيس (كم)	أقل من ٤	٣٠	٥٣,٦	٥١,٦	٧,١
	٤ - ٨	١٠	١٧,٩	٦١,١	٨,٣
	٨ فأكثر	١٦	٢٨,٥	٦٢١,٢	٨٤,٦
أقصى طول للحوض (كم)	أقل من ٥	٣٦	٦٤,٣	٧٧,٨	١٠,٦
	٥ - ١٠	٩	١٦,١	٩١,٣	١٢,٤
	١٠ فأكثر	١١	١٩,٦	٥٦٤,٨	٧٧,٠

المصدر: اعتمادًا على شكل (٧) باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.1

ويتبين من الشكل (٧)، وجدول (٩) أن الخصائص المورفومترية لأحواض  
التصريف بمنطقة الدراسة، تتفاوت بشكل كبير، حيث تتراوح مساحتها بين

٤٥٣ كم<sup>٢</sup> كأقل مساحة حوض تصريف و ٩٦,٣٠٨ كم<sup>٢</sup> كأكبر مساحة؛ ومع زيادة المساحة تزداد معظم الخصائص المورفومترية الأخرى محل الدراسة. وتمثل الفئة الأولى أقل القيم، ومن ثم أقل قيم زمن التركيز، وقد سجلت أعلى نسبة لعدد الأحواض من أطوال المجاري الرئيسة و أقصى طول للحوض، حيث بلغت ٥٣,٦% و ٦٤,٣% على الترتيب، وأقل نسبة في مساحات الأحواض ٥٠%، في المقابل سجلت أقل نسبة في مساحات الأحواض وطول المجرى الرئيس، إذا تراوحت بين ٥,٦ و ٧,١%. أما الفئة الثالثة والتي تمثل أعلى قيم للخصائص المورفومترية، تراوحت بين ١٩,٦ و ٣٢,١% بالنسبة لعدد الأحواض، وبين ٧٧,٠% لأقصى طول للحوض و ٨٨,٩% للمساحة بالنسبة لإجمالي مساحة الأحواض. واعتماداً على العلاقة الطردية بين تلك الخصائص وزمن التركيز، فإن الأحواض التي تقع في الفئة الثالثة، تتسم بزيادة زمن التركيز بها، ومن ثم فقد جزءا كبيرا من المياه الجارية سواء بالتبخر أو التسرب.

#### ٥- معدل تكرار العوامل المؤثرة في زمن التركيز:

يتبين من دراسة المتغيرات المؤثرة في زمن التركيز بأحواض التصريف بمنطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، وتصنيفها إلى فئات أن الفئة الثالثة في بعض العوامل، والتي تمثل أكبر القيم، مثل: مساحة حوض التصريف، وطول المجرى الرئيس، وأقصى طول للحوض، وأيضا الفارق الراسي هي أكثر الفئات احتمالية في زيادة زمن التركيز بها، فعندما تزيد قيم المتغيرات تزيد معها قيم زمن التركيز، ومن ثم تبقى المياه بأحواض التصريف لفترة طويلة، لتصبح المياه أكثر تعرضاً للتبخر والتسرب، أما باقي العوامل، مثل: درجة ومعدل الانحدار و CN، فتوجد علاقة عكسية، ومن ثم تمثل الفئة الأولى (أقل القيم) أكثر الفئات في زيادة زمن التركيز. وكما تبين من الدراسة عدم وجود قاعدة عامة في توزيع الأحواض بين الفئات في كل العوامل المؤثرة، حيث تبين أن بعض الأحواض تقع بالفئة الأولى في بعض العوامل في حين تقع بالفئة الثانية أو الثالثة في عوامل أخرى. وقد تم حساب معدل تكرار الأحواض بين الفئات اعتماداً على قيم تقلل من زمن التركيز وأخرى تزيد وأخرى وسط بين الاثنين، حيث تم تصنيفها إلى فئات اعتماداً على معدل التكرار إلى الآتي (جدول ١٠)، و(شكل ٨):

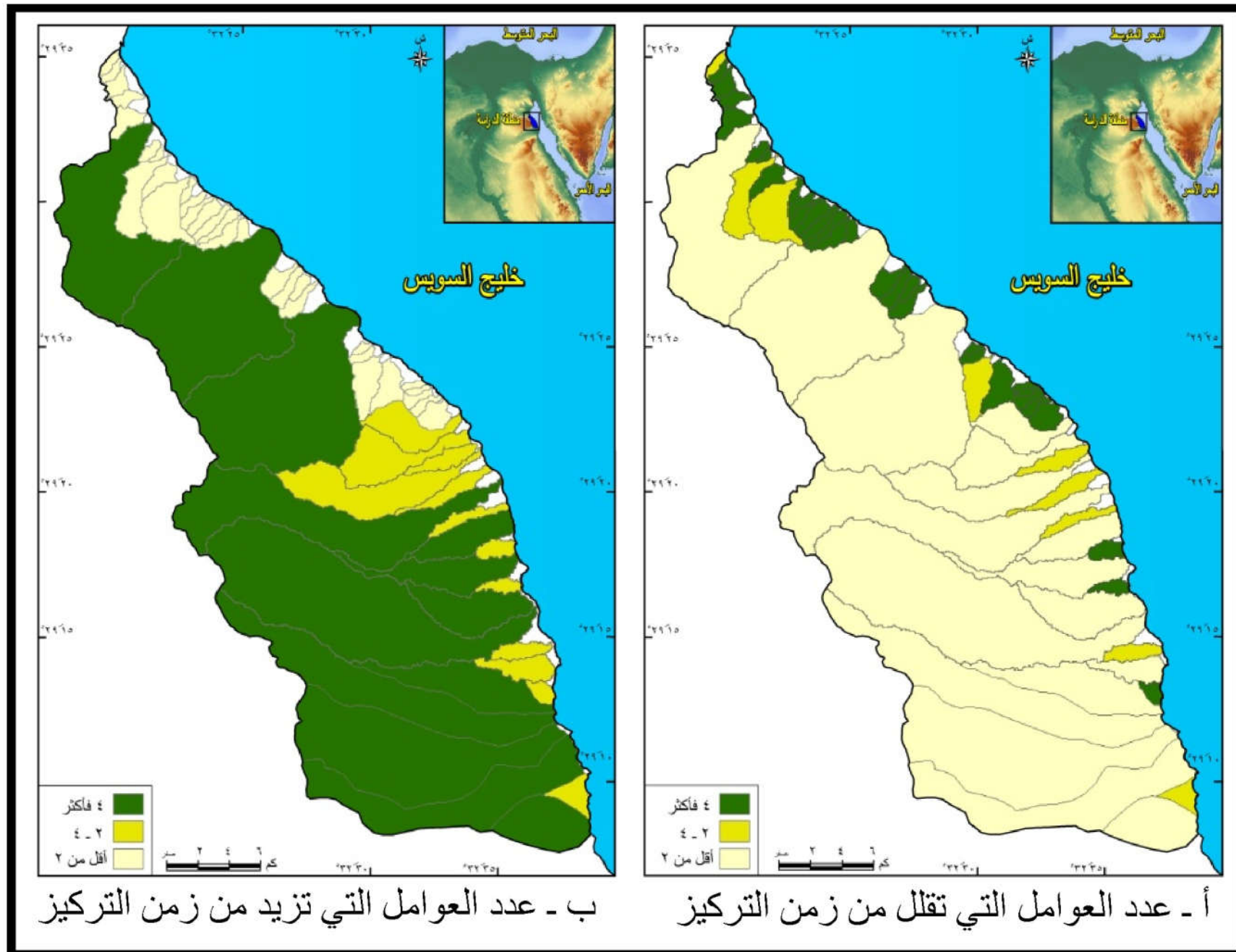
مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

جدول ١٠: معدل تكرار الأحواض بين المعاملات المؤثرة في زمن التركيز

بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

رقم الحوض	عوامل تقلل من زمن التركيز	عوامل تزيد من زمن التركيز	رقم الحوض	عوامل تقلل من زمن التركيز	عوامل تزيد من زمن التركيز
١	٢	٠	٢٩	٤	٠
٢	٦	٠	٣٠	٧	٠
٣	٧	٠	٣١	٦	٠
٤	٦	٠	٣٢	٥	٠
٥	٥	٠	٣٣	٥	٠
٦	١	٤	٣٤	٥	٠
٧	٧	٠	٣٥	٠	٢
٨	٤	٠	٣٦	٠	٢
٩	٣	١	٣٧	٢	٢
١٠	٦	٠	٣٨	٠	٣
١١	٣	١	٣٩	٢	٣
١٢	٦	٠	٤٠	٠	٤
١٣	٦	٠	٤١	٢	٢
١٤	٦	٠	٤٢	١	٤
١٥	٦	٠	٤٣	٥	٢
١٦	٦	٠	٤٤	١	٥
١٧	٦	٠	٤٥	٥	٢
١٨	٥	٠	٤٦	١	٤
١٩	٦	١	٤٧	٠	٧
٢٠	١	٤	٤٨	٢	٣
٢١	٦	٠	٤٩	١	٣
٢٢	٦	٠	٥٠	٤	٣
٢٣	٥	٠	٥١	١	٦
٢٤	٦	٠	٥٢	٠	٧
٢٥	٠	٤	٥٣	١	٦
٢٦	٦	٠	٥٤	١	٦
٢٧	٦	٠	٥٥	٣	٣
٢٨	٣	٠	٥٦	١	٤

المصدر: تم استخراجها عن طريق برنامج WMS11.1، وتم استبعاد الفئة الثانية (الوسطية) الواقعة بين العوامل التي تزيد والتي تقلل من زمن التركيز.



المصدر: اعتمادًا على جدول (١٠) باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.1

شكل ٨: معدل تكرار العوامل المؤثرة في زمن التركيز بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

يتبين من تحليل (شكل ٨) و (جدول ١٠) ما يلي:

أ - تكرارية العوامل التي تقلل من زمن التركيز:

- أحواض تصريف بها أكبر عدد من العوامل التي تقلل من زمن التركيز بها، إذ يبلغ معدل تكرارها ٤,٠ مرات فأكثر، وتضم ٣٠ حوض، بنسبة ٥٣,٦% من إجمالي عدد الأحواض، وبنسبة ٦,٦% من مساحة الأحواض، وسجل أكبر عدد بأحواض (٣ و ٧ و ٣٠) حيث بلغ عدد العوامل سبعة من سبعة عوامل تم تحديدها بالدراسة الحالية، وتغطي هذه الفئة الأحواض صغيرة المساحة المتاخمة لخليج السويس.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

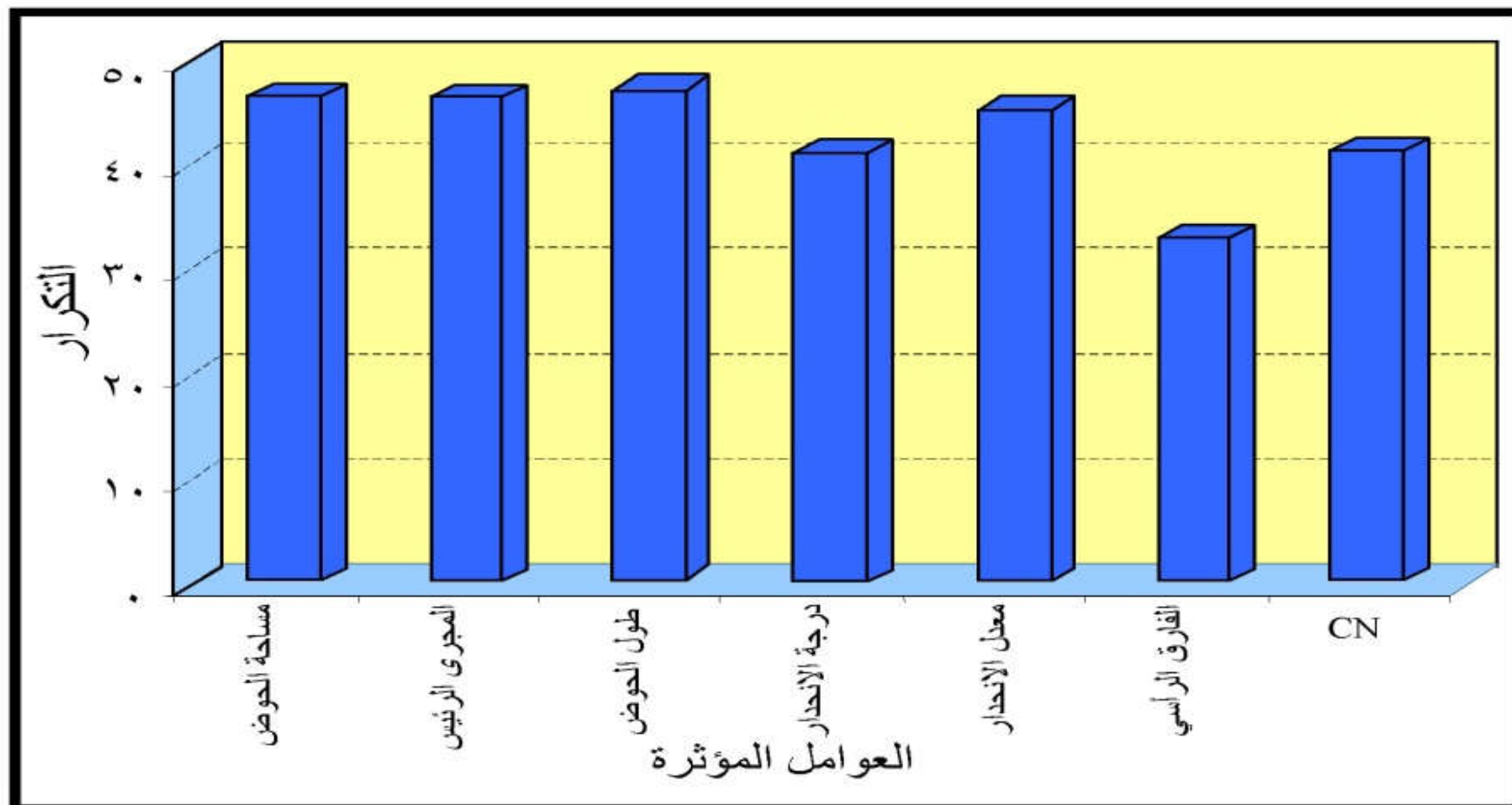
- أحواض يبلغ معدل تكرارها من ٢,٠ إلى أقل من ٤,٠ مرات، وتشمل ٩ أحواض تصريف، بنسبة ١٦,١٪ من إجمالي عدد الأحواض، وبنسبة ٦,١٪ من مساحة الأحواض، وتنتشر بالأحواض متوسطة المساحة.
- أحواض تصريف تتسم بوجود أقل عدد من العوامل تقلل من زمن التركيز بها، حيث يبلغ معدل تكرارها أقل من ٢,٠، وتضم ١٧ حوض تصريف، بنسبة ٣٠,٣٪ من إجمالي عدد الأحواض، وبنسبة ٨٧,٣٪ من مساحة الأحواض، وتنتشر في معظم الأحواض كبيرة المساحة، مع ملاحظة وجود بعض الأحواض لا تضم أي عوامل تؤدي إلى انخفاض زمن التركيز، حيث بلغ عددها ٧ أحواض بمساحة ٣٢٢,٢٣ كم<sup>٢</sup>، وهي: ٢٥ و ٣٥ و ٣٦ و ٣٨ و ٤٠ و ٤٧ و ٥٢ وتنتشر معظمها وسط منطقة الدراسة.

ب - تكرارية العوامل التي تزيد من زمن التركيز:

- أحواض تصريف تتسم بوجود أكبر عدد من العوامل التي تزيد من زمن التركيز بها، حيث يبلغ معدل تكرارها ٤,٠ مرات فأكثر، وتضم ١٣ حوض، بنسبة ٢٣,٢٪ من إجمالي عدد الأحواض، وبنسبة ٨٠,١٪ من مساحة الأحواض، وسجل أكبر عدد بحوضي ٤٧ و ٥٢، فبلغ عدد العوامل سبعة من سبعة عوامل تزيد من زمن التركيز، وتنتشر معظم هذه الفئة بالأحواض كبيرة المساحة، والتي تمتد من الشرق عند خط ساحل خليج السويس حتى الحدود الغربية لمنطقة الدراسة، وخاصة في الوسط والجزء الجنوبي من منطقة الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية.
- أحواض يبلغ معدل تكرارها من ٢,٠ إلى أقل من ٤,٠ مرات، وتشمل ١٢ حوض تصريف، بنسبة ٢١,٤٪ من إجمالي عدد الأحواض، وبنسبة ١٠,٨٪ من مساحة الأحواض، وتنتشر جميعها في وسط وجنوب منطقة الدراسة.
- أحواض تصريف تتسم بوجود أقل عدد من العوامل التي تزيد من زمن التركيز بها، حيث يبلغ معدل تكرارها أقل من ٢,٠، وتضم الغالبية العظمى

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

من أحواض التصريف بمنطقة الدراسة، إذ بلغت ٣١ حوض تصريف، بنسبة ٥٥,٤٪ من إجمالي عدد الأحواض، وبنسبة ٩,١٪ من مساحة الأحواض، وتنتشر بالأحواض صغيرة المساحة فقط، والغالبية العظمى منها تقع في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة، مع ملاحظة وجود معظم الأحواض في الفئة التي لا تضم أي عوامل تؤدي إلى ارتفاع زمن التركيز، حيث بلغ عددها ٢٨ حوض من إجمالي ٣١ حوض تصريف بمساحة ٤٩,٨ كم<sup>٢</sup>. استنادًا على التحليل السابق وشكل (٩) تبين أن أكثر العوامل تكرارا والتي لها تأثير كبير سواء في انخفاض زمن التركيز أو زيادته، هي: أقصى طول للحوض (٤٧)، ثم طول المجرى الرئيس ومساحة الحوض (٤٦ لكل منهما)، ومعدل الانحدار (٤٥)، وتأتي أقل العوامل المؤثرة وهي: درجة الانحدار و CN (٤١ لكل منهما) وأخيرًا أقل عامل مؤثر الفارق الرأسى (٣٣)، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة (Kosari et al., 2010)، وهي: في حالة زيادة درجة الانحدار تزداد أهمية المتغيرات الأخرى المؤثرة في زمن التركيز وخاصة طول الحوض وطول المجرى الرئيس.



المصدر: اعتمادًا على جدول (١٠). مع استبعاد الفئة الثانية (الوسطية) بين العوامل التي تزيد والتي تقلل من زمن التركيز.

شكل ٩: معدل تكرار العوامل المؤثرة في زمن التركيز



### ثالثاً - التقييم الجيوهيدرولوجي لقيم زمن التركيز:

اعتمد تقييم زمن التركيز في هذه الدراسة أربع معادلات فقط ، وهي: NRCS Velocity، و NRC Lag، و Kerby، و Kirpich، وتم اختيارهم بناءً على التحليل السابق والتي أكدت أنها أكثر المعادلات استخداماً ودقة في النتائج للبيئات المماثلة للبيئة المصرية، وتم استخراج القيم باستخدام برنامج WMS بتطبيق نموذج HEC-1 و نموذج TR-55، وفيما يلي دراسة تفصيلية لتلك المعادلات (جدول ١١) و (شكل ١٠) على النحو الآتي:

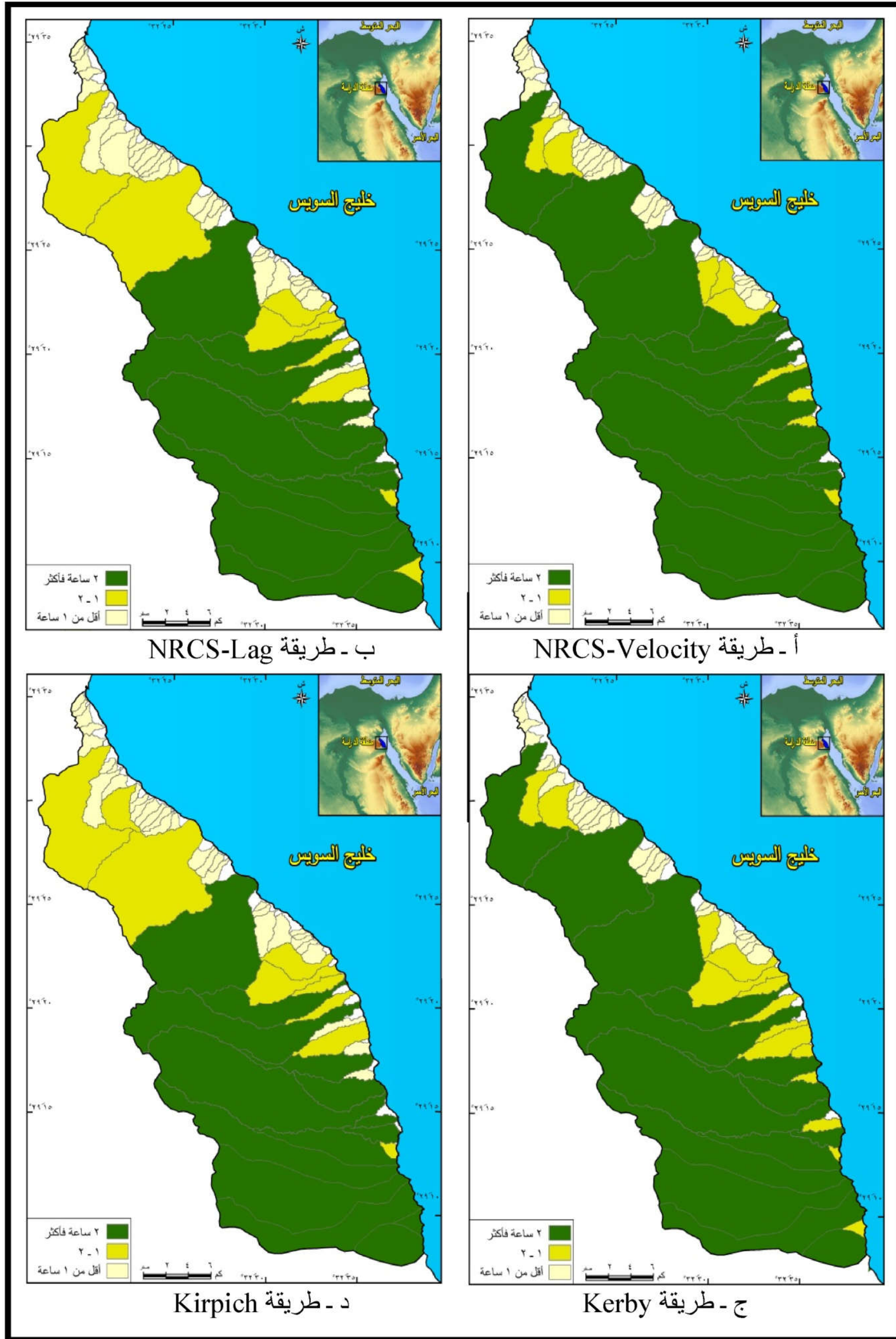
#### ١. زمن التركيز (NRCS Velocity و NRCS Lag):

يتشابه NRCS Velocity مع NRCS Lag باعتماده على العديد من المتغيرات سواء التضاريسية أو المورفومترية لأحواض التصريف، بالإضافة إلى معامل ماننج، ويتراوح زمن التركيز بطريقة NRCS Lag بين ٠,١٨ و ٧,٧٥ ساعة بمتوسط ١,٥ ساعة، وبطريقة NRCS Velocity بين ٠,٣٠ و ٨,١ ساعة بمتوسط ١,٩ ساعة، وتم تصنيف أحواض التصريف إلى الآتي:

جدول ١١: قيم زمن التركيز بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

رقم الحوض	NRCS Velocity ساعة	NRCS Lag ساعة	Kerby ساعة	Kirpich ساعة	المتوسط ساعة	المدى ساعة
١	٠,٨٧	٠,٥٢	٠,٨٧	٠,٤٨	٠,٦٩	٠,٣٩
٢	٠,٣٥	٠,٢١	٠,٥٤	٠,١٦	٠,٣٢	٠,٣٨
٣	٠,٥٧	٠,٣٤	٠,٧٧	٠,٣٢	٠,٥٠	٠,٤٥
٤	٠,٤٢	٠,٢٥	٠,٦٤	٠,٢١	٠,٣٨	٠,٤٣
٥	٠,٦٥	٠,٣٩	٠,٨٢	٠,٣٣	٠,٥٥	٠,٤٩
٦	٢,٤٢	١,٤٥	٢,٤٧	١,٦٩	٢,٠١	١,٠٢
٧	٠,٣٥	٠,٢١	٠,٥٤	٠,١٥	٠,٣١	٠,٣٩
٨	٠,٣٢	٠,١٩	٠,٥٧	٠,١٤	٠,٣١	٠,٤٣
٩	١,١٠	٠,٦٦	١,٢٣	٠,٢٨	٠,٨٢	٠,٩٥
١٠	٠,٨٤	٠,٥٠	٠,٧٥	٠,٢٥	٠,٥٩	٠,٥٩
١١	١,١٩	٠,٧١	١,١٣	١,٤٠	١,١١	٠,٦٩
١٢	٠,٣٧	٠,٢٢	٠,٥٩	٠,١٩	٠,٣٤	٠,٤٠
١٣	٠,٣٨	٠,٢٣	٠,٦٤	٠,٣٤	٠,٤٠	٠,٤١
١٤	٠,٤٢	٠,٢٥	٠,٦٤	٠,١٩	٠,٣٨	٠,٤٥
١٥	٠,٥٠	٠,٣٠	٠,٧٠	٠,٢٤	٠,٤٤	٠,٤٦
١٦	٠,٤٧	٠,٢٥	٠,٧١	٠,٢٢	٠,٤٢	٠,٤٩
١٧	٠,٧٢	٠,٤٣	٠,٧٢	٠,٢٦	٠,٥٣	٠,٤٦
١٨	٠,٦٣	٠,٣٨	٠,٨٣	٠,٣٢	٠,٥٤	٠,٥١
١٩	٠,٥٨	٠,٣٥	٠,٦٣	٠,٣٥	٠,٤٨	٠,٢٨
٢٠	٢,٥٤	١,٥٢	٢,٢٣	١,٥٤	١,٩٦	١,٠٢
٢١	٠,٥٢	٠,٣١	٠,٧٣	٠,٢٦	٠,٤٦	٠,٤٧
٢٢	٠,٤٨	٠,٢٩	٠,٦٩	٠,٢٤	٠,٤٣	٠,٤٥
٢٣	٠,٤٠	٠,٢٤	٠,٦٥	٠,١٧	٠,٣٧	٠,٤٨
٢٤	٠,٥٧	٠,٣٤	٠,٧٦	٠,٣١	٠,٥٠	٠,٤٥
٢٥	٣,٣٩	٢,٠٣	٢,٢٣	٢,٢٢	٢,٤٧	١,٣٦
٢٦	٠,٣٠	٠,١٨	٠,٥٢	٠,١٢	٠,٢٨	٠,٤٠
٢٧	٠,٤٢	٠,٢٥	٠,٥٨	٠,٢١	٠,٣٧	٠,٣٧
٢٨	١,٢٠	٠,٧٢	١,٠٣	٠,٧٣	٠,٩٢	٠,٤٨
٢٩	١,٠٢	٠,٦١	٠,٩٠	٠,٥٨	٠,٧٨	٠,٤٤
٣٠	٠,٣٧	٠,٢٢	٠,٥٠	٠,١٧	٠,٣٢	٠,٣٣
٣١	٠,٤٨	٠,٢٩	٠,٥٠	٠,٢٢	٠,٣٧	٠,٢٨
٣٢	٠,٥٥	٠,٣٣	٠,٦٧	٠,٣٠	٠,٤٦	٠,٣٧
٣٣	٠,٤٧	٠,٢٨	٠,٧٢	٠,٢٠	٠,٤٢	٠,٥٢
٣٤	٠,٧٣	٠,٤٤	٠,٨٩	٠,٣٩	٠,٦١	٠,٥٠
٣٥	١,٨٥	١,١١	١,٤٠	١,١٠	١,٣٧	٠,٧٥
٣٦	٢,٥٧	١,٥٤	١,٦٩	١,٦٦	١,٨٧	١,٠٣
٣٧	٢,٧٢	١,٦٣	١,٥٢	١,٣١	١,٨٠	١,٤١
٣٨	٤,٣١	٢,٥٨	٢,١٠	٢,٣٣	٢,٨٣	٢,٢١
٣٩	٢,٦١	١,٥٦	١,٨٧	١,٢١	١,٨١	١,٤٠
٤٠	٤,٩١	٣,٠٧	٢,٨٢	٣,١٨	٣,٥	٢,٠٩
٤١	١,٦٢	٠,٩٧	١,٦٣	٠,٧٨	١,٢٥	٠,٨٥
٤٢	٣,٣٤	٢,٠٠	١,٩١	١,٧٢	٢,٢٤	١,٦٢
٤٣	١,٢٠	٠,٧٢	١,٢٦	٠,٥٨	٠,٩٤	٠,٦٨
٤٤	٣,٨	٢,٩٤	٢,٥٠	٢,٦٣	٢,٩٧	١,٣
٤٥	١,٥٠	٠,٩٠	١,٤٤	٠,٦٢	١,١٢	٠,٨٨
٤٦	٣,٨٩	٢,٦٩	٢,٤٠	٢,٥٤	٢,٨٨	١,٤٩
٤٧	٨,١٠	٤,٨٥	٢,٨١	٤,٤٤	٥,٠٥	٥,٢٩
٤٨	٣,٠١	٢,٦٩	١,٧٧	٢,٢٥	٢,٤٣	١,٢٤
٤٩	٣,٣٥	٣,٢٠	٢,٠٢	٢,٣٧	٢,٧٤	١,٣٣
٥٠	١,٩٨	١,٨١	١,٤٤	١,٤٤	١,٦٧	٠,٥٤
٥١	٢,٨٢	٤,٥٢	٢,٦	٤,٢٢	٣,٥٤	١,٩٢
٥٢	٣,٨	٥,٩١	٢,٥	٢,٥٧	٣,٧	٣,٤١
٥٣	٤,٧٢	٧,٧٥	٣,٢	٥,٠٨	٥,٢	٤,٥٥
٥٤	٥,٥٣	٧,١٤	٣,٨	٧,٣٩	٥,٩٦	٣,٥٩
٥٥	٢,٦٢	١,٣٩	١,٥٧	٢,٢٧	١,٩٦	٠,٨٨
٥٦	٢,٩٢	٣,٣٦	٢,٣	٣,٤٧	٣,٠١	١,١٧
المتوسط	١,٤	١,٧٨	١,٣٦	١,٢٦	١,٤٩	١,٠٢

المصدر: اعتماداً على برنامج WMS، وتطبيق نموذجي HEC-1 و TR55



المصدر: اعتمادًا على جدول (١١) باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.1

شكل ١٠: قيم زمن التركيز بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

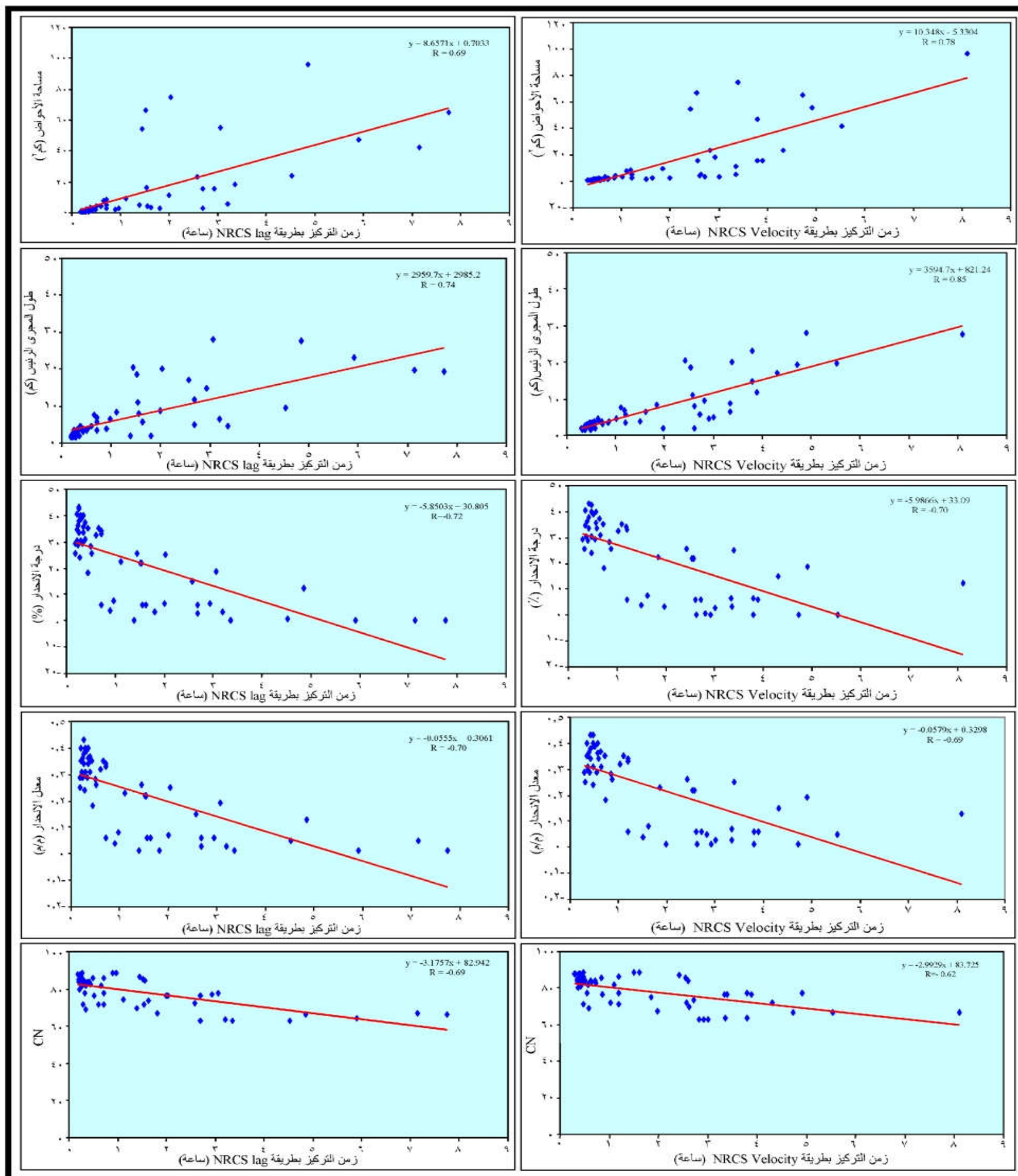
● **الفئة الأولى:** أحواض تصريف يقل زمن التركيز بها عن ١,٠ ساعة؛ وتضم ٣٤ و ٢٧ حوض تصريف بنسبة ٦٠,٧% و ٤٨,٢١% من إجمالي عدد أحواض التصريف المدروسة بطريقتي NRCS Lag و NRCS Velocity على التوالي، بمتوسط ٠,٤٠ و ٠,٥١ ساعة لكل منهما. ويرجع السبب في انخفاض زمن التركيز بتلك الأحواض إلى صغر مساحة أحواض التصريف وأطوال المجاري الرئيسية إذ بلغ المتوسط ٢,٢ كم<sup>٢</sup> و ٣,٣ كم على التوالي، وزيادة كل من معدل الانحدار، بمتوسط ٠,٣١ م/م، ودرجة الانحدار بمتوسط ٣٠,٩%. وأخيرًا زيادة CN إذ بلغ المتوسط ٨٢,٥ بطريقة NRCS Lag وبلغ متوسط مساحة أحواض التصريف وأطوال المجاري الرئيسية ١,٦ كم<sup>٢</sup> و ٢,٨ كم على التوالي، وزيادة كل من معدل الانحدار، بمتوسط ٠,٣٣ م/م، ودرجة الانحدار بمتوسط ٣٣,٣%، وزيادة CN إذ بلغ المتوسط ٨٢,٩ بطريقة NRCS Velocity

● **الفئة الثانية :** أحواض تصريف يتراوح زمن التركيز بها بين ١,٠ و ٢ ساعة؛ وتضم ٩ أحواض تصريفية بنسبة ١٦,١% لكل من طريقتي NRCS Lag و NRCS Velocity على التوالي. بمتوسط ١,٦ و ١,٤ ساعة لكل منهما. حيث بلغ متوسط مساحة أحواض التصريف وأطوال المجاري الرئيسية ٩,٣ كم<sup>٢</sup> و ٩,٤ كم على التوالي، وبتوسط ٠,١٣ م/م لمعدل الانحدار، و ١٢,٧% لدرجة الانحدار. وأخيرًا CN بمتوسط ٧٦,٦ بطريقة NRCS Lag وبلغ متوسط مساحة أحواض التصريف وأطوال المجاري الرئيسية ٤,٩٨ كم<sup>٢</sup> و ٥,٣٤ كم على التوالي، وبتوسط ٠,٢ م/م لمعدل الانحدار، و ١٩,٨% لدرجة الانحدار و CN ٧٨,٦ بطريقة NRCS Velocity.

● **الفئة الثالثة :** أحواض تصريف يزيد زمن التركيز بها ٢,٠ ساعة فأكثر؛ وتضم ١٣ و ٢٠ حوض تصريف بنسبة ٢٣,٢% و ٣٥,٧% من إجمالي عدد أحواض التصريف المدروسة بطريقتي NRCS Lag و NRCS Velocity على التوالي. بمتوسط ٤,١ و ٣,٧ ساعة لكل منهما. ويرجع السبب في زيادة زمن التركيز بتلك الأحواض إلى كبر مساحة أحواض التصريف وأطوال المجاري الرئيسية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

إذ بلغ المتوسط ٣٧,٤ كم ٢ و ١٥,٩ كم على التوالي، وانخفاض كل من معدل الانحدار، بمتوسط ٠,٧٩ م/م، ودرجة الانحدار بمتوسط ٧,٠%. وأخيراً انخفاض قيمة CN بمتوسط ٦٨,٩ بطريقة NRCS Lag ومتوسط مساحة أحواض التصريف وأطوال المجاري الرئيسية ٣٢,٤ كم ٢ و ١٤,٠٦ كم على التوالي، ومتوسط معدل الانحدار ٠,١ م/م، ودرجة الانحدار ٨,٩٦% و CN بطريقة NRCS Velocity.



شكل ١١: العلاقة الارتباطية بين زمن التركيز بطريقتي NRCS Lag و NRCS Velocity والمتغيرات المؤثرة فيه

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

وتعد الفئة الأولى أكثر الأحواض التي تتسم بقلّة الفترة التي تستغرقها المياه للوصول إلى المصب سواء بطريقة NRCS Velocity أو بطريقة NRCS Lag، نتيجة تأثر زمن التركيز بالمتغيرات السابقة، وهي: صغر مساحة حوض التصريف وطول المجرى الرئيس، حيث توجد علاقة طردية بلغت ٠,٦٩ و ٠,٧٤ على الترتيب، وزيادة كل من معدل الانحدار ودرجة الانحدار و CN، حيث توجد علاقة عكسية بلغت -٠,٧٠ و -٠,٧٢ و -٠,٦٩ على الترتيب لطريقة NRCS Lag، في حين بلغت العلاقة الطردية بطريقة NRCS Velocity مع المساحة وطول المجرى الرئيس ٠,٧٨ و ٠,٨٥ على الترتيب، والعلاقة العكسية مع معدل ودرجة الانحدار و CN بلغت -٠,٦٩، -٠,٧٠، -٠,٦٢ على الترتيب (شكل ١١).

## ٢. زمن التركيز (Kirpich و Kerby):

يتشابه زمن تركيز Kerby مع زمن تركيز Kirpich في اعتماده على متغيرين، وهما: طول المجرى الرئيس ومعدل الانحدار، وتم تصنيف أحواض التصريف لكل منهما إلي الآتي:

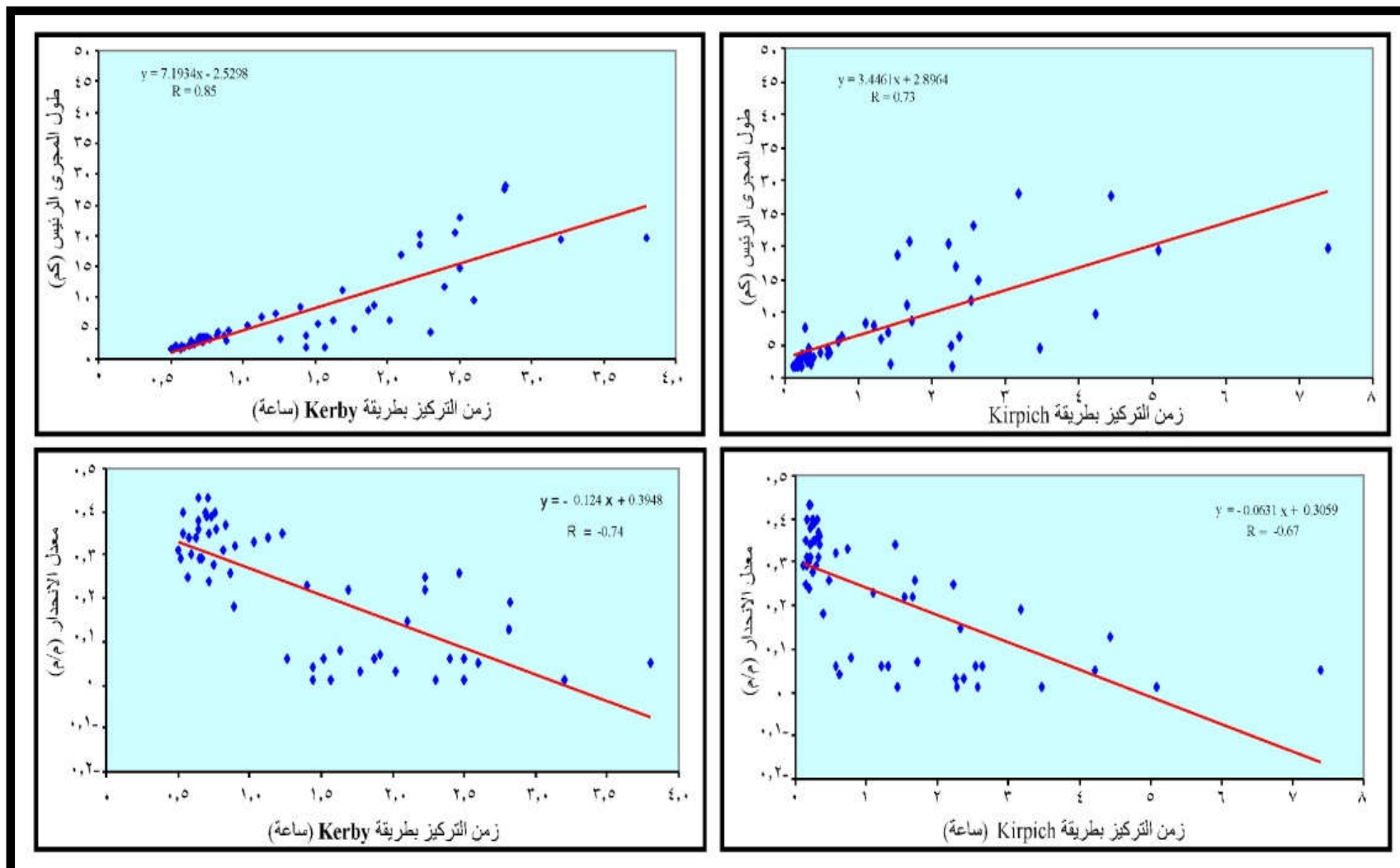
● **الفئة الأولى:** أحواض تصريف يقل زمن التركيز بها عن ١,٠ ساعة؛ وتضم ٣٣ و ٢٨ حوض تصريف بنسبة ٥٨,٩% و ٥٠,٠% من إجمالي عدد أحواض التصريف المدروسة لكل من Kirpich و Kerby على التوالي، بمتوسط زمن تركيز ٠,٣١ و ٠,٦٨ ساعة لكل منهما. ويرجع السبب في انخفاض زمن التركيز بتلك الأحواض إلى انخفاض أطوال المجاري الرئيسة وزيادة معدل الانحدار إذ بلغ المتوسط ٣,٢ كم و ٠,٣١ م/م على الترتيب بطريقة Kirpich و بمتوسط ٢,٩ كم و ٠,٣٣ م/م على التوالي بطريقة Kerby.

● **الفئة الثانية:** أحواض تصريف يتراوح زمن التركيز بها بين ١,٠ و ٢,٠ ساعة؛ وتضم ٩ و ١٤ حوض تصريف بنسبة ١٦,١% و ٢٥% من إجمالي عدد أحواض التصريف المدروسة لكل من Kirpich و Kerby على التوالي، بمتوسط زمن تركيز ١,٤٥ و ١,٤٩ ساعة لكل منهما. وقد تراوح متوسط أطوال المجاري الرئيسة ٩,٩٧ كم، ومعدل انحدار ٠,١٦ م/م بطريقة Kirpich، و ٥,٩٩ كم لأطوال المجاري الرئيسة، و ٠,١٤ م/م لمعدل الانحدار بطريقة Kerby.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

● **الفئة الثالثة:** أحواض تصريف زمن التركيز بها ٢,٠ ساعة فأكثر؛ وتضم ١٤ حوض تصريف بنسبة ٢٥٪ من إجمالي عدد أحواض التصريف المدروسة لكل من طريقة Kirpich و Kerby، بمتوسط ٣,٤ و ٢,٦ ساعة لكل منهما. ويعزى السبب في زيادة زمن التركيز بتلك الأحواض إلى زيادة أطوال المجاري الرئيسية إذ بلغ المتوسط ١٤,٩ كم، وانخفاض معدل الانحدار، بمتوسط ٠,٠٧ م/م لطريقة Kirpich و بمتوسط ١٧,٢ كم لأطوال المجاري الرئيسية، و ٠,١١ م/م لمعدل الانحدار لطريقة Kerby.

وتعد الفئة الأولى أكثر الأحواض زيادة في حجم وسرعة الجريان السيلي؛ نظرا لسرعة وصول المياه إلى مخرجها لصغر زمن التركيز أي قلة الفترة التي تستغرقها المياه للوصول إلى المصب، نتيجة تأثر زمن التركيز بمتغيرين، وهما: انخفاض طول المجرى الرئيس وزيادة معدل الانحدار، حيث توجد علاقة طردية قوية مع المتغير الأول وعلاقة عكسية مع المتغير الثاني، إذ بلغت ٠,٧٣ و - ٠,٦٧ على الترتيب لطريقة Kirpich. وعلاقة طردية قوية جدًا مع المتغير الأول وعلاقة عكسية قوية مع المتغير الثاني، إذ بلغت ٠,٨٥ و -٠,٧٤ على الترتيب لطريقة Kerby (شكل ١٢).



شكل ١٢: العلاقة الارتباطية بين زمن التركيز بطريقتي Kerby و Kirpich وطول المجرى الرئيس ومعدل الانحدار

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

- يتبين من التحليل السابق لقيم زمن التركيز بالطرق الأربعة ما يلي:
- وجود تقارب إلى حد ما بين قيم زمن التركيز في الأربع طرق المستخدمة في حساب زمن التركيز، حيث تراوح المتوسط بين ١,٢٦ و ١,٧٨ ساعة بمتوسط عام ١,٤٥ ساعة، ولم يتجاوز المتوسط العام للمدى ١,٠٢ ساعة.
  - سجل متوسط زمن التركيز في ٣١ حوض تصريف أقل من ١,٠ ساعة، يليه ١٠ أحواض بين ١,٠ و ٢,٠ ساعة، يليه ١٥ حوض تجاوز المتوسط بين الطرق الأربعة الساعتين.
  - تراوح المدى بين الطرق المختلفة بين ٠,٢٨ و ٥,٢٩ ساعة، وسجل أقل مدى والذي لم يتجاوز ساعة واحدة ٣٧ حوض تصريف، يليه ١٣ حوض تراوح المدى بين ١,٠ و ٢,٠ ساعة، يليه ٦ أحواض تجاوز المدى بين الطرق ساعتين.

#### رابعًا - تأثير زمن التركيز على خصائص الجريان السيلي:

يعد زمن التركيز من أهم المتغيرات المؤثرة في خصائص الجريان السيلي، وخاصة سرعة الجريان، وحجم وذروة التصريف. ونظراً لتباين قيم زمن التركيز في الأربع طرق المختارة قيد الدراسة والسابق ذكرها، سوف يقابله تباين في خصائص الجريان السيلي المختارة بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وقد تم استخدام برنامج WMS11.1 بتطبيق نموذج HEC-1 و نموذج TR-55 في إنشاء الهيدروجرافات للطرق الأربعة (شكل ١٣)، واستخراج أهم خصائص الجريان السيلي، مثل: حجم وذروة التصريف، والتي يمكن توضيحها على النحو الآتي للوصول إلى معرفة أكثر الطرق دقة.

#### ١- سرعة الجريان بأحواض الدراسة:

تعد سرعة جريان المياه من أهم المعاملات الهيدرولوجية المرتبطة بزمن التركيز، وذلك لتحديد خطورة الأحواض على النشاط البشري، فكلما زادت سرعة التدفق زادت القدرة على النحت والنقل، ومن ثم تزداد القدرة التدميرية له (صابر والبنا، ٢٠١٣).



وتختلف دراسة سرعة الجريان عن خصائص الجريان الأخرى، حيث يتم حسابها رياضياً من خلال قانون حساب السرعة لأي جسم متحرك، بمعرفة المسافة التي تحركها الجسم والزمن الذي استغرقت هذه الحركة، وعلى هذا يمكن حساب سرعة المياه عن طريق قسمة طول الحوض على زمن التركيز من خلال المعادلة التالية:

سرعة المياه (كم/ساعة) = طول الحوض / زمن تركيز الحوض (خضر، ١٩٩٧).

والجدير بالذكر أن مسألة الوصول إلى وجود درجة الارتباط بين قيمة سرعة الجريان وزمن التركيز ليست هي الأساس، فهي معروفة مسبقاً نظراً لأنها تعتمد على المعادلة السابقة، وبناءً على ذلك وجدول (١٢) تبين الآتي:

- سرعة الجريان يتم حسابها اعتماداً على متغيرين فقط، وهما: طول الحوض (طردية)، وزمن التركيز (عكسية)، فمع زيادة زمن التركيز تقل السرعة.
- ظهرت العلاقة العكسية في ٣ معادلات بالفعل، وهي: NRCS Lag و NRCS Velocity، Kirpich، حيث تراوحت بين -٠,٥٠ و -٠,٦٥، في حين اختلفت النتائج بطريقة Kerby بوجود علاقة طردية متوسطة (٠,٤٨)، بناءً عليه فإن المتغير الآخر بالمعادلة وهو طول الحوض كان أكثر تأثيراً على السرعة في هذه الطريقة، وبالفعل بلغت درجة الارتباط بين طول الحوض وسرعة الجريان ٠,٨١ وهو ارتباط طردي قوي جداً، عكس تأثيره في الثلاث طرق الأخرى، والتي ظهرت كعلاقة عكسية ضعيفة تراوحت بين -٠,١٠ و -٠,٣٦، أدى ذلك إلى ضعف تأثير زمن التركيز على السرعة في طريقة Kerby، ومن ثم يمكن استثناء هذه الطريقة في حساب سرعة الجريان.

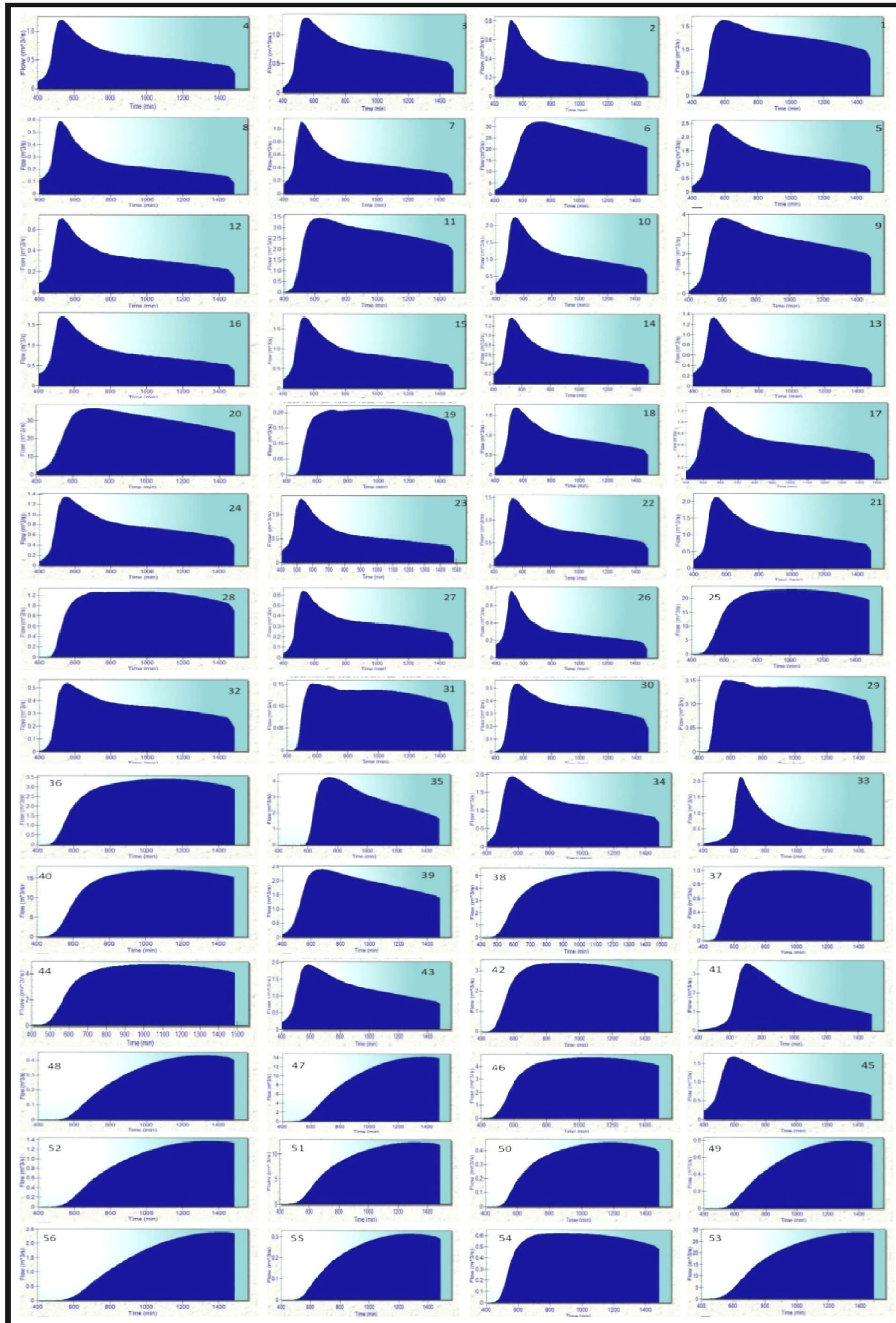
- تقارب في متوسط قيم زمن التركيز في NRCS Lag و Kirpich، حيث بلغ ١,٤٣ ساعة و ١,٢٦ ساعة على التوالي، وهو ما أدى إلى تشابه متوسط قيم

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

سرعة الجريان بأحواض التصريف بمنطقة الدراسة في نفس الطريقتين بنسبة كبيرة، حيث بلغ المتوسط العام ٦,٣ و ٧,٧ كم/س على الترتيب، في المقابل زيادة متوسط قيم زمن التركيز إلى ١,٧٨ ساعة في طريقة NRCS Velocity أدى إلى انخفاض متوسط قيمة السرعة إلى النصف تقريباً، فبلغت ٤,٠٤ كم/س .

ولتوضيح أفضل هذه الطرق لحساب سرعة الجريان لابد من معرفة درجة الارتباط بينهما وبين متغيرات أخرى والتي لها تأثير مباشر على سرعة الجريان، وخاصة: درجة الانحدار، وقد أوضحت النتائج أن درجة الارتباط بين درجة الانحدار وسرعة الجريان بلغت ٠,٧٥ و ٠,٧٦ بطريقة Kirpich و NRCS Velocity على التوالي، مع ملاحظة زيادتها في NRCS Lag فبلغت ٠,٩١ (شكل ١٤).

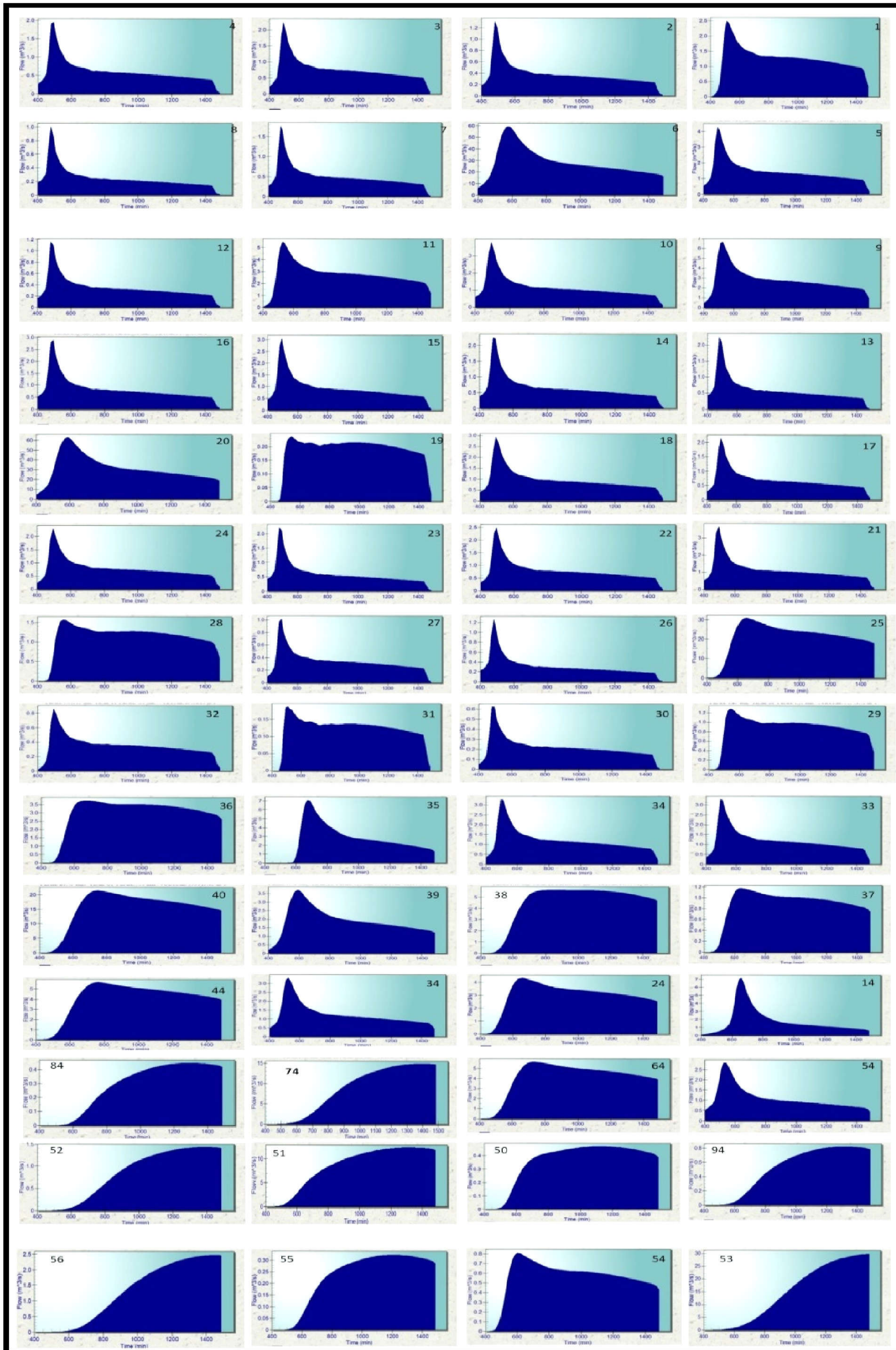
والجدير بالذكر أن فكرة NRCS Velocity في حساب زمن التركيز تقوم على تقسيم الحوض إلى ٣ مناطق (المنبع والوسط والمصب) وحساب المتوسط في النهاية، ومن ثم فهي أكثرها دقة حيث تتباين المتغيرات المؤثرة من مكان إلى آخر داخل الحوض الواحد وخاصة درجة الانحدار، ومن ثم فإن التأثير يتباين أيضاً، أما اعتبار حوض التصريف كجزء واحد فهو أكثر تعميماً وأقل دقة، والتأكيد على ذلك تشابه قيم سرعة الجريان السيلي في NRCS Lag و Kirpich. يستنتج من التحليل السابق صالحة الثلاث طرق في حساب قيم سرعة الجريان، ولكن أفضلهم هي طريقة NRCS Velocity.



المصدر: اعتمادًا على نتائج تطبيق برنامج WMS 11.1 باستخدام نموذج TR55

شكل (١٣ - أ) منحنى الجريان (هيدروجراف) لأحواض التصريف بالحافة

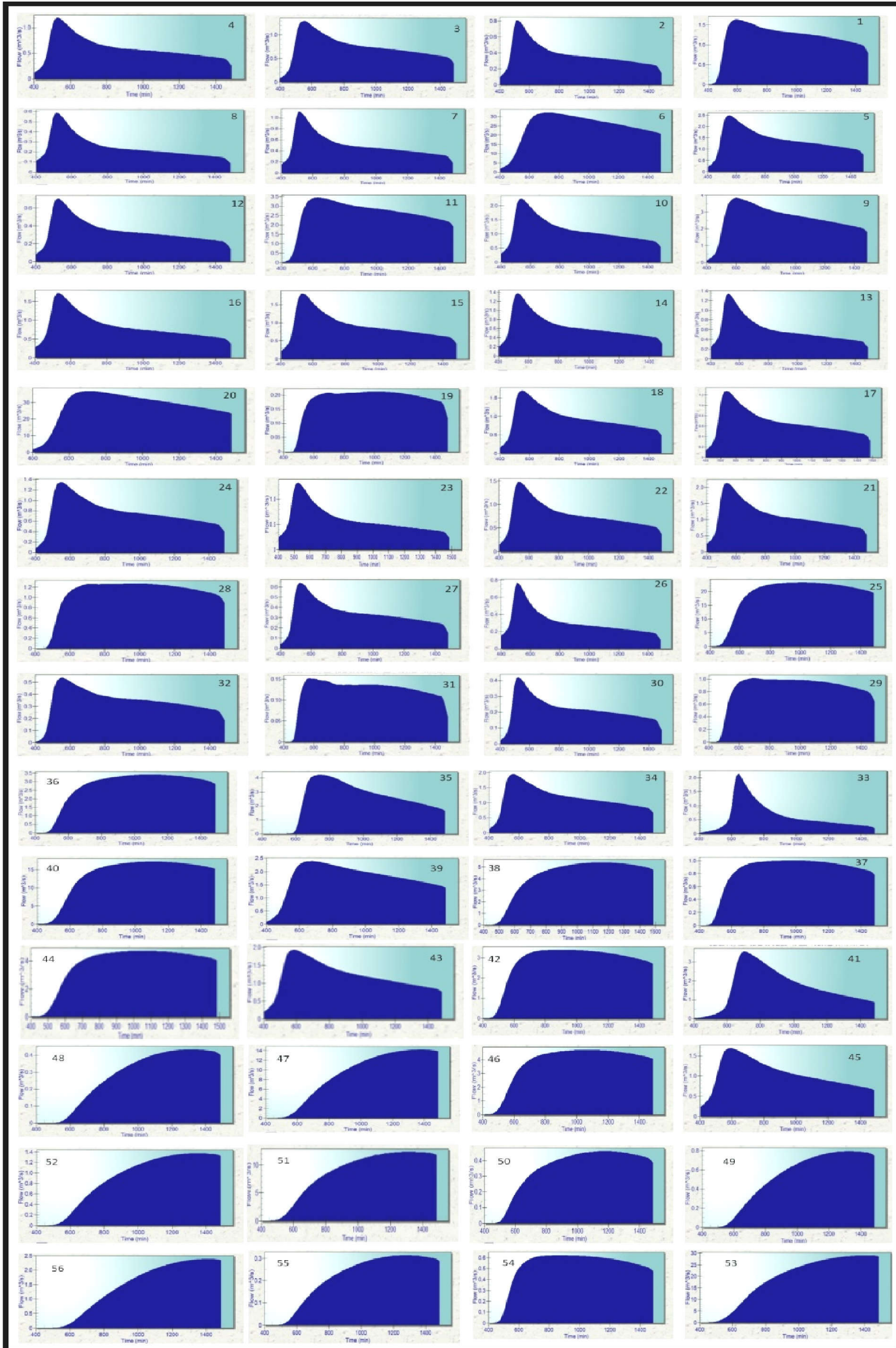
الشرقية لهضبة الجلالة البحرية بطريقة NRCS Velocity



المصدر: اعتمادًا على نتائج تطبيق برنامج WMS11.1 باستخدام نموذج HEC-1

شكل (١٣- ب) منحنى الجريان (هيدروجراف) لأحواض التصريف بالحافة الشرقية

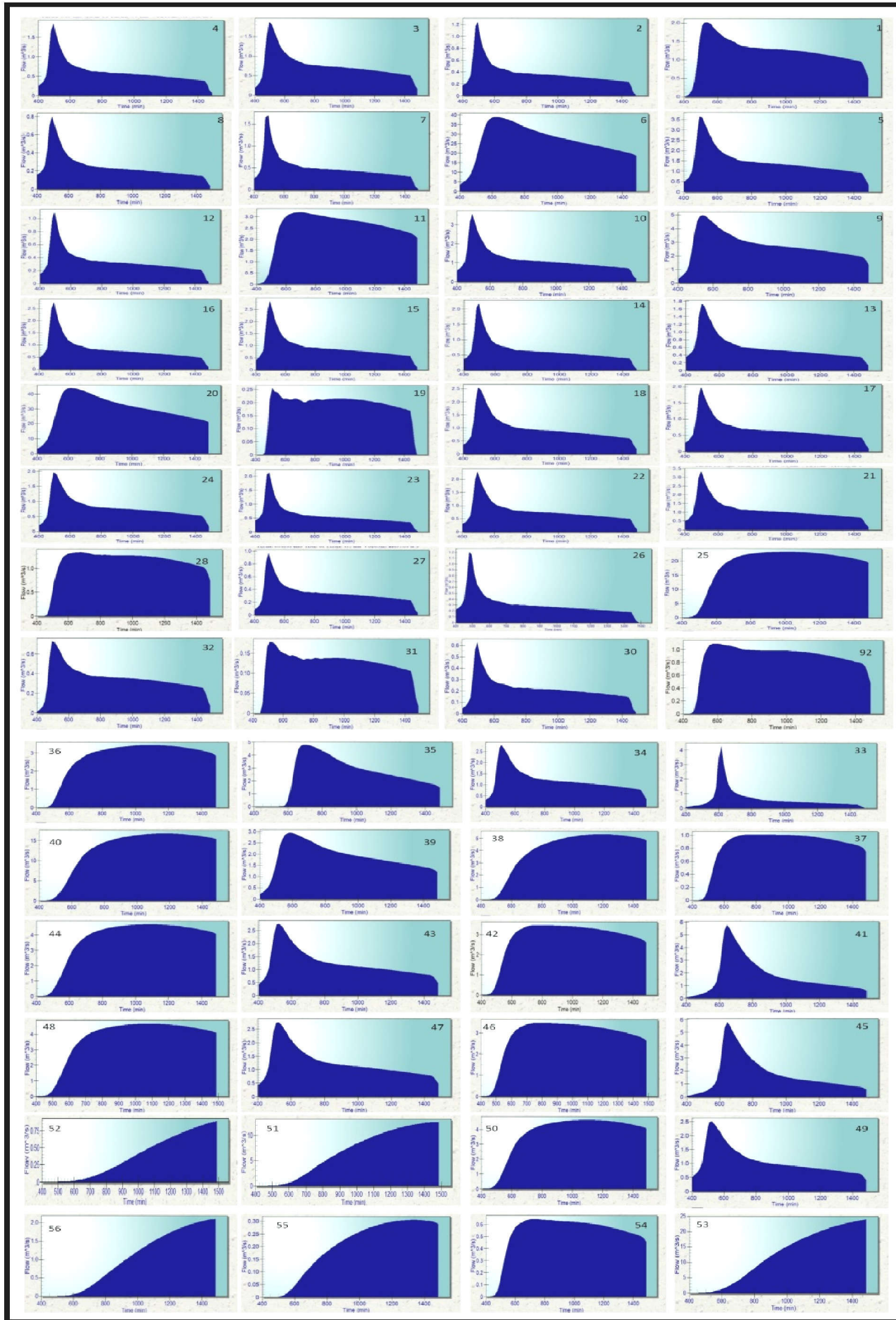
لهضبة الجلالة البحرية بطريقة NRCS Lag



المصدر: اعتمادًا على نتائج تطبيق برنامج WMS11.1 باستخدام نموذج HEC-1

شكل (١٣- ج) منحنى الجريان (هيدروجراف) لأحواض التصريف بالحافة

الشرقية لهضبة الجلالة البحرية بطريقة Kerby



المصدر: اعتمادًا على نتائج تطبيق برنامج WMS11.1 باستخدام نموذج HEC-1

شكل (١٣- د) منحنى الجريان (هيدروجراف) لأحواض التصريف بالحافة الشرقية

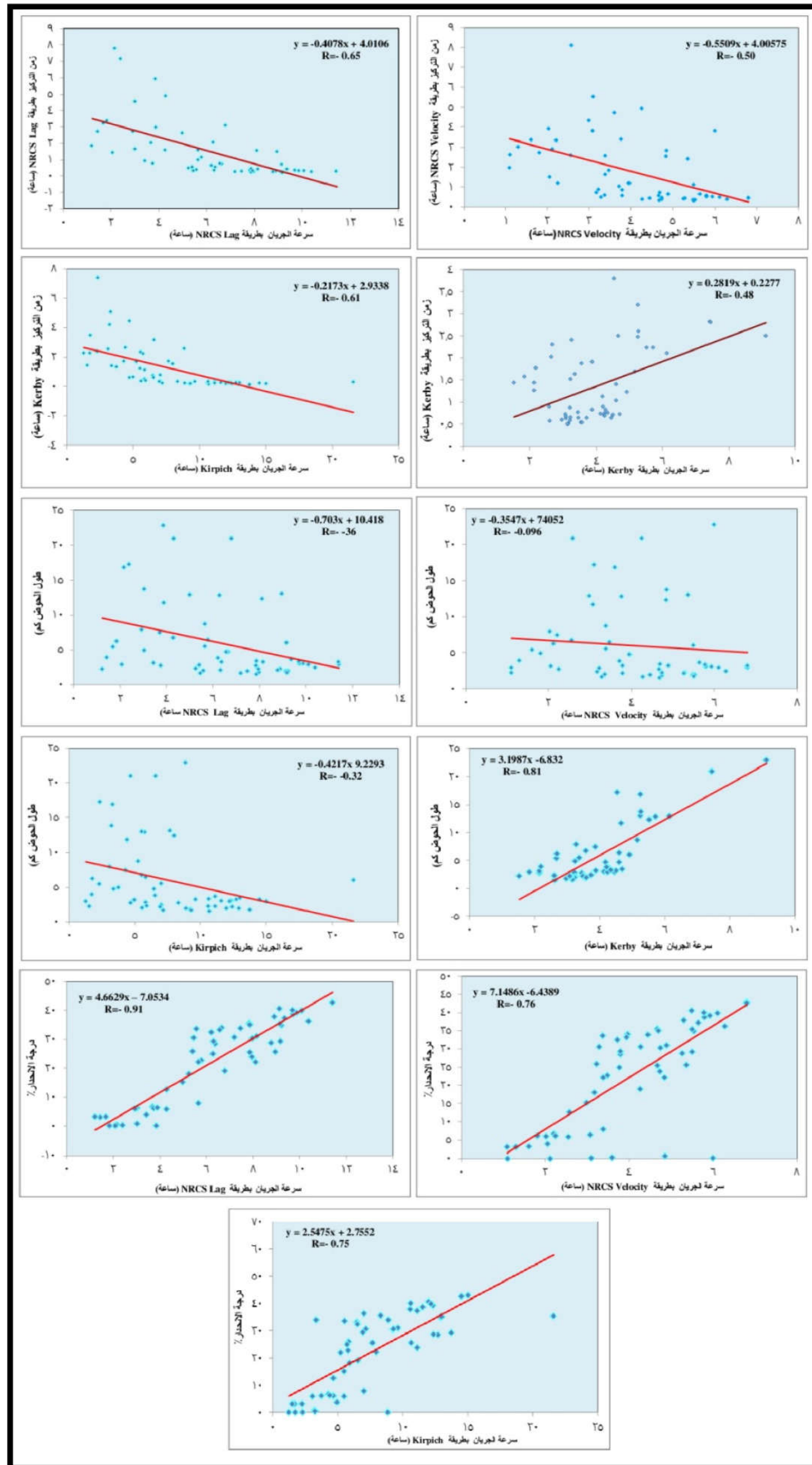
لهضبة الجلالة البحرية بطريقة Kirpich

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

جدول ١٢: سرعة الجريان بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

م	Kirpich كم/س	Kerby كم/س	NRCS- Lag كم/س	NRCS Velocity كم/س
١	٥,٨٦	٣,٢٣	٥,٤١	٣,٢٣
٢	١٢,٠١	٣,٥٦	٩,١٥	٥,٤٩
٣	٨,٣٣	٣,٤٦	٧,٨٤	٤,٦٧
٤	١٠,٦١	٣,٤٨	٨,٩١	٥,٣
٥	٩,٦٤	٣,٨٨	٨,١٦	٤,٩
٦	٧,٦٩	٥,٢٦	٨,٩٦	٥,٣٧
٧	١٢,٩٢	٣,٥٩	٩,٢٣	٥,٥٤
٨	١٠,٦٩	٢,٦٢	٧,٨٧	٤,٦٨
٩	٢١,٦	٤,٩٢	٩,١٦	٥,٥
١٠	١٢,٧٤	٤,٢٥	٦,٣٧	٣,٧٩
١١	٣,٣٨	٤,١٩	٦,٦٦	٣,٩٧
١٢	٩,٢٥	٢,٩٨	٧,٩٩	٤,٧٥
١٣	٧,٠٣	٣,٧٤	١٠,٤	٦,٢٩
١٤	١٥,٠٤	٤,٤٦	١١,٤٣	٦,٨
١٥	١٢,٣٦	٤,٢٤	٩,٨٩	٥,٩٣
١٦	١٤,٥٢	٤,٥	١١,٤١	٦,٨
١٧	١٣,٠١	٤,٧	٧,٨٧	٤,٧
١٨	١١,١٣	٤,٢٩	٩,٣٧	٥,٦٥
١٩	٥,٥٨	٣,١	٥,٥٨	٣,٣٧
٢٠	٨	٥,٥٣	٨,١١	٤,٨٥
٢١	١١,٥٩	٤,١٣	٩,٧٢	٥,٨
٢٢	١٢,٢١	٤,٢٥	١٠,١١	٦,١١
٢٣	١٢,٤١	٣,٢٤	٨,٧٩	٥,٢٧
٢٤	١٠,٦٥	٤,٣٤	٩,٧١	٥,٧٩
٢٥	٥,٧٥	٥,٧٢	٦,٢٩	٣,٧٧
٢٦	١٣,٧٧	٣,١٨	٩,١٨	٥,٥١
٢٧	٨,٩١	٣,٢٣	٧,٤٨	٤,٤٥
٢٨	٦,٤٩	٤,٦	٦,٥٨	٣,٩٥
٢٩	٦,٥٤	٤,٢١	٦,٢٢	٣,٧٢
٣٠	٩,٣١	٣,١٧	٧,٢	٤,٢٨
٣١	٧,١٩	٣,١٦	٥,٤٥	٣,٢٩
٣٢	٦,٩٥	٣,١١	٦,٣٢	٣,٧٩
٣٣	١١,١٣	٣,٠٩	٧,٩٥	٤,٧٤
٣٤	٥,٩٤	٢,٦	٥,٢٦	٣,١٧
٣٥	٥,٨٥	٤,٦	٥,٨	٣,٤٨
٣٦	٥,٢٥	٥,١٦	٥,٦٦	٣,٣٩
٣٧	٣,٧٦	٣,٢٤	٣,٠٣	١,٨١
٣٨	٥,٥٤	٦,١٤	٥	٢,٩٩
٣٩	٥,٥٣	٣,٥٨	٤,٢٩	٢,٥٦
٤٠	٦,٥٨	٧,٤٣	٦,٨	٤,٢٦
٤١	٧,٠٤	٣,٣٧	٥,٦٦	٣,٣٩
٤٢	٤,٣	٣,٨٧	٣,٧	٢,٢١
٤٣	٤,٧١	٢,١٤	٣,٧٥	٢,٢٥
٤٤	٤,٤٣	٤,٦٦	٣,٩	٣,٠٨
٤٥	٤,٩٩	٢,١٥	٣,٤٤	٢,٠٦
٤٦	٣,١	٣,٢٨	٢,٩٣	٢,٠٣
٤٧	٤,٧١	٧,٤٥	٤,٣١	٢,٥٨
٤٨	١,٧٣	٢,١٩	١,٤٤	١,٣
٤٩	٢,٢٨	٢,٦٧	١,٦٩	١,٦١
٥٠	١,٥٣	١,٥٣	١,٢٢	١,١
٥١	٣,٢٥	٥,٢٧	٣,٠٣	٤,٨٦
٥٢	٨,٨٧	٩,١٢	٣,٨٦	٦
٥٣	٣,٣١	٥,٢٥	٢,١٦	٣,٦
٥٤	٢,٣٣	٤,٥٣	٢,٤	٣,١
٥٥	١,٢٨	١,٨٥	٢,٠٨	١,١١
٥٦	١,٧٩	٢,٦٩	١,٨٥	٢,١٢

المصدر: اعتمادًا على تطبيق معادلة سرعة الجريان السابقة.



شكل ١٤: العلاقة الارتباطية بين سرعة الجريان وزمن التركيز بالطرق الأربع، وسرعة الجريان وطول الحوض ودرجة الانحدار



## ٢ - حجم التصريف بأحواض الدراسة:

يعد من المعاملات الهيدرولوجية المهمة؛ التي يتوقف اختيار أنسب وسائل الحماية على حجم مياهها، كما من خلاله يمكن التنبؤ بآماكن الخطر، ومن ثم أخذ التدابير اللازمة لدرئها، وقد أظهرت نتائج تحليل (جدول ١٣) و (شكل ١٥) أن حجم التصريف لم يختلف كثيرًا بين الأربع طرق المستخدمة، حيث بلغ المدى ١,٢ مليون م<sup>٣</sup> وهو الفرق بين إجمالي أعلى حجم تصريف ١٢,٣ مليون م<sup>٣</sup> بطريقة NRCS Lag وأقل إجمالي حجم تصريف ١,١ مليون م<sup>٣</sup> بطريقة Kirpich، مع ملاحظة عدم ثبات وقوع بعض أحواض التصريف بين الفئات في الطرق الأربعة، والتي يمكن توضيحها على النحو التالي:

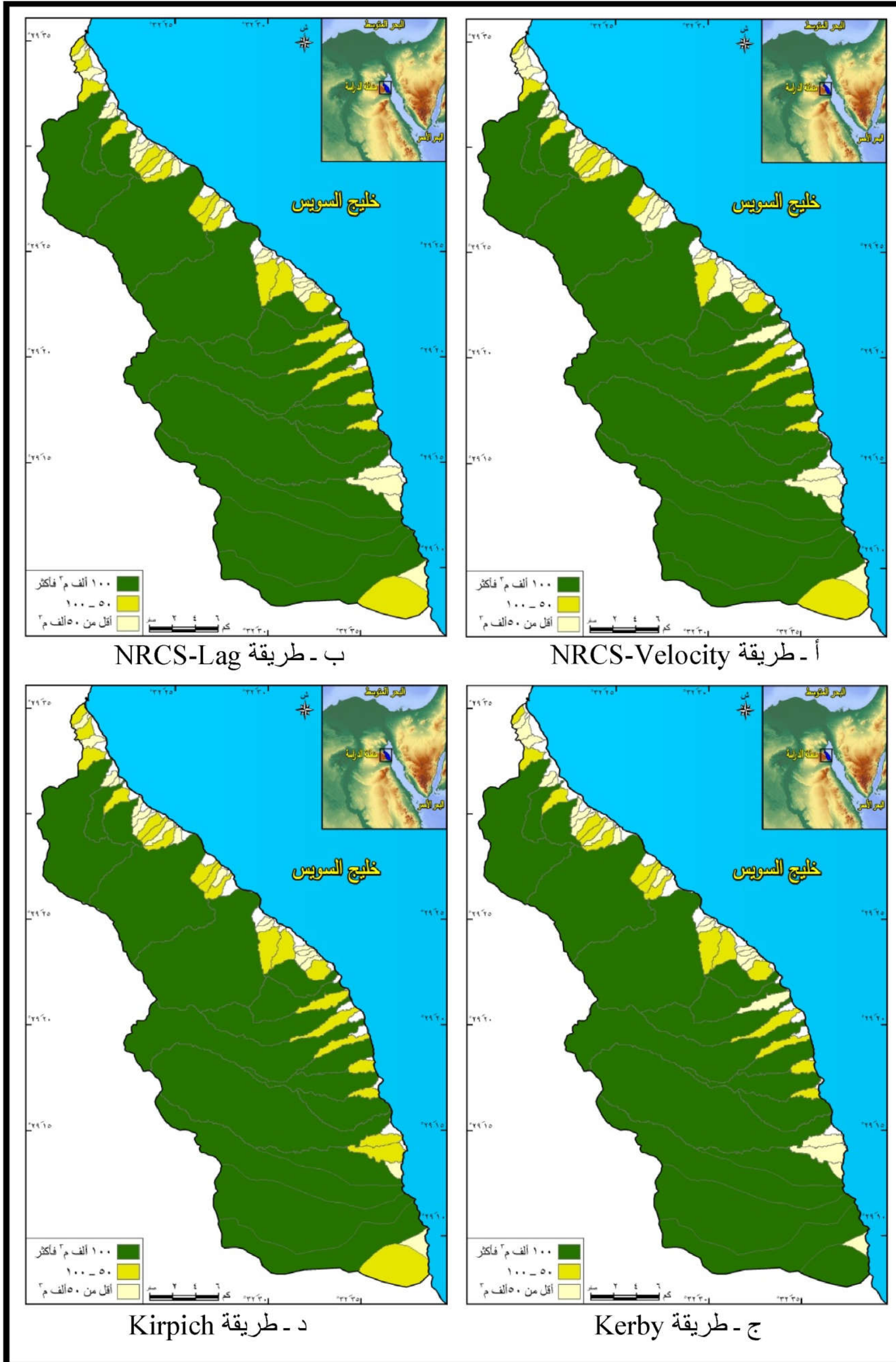
● **الفئة الأولى: أحواض يقل حجم تصريفها عن ٥٠ ألف م<sup>٣</sup>: تراوح عدد أحواض التصريف بين ١٨ حوض بطريقة Kirpich و ٢٥ حوض بطريقة NRCS Velocity.** مع ثبات عدد ١٨ حوض تصريف بالفئة الأولى في الأربع طرق و ٣ أحواض بالطرق الثلاثة الأولى. وما يشذ عن ذلك من أحواض وهو عدد محدود وخاصة حوضي ٣ و ٣٧، حيث يقعان بالفئة الثانية بطريقتي NRCS Velocity و Kerby، وقد تراوح متوسط إجمالي حجم التصريف بين ٢٦,٣ و ٢٨,٥ ألف م<sup>٣</sup>، وتتسم أحواض هذه الفئة بانخفاض زمن التركيز، إذ بلغ المتوسط ٠,٩٢ و ٠,٦٦ و ٠,٨٦ و ٠,٣٩ ساعة بالأربع طرق NRCS Velocity و Lag NRCS و Kirpich و Kerby على التوالي وبمتوسط عام ٠,٧١، وتضم هذه الفئة معظم الأحواض صغيرة المساحة جدًا التي تمتد على طول ساحل خليج السويس بمنطقة الدراسة.

● **الفئة الثانية: أحواض يتراوح حجم تصريفها بين ٥٠ و ١٠٠ ألف م<sup>٣</sup>: بلغ عدد أحواض التصريف ١٤ و ١٩ و ١٦ و ٢١ حوض بـ NRCS Velocity و Lag NRCS و Kirpich و Kerby على التوالي. مع ثبات عدد ١٣ حوض تصريف بالفئة الثانية في الأربع طرق و ٤ أحواض في ثلاث طرق مختلفة ليبلغ ١٧ حوض من إجمالي أكبر عدد وهو ٢١ حوض بالفئة. وقد تراوح متوسط إجمالي حجم التصريف بين ٦٤,٩ و ٦٨,٤ ألف م<sup>٣</sup>. ويبلغ متوسط قيم زمن التركيز بأحواض هذه الفئة ١,٢ و ٠,٧٦ و ٠,٩٩ و ٠,٨٤ ساعة بالأربع طرق على التوالي وبمتوسط عام ٠,٩٥ ساعة، وتنتشر هذه الفئة في معظم الأحواض الصغيرة والمتوسطة المساحة بمنطقة الدراسة.**

جدول ١٣: حجم التصريف بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

Kirpich	Kerby	NRCS- Lag	NRCS Velocity	م
٧٩٩٦٦	٧٧٣٤٧	٨١١٣٨	٦٥٩٣٥	١
٢٥٣٧٨	٢٤٩٣٦	٢٥٤٩١	٢٢٦٨٤	٢
٥٠.١٠٥	٤٨٦٤١	٥٠.٤٨٧	٤٤٧.١	٣
٤.٥٧٠	٣٩٦٦٨	٤.٧٧٢	٣٦٧٢٢	٤
٩٥٠.٠٤	٩٢١١٨	٩٥٨٢٣	٨٥٣٧٢	٥
١٧٤١٦٦٢	١٦.٧٧٥١	١٨٦٧٢١٧	١٦٥٧١٧٢	٦
٣٣٧٦٤	٣٣١٥٣	٣٣٨٥٣	٣.٦٢٢	٧
١٦٩٩٣	١٦٧٣٥	١٧١.٠	١٥٣.٥	٨
١٨.١٣٩	١٧٢.٨٦	١٨٤٣٩١	١٦١٣٥١	٩
٧٧٤٣٨	٧٥٢٣٥	٧٧٧٣.٠	٦٩٧٢٢	١٠
١٦٣٣.٤	١٦٨.٦٢	١٧٩٣٤٨	١٥٣٣٢٦	١١
٢٢٩١٣	٢٢٤٥٠	٢٣.١٢	٢.٧٧٨	١٢
٤.٤١٩	٣٩٧٦٦	٤.٧٩٥	٣٧٢٧١	١٣
٤٣٧٢٤	٤٢٨.٣	٤٣٩٣٢	٣٩٩.١	١٤
٦١٩٨.٠	٦.٣٧٩	٦٢٢٨٤	٥٥٨٧٤	١٥
٥٦١٣٥	٥٥٧٧٢	٥٦٤٤٩	٥.٩٥٠	١٦
٤٥٣٩٨	٤٤١٥٨	٤٥٦١٧	٤.٧.٩	١٧
٦٣٦٦٩	٦١٦٦٨	٦٤١٣٤	٥٧٥٧٣	١٨
١١٩٥٨	١١٦٦٩	١٢١.٨	١.٠٢٤	١٩
١٩٦.٥٤٠	١٨٢٨٤٩٨	٢.٧٢.٣٦	١٨٣٨٣٩١	٢٠
٧٥١٨.٠	٧٣.٦٦	٧٥٥٥٢	٦٧٨٢١	٢١
٥٢١٨٤	٥.٩.٥	٥٢٤٨٥	٤٦٩٤١	٢٢
٤.٧٥٣	٣٩٨٢٢	٤.٨٦.٠	٣٧٣٢٩	٢٣
٥١٨٧٧	٥.٣٤٨	٥٢٢٣٥	٤٦٢٥١	٢٤
١٢٢١٦٦٦	١٢٢.٩٥٨	١٣٧٨٤٦٧	١٢١.٠٧٥	٢٥
٢١٣٢٣	٢.٩٥٠	٢١٣٤٨	١٩١١١	٢٦
٢٢٦٩٥	٢٢٢٢٦	٢٢٧٩.٠	٢.٣٤٦	٢٧
٧١٣٣١	٦٩١.٢	٧٣٥٩١	٦١١٩١	٢٨
٥٦٥٣٨	٥٤٧٤٧	٥٧٧٤١	٤٨٦١٨	٢٩
١٤٤.٨	١٤١٩٩	١٤٤٨٤	١٢٩.٦	٣٠
٨.٠.٩	٧٨٥٥	٨.٤١	٦٨٥٨	٣١
٢٢٨٤٦	٢٢٢٧.٠	٢٣.٣٢	٢.١.٩	٣٢
٤١.٤٧	٤.٢٤٦	٤١١٧.٠	٣٧٣٤٧	٣٣
٧٨٦٤٢	٧٥٩٢٧	٧٩٣٧٨	٦٩٨٥٦	٣٤
١٥٨٩١٩	١٥٤٧.٤	١٦٤٩٤٣	١٣٦١٣١	٣٥
١٧٦٤.٤	١٧٥٦٣٩	١٩٣٣١٩	١٦١٣٦٢	٣٦
٥٤٧٢٦	٥٣٨٧	٥٦٩٢٢	٤٨٣٧.٠	٣٧
٢٥٩٤٩٢	٢٦٨٥٧٨	٢٨٩٤٥٠	٢٦٢٣٢٢	٣٨
٥٩٦٨.٠	٥٣٣٣.٠	٦.٤٢.٠	٥.٤٨١	٣٩
٨٢٨٢٢.٠	٨٧.٨٦٥	٩٩٩٣١٣	٩٤٢.٦٩	٤٠
٥٨٩٧٥	٥٢٩١.٠	٦.٣٧.٠	٥.٤٢.٠	٤١
١٨٤١٠.١	١٨.٠٥٢	١٩٥٥٣٤	١٧٢٤.٤	٤٢
٨٢٦٥١	٧٨٦٣٧	٨٣٦٩١	٧٣٥٩.٠	٤٣
١٢.٥٨٧	٢٤٤٣٦٩	٢٦٦١٤٣	٢٥٢٨٢٤	٤٤
٧٥٤٢٦	٦٨٥٩٣	٧٣٣١٨	٦٤٦٦٨	٤٥
١٨٤١٠.١	٢٤٢٤٣٧	٢٦٨٢٥١	٢٤٧٦٣٢	٤٦
١٣.٩٥٧	٥٧٥٦٢٩	٥٥١٤١٦	٥٨٦٥٧٤	٤٧
٥.٤٨٩	١٧٨٤٧	١٨٢٥٢	١٤٣٣٤	٤٨
٧٢٦٦١	٣٢٣٩٧	٣٢٧١٣	٢٧٥١٨	٤٩
٤٩٥٧٤	٢٢١٢.٠	٢٣٢٤٢	١٨٢٣٤	٥٠
١٨٤٤٧.٠	٢٤٢٦٥.٠	٢٦٨.٦٣	٢٤٧٧٣.٠	٥١
٤٠.٥٤٦٤	٤٢١.١٨	٣.٧٦٩٥	٤٢.٨٣٥	٥٢
٨٥٧٤٥٣	١٤٣.١٥٨	١.٠٥٢٨٩	١٥٧٩٧٤٣	٥٣
٤٠.٧٧٦٨	٤٢٠.١٨	٣.٦٦٩٨	٤٢١٨٢٢	٥٤
٨٨٧٥	٩٦٩.٠	٩٣٧٧	٨٩٧٩	٥٥
٦٣٣٥٩	١١٥٥٢٦	٨٥.٩٧	٨٥.٩٨	٥٦

المصدر: اعتماداً على برنامج WMS، وتطبيق نموذجي HEC-1 و TR55



المصدر: اعتماداً على جدول (١٣) باستخدام برنامج WMS11.1 و برنامج ARC GIS10.8.1  
شكل ١٥: قيم حجم التصريف بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

● الفئة الثالثة: أحواض يزيد حجم تصريفها على ١٠٠ ألف م<sup>٣</sup>: تراوح عدد أحواض التصريف بين ١٧ حوض بطرق NRCS Velocity و Lag NRCS و Kirpich و ١٨ حوض بطريقة Kerby ، مع ثبات عدد ١٧ حوض تصريف بالفئة الثالثة في الأربع طرق، وقد تراوح متوسط إجمالي حجم التصريف بين ٥٣٩,١ و ٦١٧,٥ ألف م<sup>٣</sup>، وتتسم أحواض هذه الفئة بزيادة قيمة زمن التركيز، إذ بلغ المتوسط ٣,٥٥ و ٣,٠٩ و ٢,٢٩ و ٢,٦٨ ساعة بالأربع طرق NRCS Velocity و NRCS Lag و Kerby و Kirpich على التوالي وبمتوسط عام ٢,٩٠ ساعة، وتنتشر في الأحواض كبيرة المساحة الممتدة على الحدود الغربية لمنطقة الدراسة .

### ٣ - ذروة التصريف بأحواض الدراسة:

تشير ذروة التصريف إلي كمية المياه التي تخرج من مصب الحوض وتقاس بالمتر مكعب ثانية (درويش، ٢٠١٧)، وكلما ارتفعت قيم ذروة التصريف في حوض تصريف، ارتفعت درجة خطورته، وقد أتضح من نتائج تحليل (جدول ١٤) و (شكل ١٦) أن قيم ذروة التصريف تتشابه مع حجم التصريف، حيث لم تختلف كثيرًا بين الأربع طرق المستخدمة، فبلغ المدى ١٣٨,١٨ م<sup>٣</sup>/الثانية، وهو الفرق بين أعلى ذروة تصريف ٣٩٤,٢ م<sup>٣</sup>/الثانية بطريقة NRCS Velocity، وأقل ذروة تصريف ٢٥٦,٠٢ م<sup>٣</sup>/الثانية بطريقة Kerby، وقد أمكن تقسيم نتائج ذروة التصريف إلي الفئات التالية:

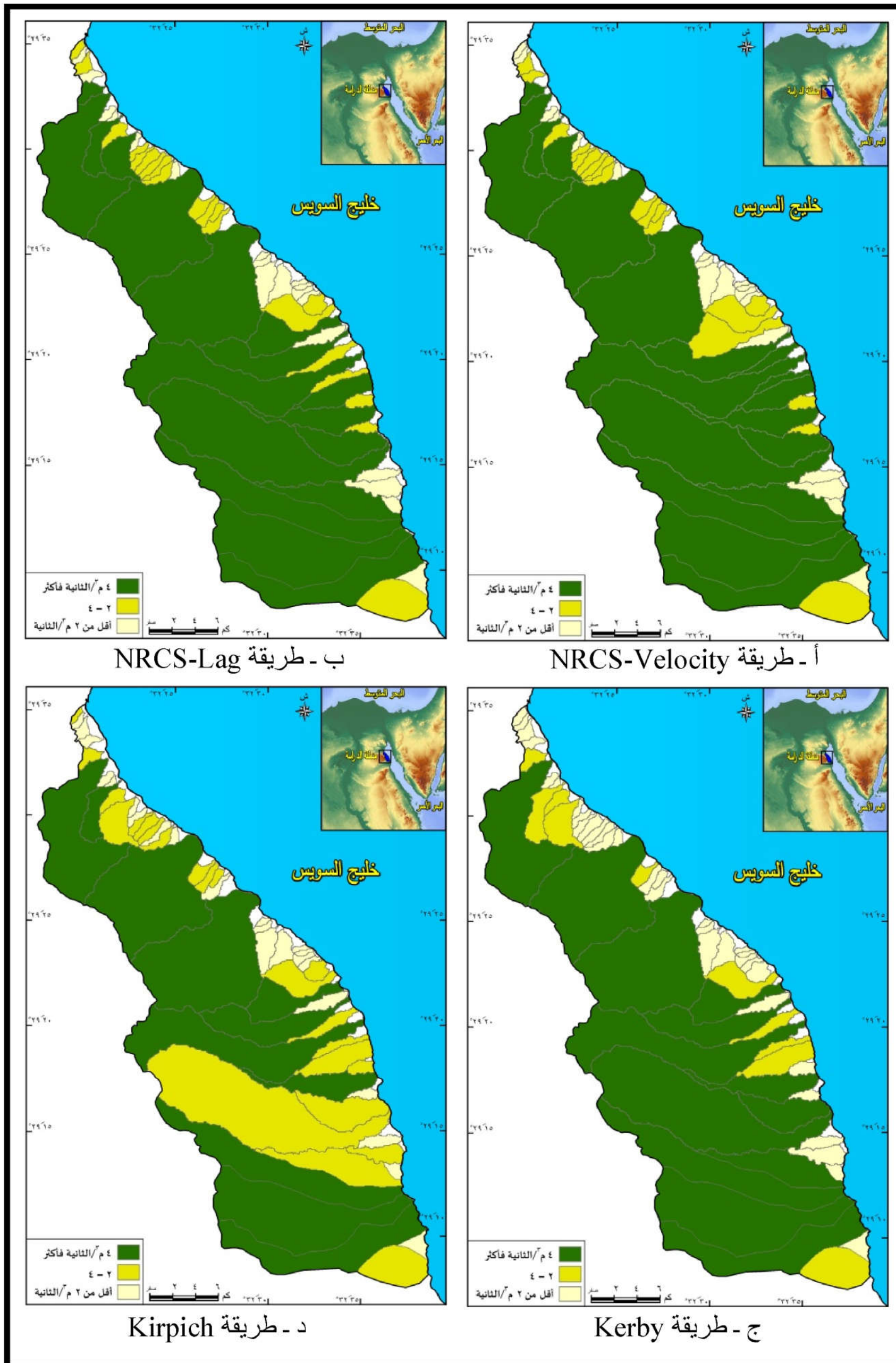
● الفئة الأولى: أحواض يقل ذروة تصريفها عن ٢ م<sup>٣</sup>/الثانية: بلغ عدد أحواض التصريف ١٩ و ١٩ و ٣٣ و ٢٣ حوض بـ NRCS Velocity و Lag NRCS و Kerby و Kirpich على التوالي، مع ثبات ١٧ حوض تصريف بالفئة الأولى في الطرق الأربعة، وحوضين فقط في ثلاث طرق مختلفة، وما يشذ عن ذلك من أحواض بلغت ١٤ حوض وقعت بالفئة الثانية، وقد تراوح متوسط إجمالي ذروة التصريف بين ١,٠ و ١,٢٣ م<sup>٣</sup>/ الثانية، وتتسم هذه الفئة بانخفاض قيمة زمن التركيز، إذ بلغ المتوسط ١,١٢ و ٠,٧٩ و ٠,٨٧ و ٠,٥٦ ساعة بالأربع طرق NRCS Velocity و Lag NRCS و Kerby و Kirpich على التوالي وبمتوسط عام ٠,٨٤ ساعة، وتنتشر في معظم الأحواض صغيرة المساحة بمنطقة الدراسة.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

جدول ١٤ : ذروة التصريف بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

المدى م <sup>٣</sup> /الثانية	المتوسط م <sup>٣</sup> /الثانية	Kirpich م <sup>٣</sup> /الثانية	Kerby م <sup>٣</sup> /الثانية	NRCS- Lag م <sup>٣</sup> /الثانية	NRCS Velocity م <sup>٣</sup> /الثانية	م
٠,٣٩	١,٩٩	٢,٠٢	١,٦٣	٢,٥	١,٨٤	١
٠,٥٥٥	١,١٨	١,٢٤	٠,٨٠٥	١,٣١	١,٣٦	٢
٠,٣٦	١,٩	١,٨٨	١,٢٩	٢,٢٤	٢,٢	٣
٠,٨٣	١,٧٦	١,٨٦	١,٢	١,٩٥	٢,٠٣	٤
٠,٧٧	٣,٧١	٣,٦٥	٢,٤٩	٤,٢٨	٤,٤٢	٥
٣٣,٠٧	٤٨,٩١	٣٨,٨٧	٣٢,٢٤	٥٩,٢٢	٦٥,٣١	٦
٠,٦٦	١,٦	١,٧	١,١١	١,٧٧	١,٧٦	٧
٠,٤٤٩	٠,٨٦	٠,٧٩٥	٠,٥٩١	١	١,٠٤	٨
٢,٨	٥,٤٨	٤,٩٧	٣,٨٤	٦,٦٤	٦,٤٧	٩
١,٦٤	٣,٣٧	٣,٥٦	٢,٢٤	٣,٧٩	٣,٨٨	١٠
٢,٢٥	٤,٢٩	٣,٢	٣,٤٥	٥,٤٥	٥,٠٤	١١
٠,٤٥٦	١,٠٢٦	١,٠٩	٠,٧٠٤	١,١٥	١,١٦	١٢
١	١,٩١	١,٧٣	١,٣٤	٢,٢٦	٢,٣٤	١٣
٠,٩٩	٢,٠٥	٢,١٨	١,٣٨	٢,٢٥	٢,٣٧	١٤
١,٢٥	٢,٦٨	٢,٨٤	١,٨	٣,٠٤	٣,٠٥	١٥
١,٢٥	٢,٥٨	٢,٧٥	١,٧١	٢,٨٩	٢,٩٦	١٦
٠,٨٧	١,٨٩	١,٩٨	١,٢٨	٢,١٥	٢,١٥	١٧
١,٣٧	٢,٦	٢,٥٤	١,٧	٢,٩٤	٣,٠٧	١٨
٠,٠٣٧	٠,٢٣	٠,٢١٨	٠,٢١٣	٠,٢٣٧	٠,٢٥	١٩
٣٣,١٢	٥٣,٤	٤٣,٩٩	٣٦,٨٤	٦٣,٠٨	٦٩,٩٦	٢٠
١,٥٤	٣,٢	٣,٣٤	٢,١٤	٣,٦٧	٣,٦٨	٢١
١,٠١	٢,١٨	٢,٢٩	١,٤٨	٢,٤٩	٢,٤٧	٢٢
١,٠١	٢,٠٢	٢,١٤	١,٣٤	٢,٢٣	٢,٣٥	٢٣
٠,٩٦	١,٩٨	١,٩٧	١,٣٥	٢,٣١	٢,٢٨	٢٤
١١	٢٧,٩	٢٣,٢٩	٢٣,٢٩	٣٠,٨٣	٣٤,٢٩	٢٥
٠,٥٢٨	١,١٤	١,٢١	٠,٧٧٢	١,٢٦	١,٣	٢٦
٠,٦٦١	٠,٨٤	٠,٩٦٩	٠,٣٦٩	١,٠٢	١,٠٣	٢٧
٠,٢٩	١,٣٦	١,٣٣	١,٢٧	١,٢٧	١,٥٦	٢٨
٠,٢٩	١,١٨	١,١	١,٠١	١,٢٩	١,٣	٢٩
٠,٢١٢	٠,٥٦	٠,٦٢٦	٠,٤١٨	٠,٦٢٦	٠,٦٣	٣٠
٠,٠٤٨	٠,١٨	٠,١٧٨	٠,١٥٢	٠,١٨٩	٠,٢	٣١
٠,٣٢٥	٠,٧٤	٠,٧٢٦	٠,٥٣٨	٠,٨٦٣	٠,٨٣	٣٢
٠,٣٨	١,٧٧	١,٧٤	١,٦	١,٩٨	١,٧٥	٣٣
١,٣٢	٢,٨	٢,٧٨	١,٩٥	٣,٢٧	٣,٢٥	٣٤
٠,٤٨	٣,٦٢	٣,٤٣	٣,٤٣	٣,٧٤	٣,٩١	٣٥
٣,٤٤	٤,٩٤	٤,٧٩	٤,٢٤	٧,٠٩	٣,٦٥	٣٦
٠,٢٤	١,١	١,٠١	١	١,١٨	١,٢٤	٣٧
١,١٥	٥,٧	٥,٣٣	٥,٤	٥,٦٥	٦,٤٨	٣٨
١,٧٤	٢,٣	٢,٩٥	٢,٤	٣,٧٢	٤,١٤	٣٩
١٠,٨	٢٠,٧١	١٦,٧٣	١٧,١٥	٢١,٤٣	٢٧,٥٣	٤٠
١,٧١	٣,٧١	٢,٨٣	٣,٥٦	٣,٩٢	٤,٥٤	٤١
١,٤١	٤	٣,٤٦	٣,٣٩	٤,٣٥	٤,٨٧	٤٢
١,٤	٢,٨	٢,٧٥	١,٩٣	٣,٣٢	٣,٣٣	٤٣
٢,٦٤	٥,٦	٤,٦٨	٤,٧٢	٥,٦٦	٧,٣٢	٤٤
١,٣	٢,٣٧	١,٩٧	١,٦٩	٢,٨٣	٢,٩٩	٤٥
٣,٤٨	٥,٢	٣,٤٦	٤,٧	٥,٦٧	٦,٩٤	٤٦
١٢,١١	١١,٥	٢,٧٥	١٤,١٩	١٤,٨٦	١٠,٠٧	٤٧
١,١٩	٠,٧	١,٥٦	٠,٤٣٤	٠,٤٤٧	٠,٣٧	٤٨
١,٨١	١,٢	٢,٥١	٠,٧٩١	٠,٨١٨	٠,٧	٤٩
٠,٩١	٠,٦٧	١,٣٤	٠,٤٦	٠,٤٦٩	٠,٤٣	٥٠
١,٩	٥,٢٤	٣,٦٦	٤,٥	٥,٨٢	٧,٠١	٥١
١,٠٢	٨,٨١	٨,٩	٨,٩٣	٨,٥١	٨,٨٩	٥٢
١,٩٩	٢٦,٥٩	١٩,٦	٢٦	٢١,٧	٣٩,٠٤	٥٣
١,٠٧	٨,٦٧	٨,٧٨	٨,٨٩	٨,٣	٨,٦٩	٥٤
١,٧	٠,٢١	٠,١٧	٠,١٨	٠,١٨	٠,٢٩	٥٥
١,٢٤	٢,٢٨	٢,٠٢	٢,٥١	٢,٤	٢,١٩	٥٦

المصدر: اعتماداً على برنامج WMS، وتطبيق نموذجي HEC-1 و TR55



المصدر: اعتمادًا على جدول (١٤) باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.1 WMS11.1

شكل ١٦: قيم ذروة التصريف بأحواض التصريف بالحافة الشرقية لهضبة

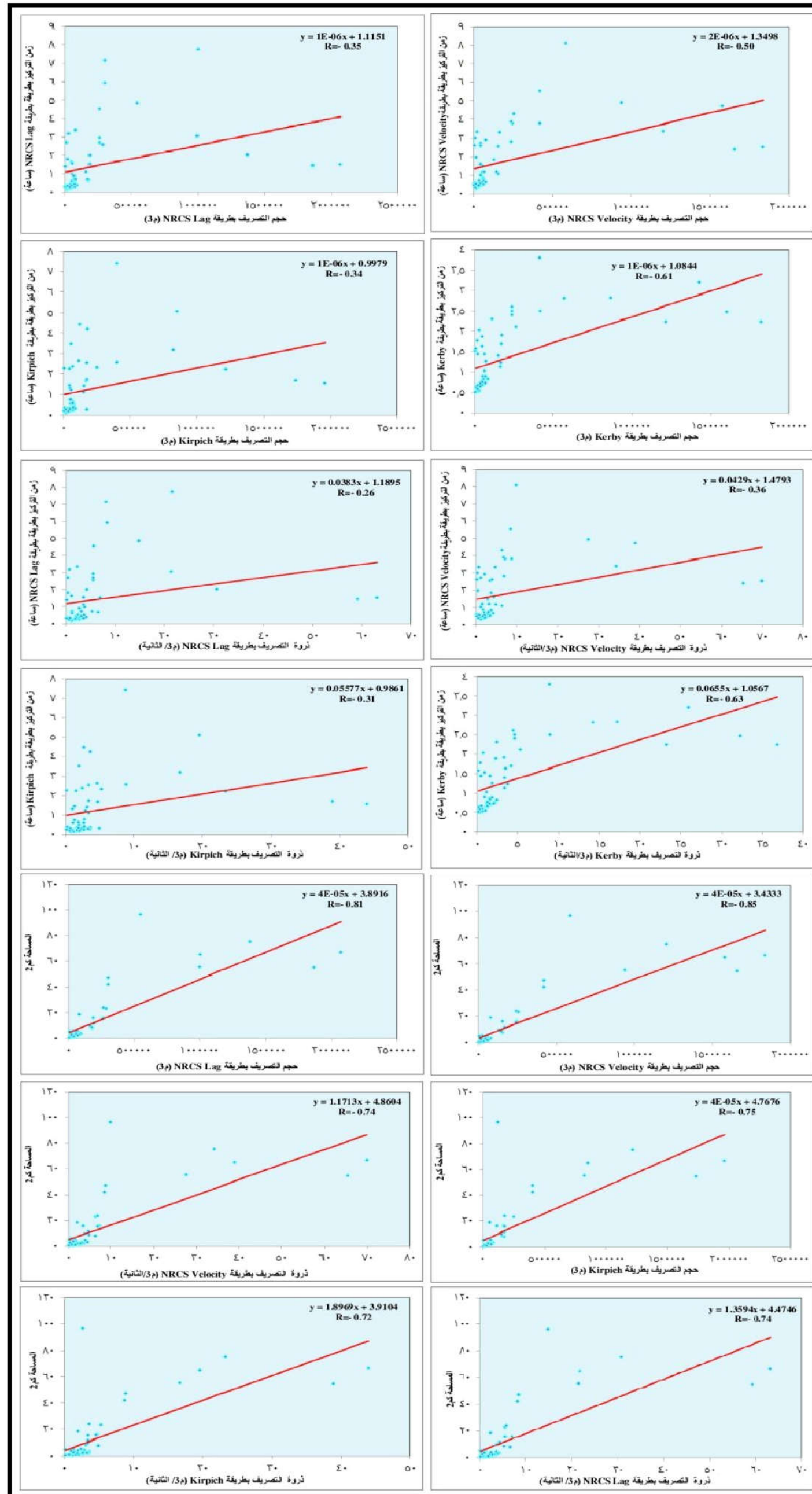
الجلالة البحرية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد السادس عشر

● **الفئة الثانية: أحواض يتراوح ذروة تصريفها بين ٢ و ٤ م<sup>٣</sup>/الثانية:** تراوح عدد أحواض التصريف بين ١٠ أحواض بطريقة Kerby و ٢٢ حوض بطريقة Kirpich ، مع ثبات أربعة أحواض تصريف فقط بالفئة الثانية في الأربع طرق، وعشرة أحواض في ثلاثة طرق مختلفة، وقد تراوح متوسط إجمالي ذروة التصريف بين ٢,٨٥ و ٢,٩٥ م<sup>٣</sup>/الثانية، ويبلغ متوسط قيم زمن التركيز بأحواض هذه الفئة ٠,٩٣ و ٠,٦٧ و ١,٤ و ١,٢ ساعة بالأربع طرق على التوالي وبمتوسط عام ١,٠٥ ساعة، وتنتشر في معظم الأحواض متوسطة المساحة الواقعة على ساحل خليج السويس والجزء الجنوبي من منطقة الدراسة.

● **الفئة الثالثة: أحواض يزيد ذروة تصريفها على ٤ م<sup>٣</sup>/الثانية:** تراوح عدد أحواض التصريف بين ١١ حوض بطريقة Kirpich و ١٨ حوض بطريقة NRCS Velocity، مع ثبات ٩ أحواض تصريف بالفئة الثالثة في الطرق الأربعة، وخمسة أحواض في ثلاث طرق مختلفة، وقد تراوح متوسط إجمالي ذروة التصريف بين ١٤,٣٩ و ١٧,٨ م<sup>٣</sup>/الثانية، وتتسم أحواض هذه الفئة بزيادة قيمة زمن التركيز ، إذ بلغ المتوسط ٣,٣٧ و ٣,٤٠ و ٢,٥٧ و ٢,٧٨ ساعة بالأربع طرق على التوالي، وبمتوسط عام ٣,٠٣ ساعة، وتغطي هذه الفئة الأحواض كبيرة المساحة التي تمتد من خط تقسيم المياه على الحدود الغربية إلي الحدود الشرقية على ساحل خليج السويس بمنطقة الدراسة.

بناءً على ما ورد في التقييم الجيوهيدرولوجي لزمن التركيز بوجود علاقة عكسية بينه وبين حجم التصريف وذروته، بمعنى أن زيادة الزمن يقابله زيادة في الفواقد سواء بالتبخر أو التسرب ومن ثم انخفاض في حجم وذروة التصريف. ولكن بناءً على التحليل السابق تبين العكس بوجود علاقة طردية بمتوسط عام ٠,٤٥ و ٠,٣٩ لحجم وذروة التصريف على التوالي (شكل ١٧)، وهذا ليس معناه وجود تناقض بين التحليل السابق والحالي. وللتوضيح والتأكيد لابد من الإجابة عن السؤال التالي: هل الفواقد لها تأثير أو تمثل نسبة وتناسب مع حجم وذروة التصريف بشرط حدوث جريان سيلبي وانتقاله من المنبع إلى المصب (ليتنفق مع تعريف زمن التركيز)، الإجابة في حالة وصول المياه إلى المصب فإن الفواقد كمتغير مؤثر على حجم وذروة التصريف يكاد لا يذكر، وللتأكيد على ذلك تم حساب متوسط حجم الفواقد بالطرق الأربعة باستخدام نموذجي-HEC 1 وTR55، حيث بلغ ٩,٧% من إجمالي حجم المياه، والسبب في الانخفاض



شكل ١٧: العلاقة الارتباطية بين حجم وذروة التصريف وزمن التركيز بالطرق الأربع والمساحة



راجع إلى عاملين، وهما: تحدث فواقد التبخر في فصل يتسم بانخفاض درجة الحرارة بصفة عامة (فصل الشتاء)، أو حدوثه أثناء سقوط الأمطار، لأن وصول المياه من المنبع للمصب لم يتجاوز ٨,١ ساعات (أكبر زمن في الأربع طرق)، ومن ثم يقل حجم الفواقد بالتبخر بشكل من الممكن تجاهله. أما الفواقد عن طريق التسرب فترتبط بمتغيرات كثيرة وخاصة المساحة والتكوينات والرواسب الجيولوجية، ولأن المساحة وما يرتبط بها مثل طول المجرى الرئيس من أهم المتغيرات التي تزيد من زمن التركيز، ومن المنطقي كلما زادت المساحة يقابلها زيادة في حجم وذروة التصريف وزيادة أيضا في التسرب، ولكن هل الزيادة في حجم وذروة التصريف يقابلها نفس الزيادة في الفواقد عن طريق التسرب بالطبع لا.

نستنتج من ذلك أن الفئات التي يزيد بها زمن التركيز بمنطقة الدراسة تدل فعلياً على وجود مساحات كبيرة في أحواض التصريف والتي يقابلها حجم وذروة تصريف كبيرة، لتكون سبباً في تحول العلاقة من عكسية إلى طردية، ولأن العلاقة أساسها عكسي في المقام الأول، نتج عنه انخفاض في درجة الارتباط الطردي، حيث تراوحت بين ٠,٣٤ و ٠,٦١ أي بين متوسطة وضعيفة، بالنسبة لقيم حجم التصريف، أما عن قيم ذروة التصريف فتراوحت درجة الارتباط الطردي بين ٠,٢٦ و ٠,٦٢ أي بين متوسطة وضعيفة أيضاً، وهذا منطقي بسبب تداخل العوامل مع بعضها البعض، لدرجة يصعب معها تحديد زمن التركيز فقط ليكون مسئولاً عن التباين في حجم وذروة التصريف.

وللوصول إلى أكثر الطرق دقة وهو الهدف الرئيس للدراسة، لابد من دمج متغيرات أخرى وخاصة المساحة مع زمن التركيز، لنستنتج في النهاية، أن معادلة NRCS Velocity أكثرها دقة إذ بلغت درجة الارتباط لكل من حجم وذروة التصريف ٠,٨٥-٠,٧٤ علي التوالي، ثم معادلة NRCS Lag، حيث بلغت ٠,٨١ لحجم التصريف و ٠,٧٤ لذروة التصريف، وأخيراً Kirpich ، إذ بلغت درجة

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٢

الارتباط ٠,٧٥ و ٠,٧٢ لكل من حجم وذروة التصريف علي الترتيب، باستثناء طريقة Kerby حيث تم استبعادها في سرعة الجريان كما سبق ذكره. يتبين من التحليل السابق صالحية الثلاث طرق في حساب خصائص الجريان السيلي ولكن أفضلهم هي طريقة NRCS Velocity، وهذه النتيجة التي توصلت إليها الدراسة تتفق مع دراسة (Perdikaris, et al.,2018) التي أثبتت أن طريقة السرعة NRCS Velocity هي الطريقة الأكثر دقة، حيث إنها الطريقة الوحيدة التي تأخذ معامل خشونة ماننج في الاعتبار، وتقسيم حوض التصريف إلى أجزاء، وبالتالي دقة أعلى في التنبؤات الخاصة بالجريان السيلي.

**الخاتمة:**

- كشفت دراسة التقييم الجيوهيدرولوجي لزمن التركيز وتأثيره على الجريان السيلي على الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية عن العديد من النتائج، وهي:
١. أكثر التعريفات تمثيلاً لزمن التركيز هو الزمن الذي تستغرقه قطرة من مياه الأمطار للوصول إلى مخرج الحوض بدءاً من أبعد نقطة هيدروليكية للحوض.
  ٢. اعتمدت الدراسة أربع معادلات في حساب وتقييم زمن التركيز، وهي: NRCS Velocity، NRCS Lag، و Kerby، و Kirpich، لأنها أكثر المعادلات استخداماً ودقة في النتائج للبيئات المماثلة للبيئة المصرية.
  ٣. أثر في زمن التركيز العديد من المتغيرات، والمتمثلة في: الخصائص التضاريسية والمورفومترية والجيولوجية والغطاءات الأرضية و CN. وأظهرت الدراسة أن أقصى طول للحوض أكثر العوامل تأثيراً في زمن التركيز، ثم طول المجرى الرئيس ومساحة الحوض، ثم معدل الانحدار، في حين أن أقل العوامل المؤثرة هي درجة الانحدار و CN، وأخيراً أقل عامل مؤثر الفارق الرأسي.

٤. وجود تقارب بين قيم زمن التركيز في الطرق الأربع المستخدمة في حساب زمن التركيز، حيث يتراوح المتوسط بين ١,٢٦ و ١,٧٨ ساعة بمتوسط عام ١,٤٥ ساعة، ولم يتجاوز المتوسط العام للمدى ١,٠٢ ساعة.
٥. أظهرت نتائج برنامج WMS بتطبيق نموذج HEC-1 ونموذج TR-55 أنه يمكن الاعتماد على طرق NRC Velocity، وNRC Lag، وKirpich في تقدير خصائص الجريان السيلي، مع استبعاد طريقة Kerby في حساب سرعة الجريان السيلي، مع دمج بعض المتغيرات الأخرى مع زمن التركيز في تقدير خصائص الجريان السيلي، نظراً لتداخل العديد من العوامل مع بعضها البعض.
٦. أفضل الطرق في تقدير خصائص الجريان السيلي هي طريقة NRCS Velocity، لأنها تقوم على تقسيم الحوض إلى ٣ مناطق (المنبع والوسط والمصب) وحساب المتوسط في النهاية، ومن ثم فهي أكثرها دقة، حيث تتباين المتغيرات المؤثرة من مكان إلى آخر داخل الحوض الواحد، وذلك للوصول إلى أعلى دقة في التنبؤات الخاصة بالجريان السيلي.

## المراجع:

### المراجع العربية

١. أبو رية، أحمد محمد، ٢٠١٨: تحليل الخصائص الجيومورفولوجية للمنحدرات الشرقية لهضبة الجلالة البحرية وأثر الأنشطة البشرية عليها، مجلة المجمع العلمي المصري، العدد ٩٣، القاهرة.
٢. بوروبة، محمد فضيل، ١٩٩٩: المدلول الجيومورفولوجي للمتغيرات المورفومترية بالحوض الهيدروغرافي لوادي الكبير الرمال (التل الشرقي - الجزائر)، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٢٢٩، الكويت.
٣. حسن، هويدا توفيق أحمد، ٢٠١٩: النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي أم عدوى بجنوبي سيناء وأثره في التنمية باستخدام برنامج WMS11.1 بتطبيق طريقة SCS-CN، مجلة كلية الآداب، جامعة السويس، أكتوبر، العدد السابع عشر.
٤. خضر، محمود محمد، ١٩٩٧: الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل، رسالة ماجستير، جامعة عين شمس، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
٥. درويش، إبراهيم عبد الله (٢٠١٧): النمذجة الخرائطية لمخاطر السيول في حوض وادي منى (مكة المكرمة) باستخدام طريقة (CN)، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية - الجمعية الجغرافية السعودية، مجلد ١٠، العدد (٢).
٦. صابر، أحمد إبراهيم محمد، ٢٠٠٧: الآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المياه في المنطقة الممتدة من الصف إلي العين السخنة، رسالة دكتوراه، جامعة بنها، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
٧. صابر، أحمد إبراهيم محمد، والبناء، أميرة محمد أحمد، ٢٠١٣: أسلوب مقترح لتحديد معايير درجات خطورة السيول في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الآداب، جامعة الزقازيق، العدد ٦٤.

٨. عبد الحميد، صبحى عبد الحميد عبد الجواد، ٢٠٢٢: أخطار السيول في مدينة القاهرة الجديدة ، النمذجة الهيدرولوجية ثلاثية الأبعاد، مجلة كلية الآداب، جامعة بور سعيد.

### المراجع الأجنبية:

1. Abdelazeem, M.; Fathy, M. & Khalifa, M., 2019: Integrating Magnetic and Stratigraphic Data to Delineate the Subsurface Features in and around New Galala City, Northern Galala Plateau, Egypt, NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, 8:1, pp.131-143
2. Abd- Elshafy, E., & Abd El- Azeam, S., 2010: Paleogeographic Relation of the Egyptian Northern Galala with the Tethys during the Cretaceous Period, Cretaceous Research 31, pp. 291-303.
3. Abdel-Gawad, G. I.; El Qot, G. M. & Mekawy, M. S., 2006: Cenomanian- Turonian Macrobiostratigraphy of Abu Darag Area, Northern Galala, Eastern Desert, Egypt, Intern. Conf. Geol. Arab World (GAW8), Cairo Univ., Giza, Egypt, pp.553-568.
4. Alshakr, A. M., 2021: Geomechanical Properties of Upper Cretaceous-Eocene Carbonates Forming the Foundations of El Galala City, El Galala El Bahariya, Egypt, M. Sc. Thesis, Geology Dep., Faculty of Science, Ain Shams Univ.
5. Azizian, A., 2018: Uncertainty Analysis of Time of Concentration Equations based on First-Order-Analysis (FOA) Method, Asghar Azizian / American Journal of Engineering and Applied Sciences, 11 (1): 327.341
6. Beven, Keith J, 2020: A history of the concept of time of concentration, Hydrology and Earth System, <https://doi.org/10.5194/hess-2019-588>.
7. Elewa, H.H. and A.A. Qaddah, (2011): Groundwater potentiality mapping in the Sinai peninsula, Egypt, using remote sensing and Gis- watershed- based

- modeling: *Hydrogeol. J.*, 19:613-628. DOI: 10.1007/s10040-011-0703-8.
8. Fang, X., Thompson, D., Cleveland, T. G., Pradham, P., & Malla, R. (2008). Time of concentration estimated using watershed parameters by automated and manual methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134, 202-211. con 23.
  9. Grimaldi, S., Petroselli A., Tauro F. & Porfiri M., 2012: Time of concentration: A paradox in modern hydrology, *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*, 57(2).
  10. Isabel Kaufmann de ALMEIDA, Aleska Kaufmann ALMEIDA , Jamil Alexandre Ayach Anache, Jorge Luiz Steffen, Teodorico Alves Sobrinho, 2014: Estimation on Time of Concentration of Overland Flow in Watersheds: A Review, São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 33, n. 4, p.661-67.
  11. Johansson, I.(Ed.),1984: *Nordic glossary of hydrology*. Stockholm: Almqvist and Wiksell International.
  12. Kora, M., 1998: The Permo-Carboniferous Outcrops of the Gulf of Suez Region, Egypt: Stratigraphic Classification and Correlation, *Geodiversitas*, 20 (4), pp. 701-721.
  13. Kosari, M.R., M.A. Saremi Nayeeni, M. Tazeh and F.M. Rahim, 2010: Sensitivity analysis of four concentration time estimation methods in watershed basins. *J. Khoshkboom*, 1: 43-55.
  14. McCUEN, R.H.; WONG, S.L.; RAWLS, W.J, 1984: Estimating urban time of concentration. *Journal of Hydraulic Engineering*, v.110, n.7, p. 887-904.
  15. Nagy, E. D., P. Torma & K. Bene, 2016: Comparing Methods For Computing The Time Of Concentration In A Medium-Sized Hungarian Catchment, *Slovak Journal of Civil Engineering* Vol. 24, No. 4, 8 – 14.
  16. Perdikaris, J.; Gharabaghi, B.; & Rudra, R., 2018: Reference Time of Concentration Estimation for

Ungauged Catchments, Earth Science Research; Vol. 7, No. 2.

17. Saber, A. I. and Hassan, H. T., 2023: Engineering Geomorphology and Geotechnical Assessment of Wadi Abu Daraj, El-Galala El-Bahariya Plateau Using Geomatics Applications, Journal of the Faculty of Arts, Port Said University, 2023, Issue No. 23.
18. Sadatinejad, S.J., Heydari, M., Honarbakhsh, A., Abdollahi, K.H. and Mozdianfard, M.R., 2012: Modelling of Concentration Time in North Karoon River Basin in Iran, World Applied Sciences Journal 17 (2): 194-204.
19. Sandoval-Erazo, W.; T, Toulkeridis; Rodríguez-Espinosa F.; & Merizalde, M. J. Mora, 2018: Velocity and time of concentration of a basin – A renewed approach applied in the Rio Grande Basin, Ecuador, The 4th International Conference on Water Resource and Environment (WRE 2018), IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 191 (2018) 012117
20. Wong, T. S. W., 2005: Assessment of time of concentration formulas for overland flow. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v. 131, n. 4, 2005.
21. Xing Fang, Theodore Cleveland, C. Amanda Garcia, David Thompson, & Ranjit Malla, 2005: Literature Review on Timing Parameters For Hydrographs, Department of Civil Engineering, College of Engineering, Lamar University.