

**تقييم مخاطر السيول وتخفيف حدتها لوادي الصعيد
والمحبس، بمدينة العمار، منطقة القصيم،
المملكة العربية السعودية**

استنادًا إلى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة الهيدرولوجية (WMS)

د. مها عبد الله محمد الضبيحي

تاريخ استلام البحث: ٢٥ / ١ / ٢٠٢٠

تاريخ قبول البحث: ١ / ٣ / ٢٠٢٠

تقييم مخاطر السيول وتخفيف حدتها لوايدي الصعيد والمحبس، بمدينة العمار، منطقة القصيم، المملكة العربية السعودية استنادًا إلى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنهذجة الهيدرولوجية (WMS)

د. مها عبد الله محمد الضبيحي *

أن أحجام السيول لوايدي الصعيد والمحبس تتراوح من ٨, ٢٢٦٦٥٥ م^٣ إلى ٥, ٥٨٢٣٩٤ م^٣، وتتراوح قيم التدفق لهما من ١٤, ٠٩ م^٣/ث إلى ٢٠, ٧٢ م^٣/ث، وتشكل هذه الأودية بوضعها الحالي تهديدًا مباشرًا على الأرواح والممتلكات الأمر الذي يتطلب وضع تدابير للتخفيف من مخاطر السيول لها.

الكلمات الدالة: مخاطر السيول - نظم المعلومات الجغرافية (GIS) - النمذجة الهيدرولوجية (WMS) - وادي الصعيد والمحبس - مدينة العمار.

ملخص:

تتعرض أحواض التصريف في البيئات الجافة وشبه الجافة في العديد من المدن السعودية لسيول مبالغته غير منتظمة الحدوث تشكل خطرًا على مناطق الاستيطان البشري، ويزداد الوضع خطورة في حال تغير أجزاء من حوض التصريف من غطاء طبيعي إلى غطاء حضري، ومدينة العمار محل الدراسة توسعت على حساب وادي الصعيد والمحبس الأمر الذي شكل تهديدًا واضحًا على الأرواح والممتلكات والبنية التحتية للمدينة.

وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم مخاطر السيول وتخفيف حدتها لوايدي الصعيد والمحبس، بمدينة العمار، منطقة القصيم، المملكة العربية السعودية، وذلك بالاستعانة بالنمذجة الهيدرولوجية (WMS) لتقدير حساب كميات مياه السيول ومعدلات تدفقها اعتمادًا على طريقة (SCS Unit Hydrograph)، كما تم الاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإنتاج ورصد خرائط التربة والجيولوجيا والمجموعة الهيدرولوجية والمناطق العمرانية لبيان تأثير المخاطر على مدينة العمار، كما تم تحليل وتقدير عمق الأمطار لمحطة أرصاد فيضة السر (D118) لفترات رجوع مختلفة (٢ و ٥ و ١٠ و ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ سنة)، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي Hyfran، كما تم الاستعانة ببرنامج (Hydraulic Toolbox) عند اقتراح آلية الحماية وتخفيف حدة مخاطر السيول.

وكشف نتائج الدراسة اختراق أودية الصعيد والمحبس للكتلة العمرانية لمدينة العمار من الغرب إلى الشرق والشمال الشرقي، حيث توسعت المدينة عمراياً وتعدت على معظم المجاري المائية لهذه الأودية وأتضح من نتائج الدراسة

* أستاذ الجيومورفولوجيا المساعد بقسم الجغرافيا بكلية الآداب بجامعة الأميرة نورة بنت عبد الرحمن بالرياض، المملكة العربية السعودية.

**FLOOD RISK ASSESSMENT AND MITIGATION
FOR WADI EL SAAID AND MAHBAS, IN THE CITY
OF AL-AMMAR, AL-QASSIM REGION,
SAUDI ARABIA
BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEMS (GIS) AND HYDROLOGICAL
MODELING (WMS)**

Dr. Maha A. Al-Dhubaihy *

Abstract

Drainage basins in arid and semi-arid environments in many Saudi cities are exposed to flood rains that are irregular in occurring and pose a threat to areas of human settlement. The situation becomes more dangerous if parts of the drainage basin change from natural cover to urban cover, and the city of Al-Amar under study expanded at the expense of Wadi El saaid and Mahbas, which posed a clear threat to the lives, property and infrastructure of the city.

This study aims to assess the flood risk and reduce their severity to Wadi El saaid and Mahbas, in the city of Al-Ammar, Al-Qassim Region, Saudi Arabia, using hydrological modeling (WMS) to estimate the calculation of the amounts of flood water and flow rates based on the method (SCS Unit Hydrograph), as was used Geographical Information systems (GIS) for the production and monitoring of soil maps, geology, hydrological group and urban areas to show the impact of risks on the city of Amar, as well as the analysis and estimation of the rain depth of the meteorological station – Faidh Elser(D118) for different return periods (2, 3, 5, 10, 20, 25, 50 and 100 years), using Hyfran statistical analysis program, and (Hydraulic Toolbox) was used when proposing protection mechanism and flood risk mitigation.

The results of the study revealed the pene-

tration of the Wadi El saaid and Mahbas into the urban mass of the city of Al-Amar from west to east and northeast, as the city expanded in age and encroached on most of the waterways of these valleys and it became clear from the results of the study that the flood volumes of Wadi El saaid and Mahbas ranges from 336655.8 m³ to 582394.5 m³, and flow values range For them from 14.09 m³ / s to 20.72 m³ / s, and these valleys in their current state pose a direct threat to life and property, which requires the development of measures to reduce the flood risk.

Key words: flood risk - geographic information systems (GIS) - hydrological modeling (WMS) - Wadi El saaid and Mahbas - the city of Amar

المقدمة:

تعتبر الفيضانات من أخطر الكوارث الطبيعية في العالم التي تعرض أرواح البشر للخطر وتسبب أضراراً في الممتلكات أكثر من أي ظاهرة طبيعية أخرى (Duan, et al, 2014; Aronica, et al, 2012; Forkuo, 2011; Yahaya, et al, 2010; Tsakiris, 2014). ويؤدي التغير في استخدامات الأرض إلى أنواع أقل نفاذية من المناطق السكنية إلى زيادة التعرض لمخاطر الفيضانات (Sala and Inbar, 1992; Li, et al, 2013).

في الوقت الحاضر، لا يمكن تصور تحليل مخاطر الكوارث الطبيعية دون الدعم الرقمي ودعم نظم المعلومات الجغرافية (GIS). والكوارث الطبيعية هي ظواهر متعددة الأبعاد ذات بعد مكاني، مما يجعل نظم المعلومات الجغرافية تطبيقية للغاية لمثل هذا التحليل (Zerger, 2002; Wang, et al, 2011; Vahidnia, et al, 2010; Pate and Srivastava, 2013; Jaafari, et al, 2014; Strobl, et al, 2012; Gong, et al, 2016; Pradhan, et al, 2014; Batherllos, et al, 2012; Batherllos, et al, 2012). وتعد أنظمة المعلومات الجغرافية مناسبة لهذا النوع من الدراسة لأن الأداة الإحصائية الجغرافية القوية يمكنها إدارة كميات كبيرة من البيانات المكانية بفعالية، والعديد من الدراسات التي تتناول مخاطر الفيضانات ونموذج الفيضانات تستخدم نظام المعلومات الجغرافية GIS بشكل فعال (Tehrany, et al, 2013; Hammond, et al, 2014; Djordevic, et al, 2015).

إن نظم المعلومات الجغرافية GIS كأداة قائمة على الحاسوب توفر بيئة مناسبة للإدارة الفعالة لقواعد البيانات الكبيرة والمعقدة المرتبطة عادة بالنموذج الهيدرولوجية ويسهل معالجة البيانات الهيدرولوجية وإدارتها وتفسيرها (Mustafa, et al, 2006). وتطبيق النمذجة الجغرافية المكانية مع مزيج من نماذج الارتفاع الرقمية (DEM) والأدوات الهيدرولوجية لـ ArcGIS، ويسمح بتحديد الخصائص الفيزيائية مثل منطقة مستجمعات المياه وطول الدرجات ومنحدرات منطقة الدراسة بدقة، واستخدامها في نماذج هيدرولوجية مختلفة (Khalid, 2016).

ويمثل فهم الخصائص الهيدرولوجية لمنطقة ما الخطوة الأولى لتحديد المواقع المعرضة لخطر الأضرار الناجمة

عن الفيضانات، في المناطق القاحلة النائية ذات السجلات الهيدرولوجية النادرة والقياسات الميدانية، ويمكن الحصول على هذه الخصائص الهيدرولوجية من البيانات المستشعرة عن بعد، من بين هذه البيانات طوبولوجيا التضاريس (Ghoneim, et al, 2002)، وخصائص الغطاء الأرضي (Gheith and Sultan, 2002)، ونوع سطح الأرض (Ghoneim, 2008). ويمكن اشتقاق متغيرات طوبولوجيا السطح المهمة، مثل شبكة الدفق، ومنطقة مستجمعات المياه، وتدرج السطح من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM).

وقد أصبح استخدام البرامج الهيدرولوجية المناسبة الخيار المفضل لتوليد النماذج الهيدرولوجية (Kpkkpnen, et al, 2001)، والنموذج الهيدرولوجية هي تقنية قوية لفحص النظام الهيدرولوجي وتخطيط وتطوير نهج الإدارة المتكاملة للأنظمة الهيدرولوجية وموارد المياه (Ficlin and Zhang, 2013)، وتزايد التقدم في القوة الحاسوبية وتوافر البيانات المكانية ذات الدقة الدقيقة المتزايدة، ويمكن أيضاً وصف خصائص مستجمعات المياه بدقة عند تحديد استجابة الجريان السطحي لمدخلات هطول الأمطار (Arwa, 2001).

وقد تعرضت معظم المدن السعودية خلال الثلاثون عاماً الماضية إلى تحديات عديدة في التنمية العمرانية وقد كان أبرز التحديات هو التوسعات العمرانية على حساب مجاري الأودية (عبد الكريم، ٢٠١٢م)، ومدينة العمار بمنطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية تعتبر نموذج للمدن التي توسعت عمرانياً على مجاري الأودية الطبيعية بل أن الأمر يزداد تعقيداً لأن أودية المحبس والصعيد تخترق المدينة من الغرب إلى الشرق والشمال الشرقي، وتعرضت معظم هذه المجاري إلى تعديات كبيرة من قبل المطورين الأمر الذي يهدد المدينة بمخاطر سيول محتملة.

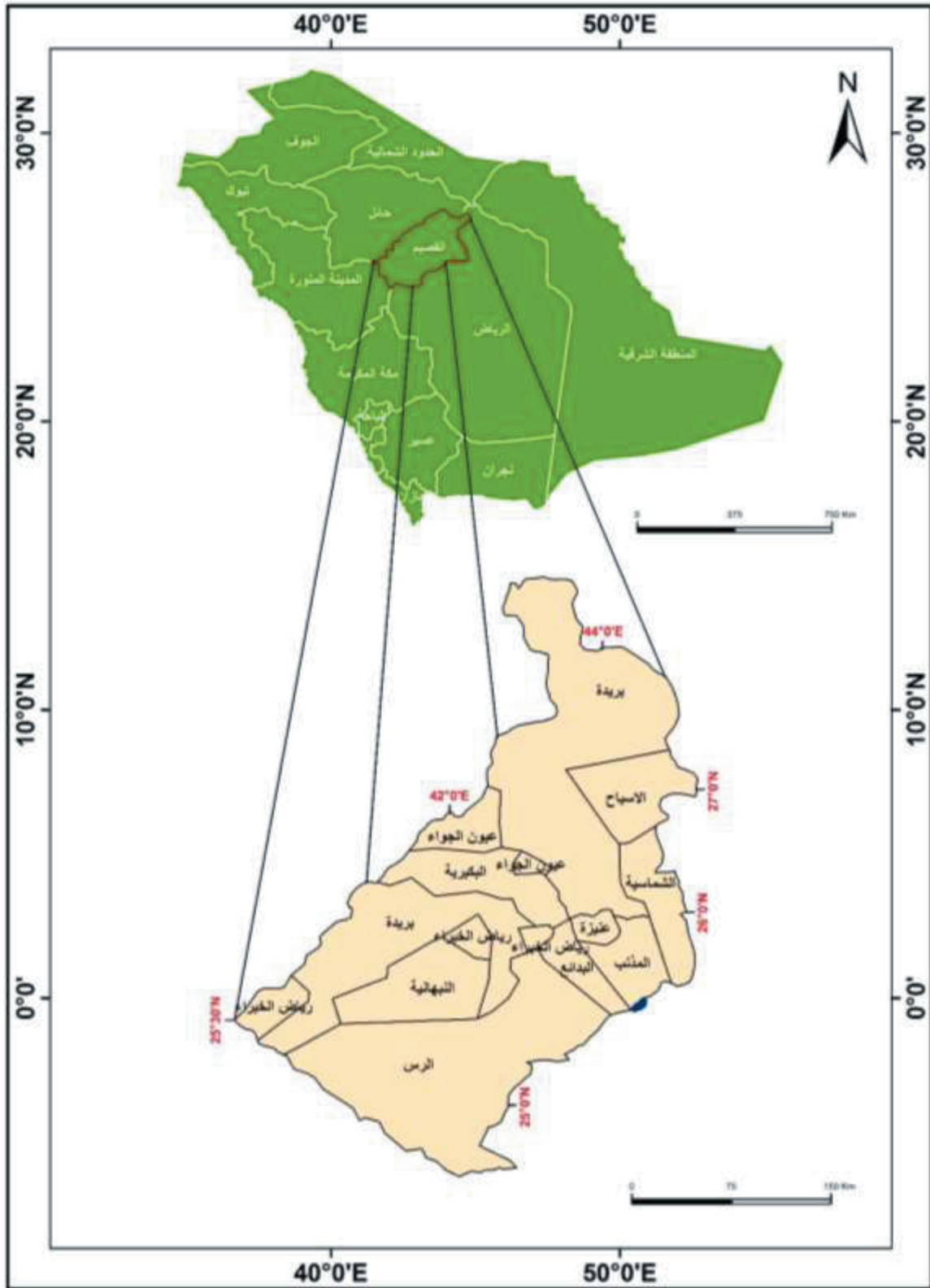
وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم مخاطر السيول وتخفيف حدتها لواديي الصعيد والمحبس، بمدينة العمار، منطقة القصيم، المملكة العربية السعودية، وذلك بالاستعانة بالنموذج الهيدرولوجية (WMS) وبنظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وبسبب اختراق هذه الأودية لمدينة العمار يتطلب ذلك الأمر تدخل هيدروليكي لدرء مخاطر السيول لهذه الأودية وتهذيبها وحماية مدينة العمار من السيول تم وضع آلية لدرء مخاطر السيول عن مدينة العمار.

أولاً: منطقة الدراسة:

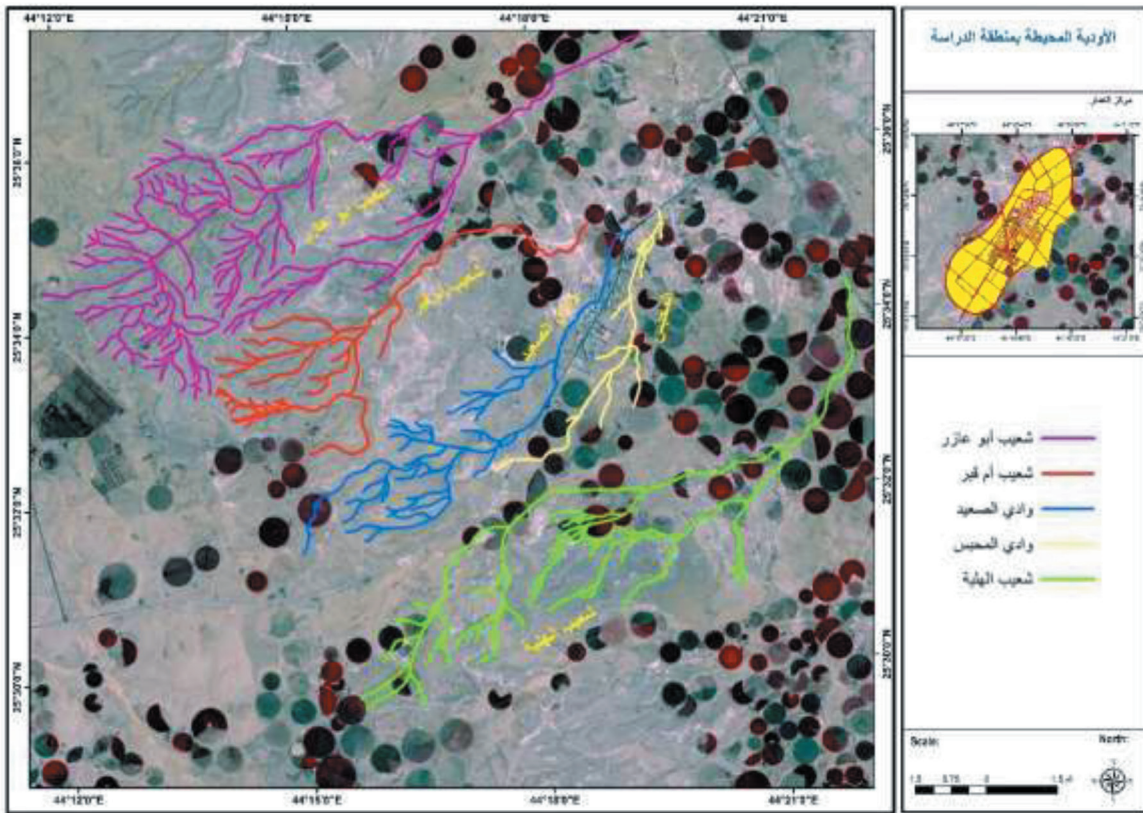
يقع وادي المحبس ووادي الصعيد بمدينة العمار بمنطقة القصيم، ومدينة العمار تبعد عن محافظة المذنب بنحو ٣٥ كم، وتعد مدينة العمار واجهة القصيم من ناحية الجنوب، ويمتد وادي الصعيد والذي يقع إلى الشمال من الكتلة العمرانية لمدينة العمار بطول يصل إلى ١٠ كم من الغرب حيث منابع المياه عند خط طول $12^{\circ} 39' 14''$ و دائرة 44° العرض $28^{\circ} 31' 35''$ حتى نقطة المصب في الشرق عند خط الطول $50^{\circ} 19' 05''$ و دائرة العرض $13^{\circ} 01'$ 25° ، بينما يمتد وادي المحبس والذي يقع جنوب الكتلة العمرانية لمدينة العمار بطول يصل إلى ٧,٥ كم من الغرب حيث منابع المياه عند خط طول $17^{\circ} 31' 77''$ و دائرة العرض 44° العرض $58^{\circ} 31' 58''$ حتى نقطة المصب في الشرق عند خط الطول $50^{\circ} 19' 05''$ و دائرة العرض $29^{\circ} 14' 35''$ 25° . وتتمد هذه الأودية داخل المدينة وداخل حد حماية التنمية، وداخل النطاق العمراني أشكال (١، ٢، ٣).

وتقع مدينة العمار ضمن إقليم منطقة القصيم شمال شرق المملكة العربية السعودية وتعتبر منطقة الدراسة جزء من سلاسل جبال صفراء السر، وتتميز هذه السلسلة الجبلية بضيقتها في الشمال واتساعها في الجنوب. ومن أهم الجبال التي تقع في حيز منطقة الدراسة جبال صفراء السر في الغرب والتي تعد المصدر الرئيسي لمياه الأمطار، وبالتالي المصدر الرئيسي لتغذية حوضي التصريف (وادي المحبس ووادي الصعيد).

على الجانب الآخر يقطع هذه الجبال شبكة من الأودية الفرعية الجافة والتي تكونت نتيجة سقوط الأمطار الغزيرة (العواصف الرعدية الممطرة) في العصور الجيولوجية القديمة ونتيجة استمرار سقوط الأمطار الغزيرة في الأزمنة التكرارية المختلفة، وتمثل هذه الأودية خطراً كبيراً على المدن والقرى والتجمعات السكنية ومنشآت البنية التحتية، وبالرغم من خطورة تلك الأودية فهي تمثل مصدراً هاماً من مصادر المياه السطحية التي تستخدم في الزراعات الموسمية، فتجد انتشار المناطق الزراعية والتجمعات السكانية في مجاري هذه الأودية ويظهر ذلك بوضوح شديد في حوضي تصريف وادي المحبس ووادي الصعيد حيث توجد القرى والتجمعات السكانية في الشرق من جبال صفراء السر.

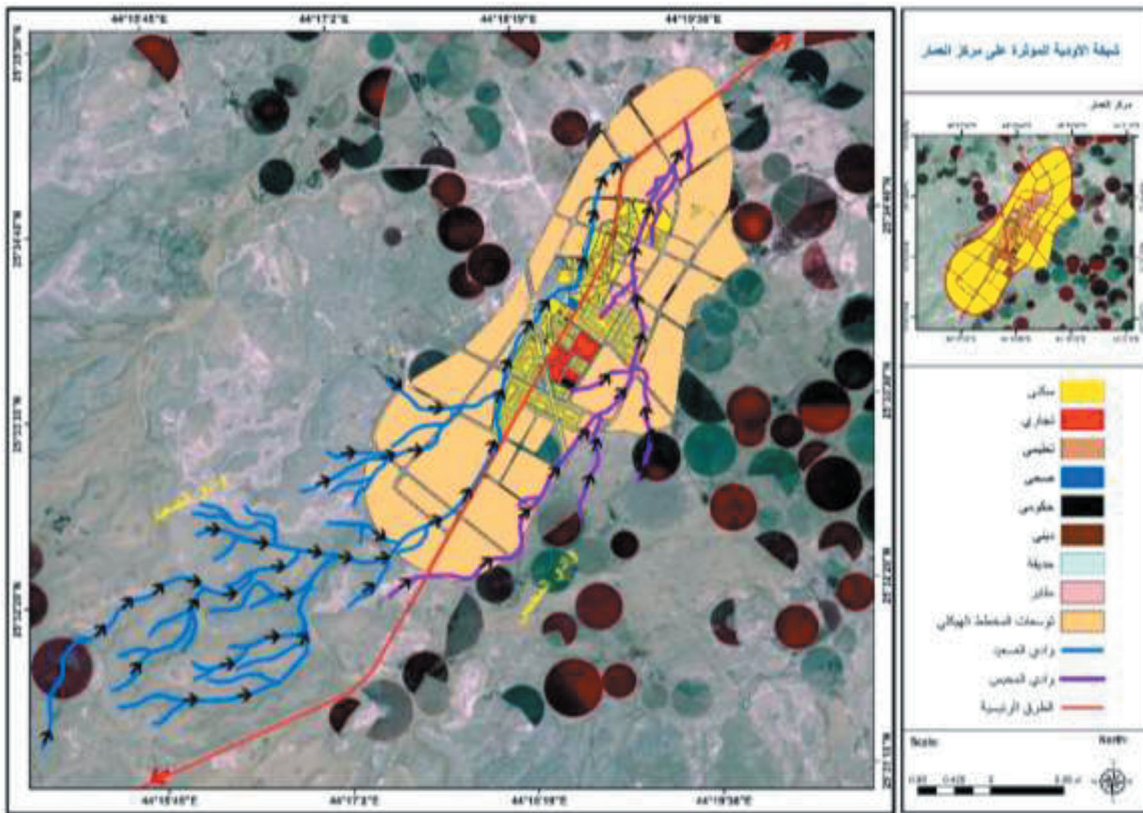


المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على مخطط مناطق المملكة، وكالة تخطيط المدن، وزارة الشؤون البلدية والقروية
شكل (١) موقع أحواض تصريف أودية الصعيد والمحبس المؤثرة على مدينة العمار من المملكة العربية السعودية



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج النمذجة الهيدرولوجية (WMS)

شكل (٢) الأودية المؤثرة على مدينة العمار من الأودية الكلية



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج النمذجة الهيدرولوجية (WMS)

شكل (٣) الأودية المؤثرة على مدينة العمار

ثانياً: أهداف الدراسة:

- التعرف على الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة الدراسة باستخدام النمذجة الهيدرولوجية (WMS) وذلك بالاعتماد على معالجة نماذج الارتفاعات الرقمية (DEMs).
- حساب منحني الهيدروجراف وتقدير أحجام السيول وتدفق الذروة وزمن وصل السيول باستخدام طريقة (SCS Unit Hydrograph) لأحواض التصريف.
- وضع آلية لدرء وتخفيف مخاطر السيول عن مدينة العمار.

ثالثاً: تساؤلات الدراسة:

- قامت الباحثة بطرح عدد من التساؤلات منها:
- هل تتعرض مدينة العمار إلى أخطار السيول؟
 - ما مدى كفاءة النمذجة الهيدرولوجية (WMS) في التعرف على الخصائص المورفومترية والمورفولوجية لأحواض التصريف في منطقة الدراسة؟ وهل الخصائص المورفومترية والمورفولوجية ذات أثر في تكون السيول؟
 - هل تعتبر طريقة (SCS Unit Hydrograph) هي الأكثر ملائمة في المناطق العمرانية؟
 - ما مدى أثر التعديلات الموجودة في حرم الأودية على زيادة مخاطر السيول على منطقة الدراسة؟

رابعاً: منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على منهج التحليل المكاني (Spatial Analysis) الذي يعتمد على الأساليب الكمية الحديثة لتفسير نشأة وتطور الظواهر وربط بعضها ببعض من خلال استخدام النمذجة الهيدرولوجية (WMS) في تحديد مسارات الأودية وحساب الخصائص المورفولوجية والمورفومترية لأحواض التصريف وحساب منحني الهيدروجراف وتقدير أحجام السيول وتدفق الذروة وزمن وصول السيول باستخدام طريقة (SCS Unit Hydrograph)، بالإضافة إلى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرصد المناطق العمرانية واستخدامات الأرض وتحديد المناطق المعرضة لمخاطر السيول في مدينة العمار ووضع آلية مناسبة لدرء مخاطر السيول عن مدينة العمار.

خامساً: إجراءات الدراسة:

تم اشتقاق وترسيم الأودية والأحواض ببرنامج نظام نمذجة الأحواض المائية ((Watershed modeling System Drainage (WMS)) الإصدار رقم من خلال النموذج (module Compute)، من قائمة (DEM) وهي القائمة الرئيسية لاشتقاق وترسيم الأودية والأحواض من خلال (Compute) flow direction/ Accumulation) ليقوم البرنامج بعمل (TOPAZ) لتحديد اتجاهات الجريان والمسارات للأودية، حيث تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ٢٠ متر، وتم مقارنة نتائج مسارات الأودية المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمي بمسارات الأودية للخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠ والمرئيات الفضائية (عبد الكريم، أشرف أحمد علي، ٢٠١٩م). وتم تطبيق النموذج الهيدرولوجي (HEC-1) ضمن حزمة برنامج (WMS) لقدرته في حساب منحني الهيدروجراف بطرق متعددة طبقاً لأحواض التصريف السهلة والمعقدة، وذلك بالطرق الطبيعية أو الاصطناعية، هو واحد من البرامج المستخدمة عالمياً في مجال الهيدرولوجيا وتم تطويره من قبل المنظمة الأمريكية التابعة للجيش، وتم استخدام عاصفة تصميمية بمدة زمنية ٢٤ ساعة، واستخدام توزيع SCS TYPE II، وتم استخدام طريقة SCS لحساب زمن التأخير والتركيز، وذلك للأزمنة التكرارية المختلفة ١٠، ٢٠، ٥٠، ١٠٠ عام، وتم استنتاج مخرجات النموذج الهيدرولوجي المستخدم في الدراسة لاستنتاج هيدروجراف مياه السيول لأحواض التصريف المختلفة وقد تم تحديد واستخراج شبكة الأودية المؤثرة لأحواض أودية الصعيد والمحبس.

وقد كان من الضروري استخدام معادلات رياضية تمثل فواقد المطر أو تربط بين الجريان السطحي والمطر الكلي المتساقط وحساب رقم المنحنى والتصريف الأعظم (م/٣)، فقد تم استخدام معادلة

Kirpich (Ponce and Hawkins, 1996)

لحساب زمن التركيز وهو الزمن اللازم لتجمع مياه الأمطار المتساقطة على سطح الحوض حتى النقطة المطلوب حساب التدفق عندها عن طريق المعادلة رقم (١):

$$(1) \quad t_c = 0.019 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

حيث: T_c = زمن التركيز (دقيقة)، L = طول المسار

الحرز للمياه (كم)، S = انحدار سطح الحوض (%).

الأراضي (USACE, 1998)، وذلك باستخدام المعادلة رقم (٦):

$$S=(1000/CN)-10 \quad (٦)$$

وتم حساب التصريف الأعظم (م^٣/ث) لكل حوض وذلك للفترات التكرارية المختلفة وذلك باستخدام المعادلة (٧):

$$qp = 0.208AQ/(Tp) \quad (٧)$$

حيث: qp = التصريف الأعظم (م^٣/ث)، A = المساحة بالكيلومتر مربع، Tp = الزمن إلى التصريف الأعظم (م^٣/ث)، Q = مقدار الجريان السطحي (ملم).

وتم حساب الزمن إلى التصريف الأعظم باستخدام المعادلة رقم (٨):

$$Tp = \Delta t/2 + T_{LAC} \quad (٨)$$

حيث: Tp = الزمن إلى ذروة التدفق (ساعة)، Δt = مدة العاصفة التصميمية، T_{LAC} = زمن التأخير (ساعة).

سادساً: مصادر البيانات المستخدمة في الدراسة:

تم جمع البيانات من عدة مصادر ولأزمنة مختلفة لرصد التغيرات في الأودية والشعاب لمنطقة الدراسة وهي كالتالي:

- الصور الفضائية وقد تم الحصول عليها من معهد بحوث الفضاء بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية وهي IKONOS، وقد خضعت جميع هذه الصور لعملية التصحيح الهندسي التي سهلت عملية انطباقها، ومن ثم رسم شبكة التصريف المائي، وشبكة الطرق، والتعرف على مواقع المناطق الخطرة، ومنها أماكن التعرف على شبكات التصريف والأحواض ومناطق المنابع والمصببات وكذلك الأودية الرئيسية فيها وشبكة الطرق والتوسع العمراني والمخططات السكنية الجديدة.

- الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠ عدد ٢ خريطة وقد تم الحصول عليها من هيئة المساحة الجيولوجية واعتمد عليها في تحديد واستخراج أحواض وشبكات التصريف وشبكة الطرق.

وتم حساب زمن التأخير باستخدام معادلة SCS Method وهو الزمن الذي ينقضي بين حدوث وحدة من المطر وحدوث وحدة من الجريان عن طريق المعادلة رقم (٢):

$$T_{LAC} = \frac{L^{0.8}(sr+1)^{0.7}}{1900\sqrt{Y}} \quad (٢)$$

حيث: T_{LAG} = زمن التأخير (ساعة)، L = أطول مسار للمياه (قدم)، Sr = أقصى جهد لرطوبة التربة (Maximum retention) ويحسب من معامل المنحنى، Y = الانحدار العام للحوض (نسبة %).

وتم حساب عمق المطر أو السيل المباشر في الحوض لإنتاج الكمية الكلية للسيول عند قيمة المطر الفعلية عن طريق المعادلات (٣-٥)، وقد تم تقدير كمية المياه في المنطقة قبل حدوث السيل مثل الرش والامطار العالقة على النبات باستخدام المعادلة رقم (٤)، ويمكن تبسيط المعادلة (٢) كما هو مبين في المعادلة (٥):

$$Q = (P-Ia)2/((P-Ia+S)) \quad (٢)$$

$$Ia = 0.2Sr \quad (٤)$$

$$Q = ((P-0.2Sr)2)/((P+0.8Sr)) \quad (٥)$$

حيث: Q = السيل المباشر (سم)، P = الأمطار لفترات تكرار مختلفة (سم)، Sr = أقصى جهد لرطوبة التربة، Ia = كمية المياه قبل حدوث السيل، مثل الترشيح والأمطار العالقة على النبات.

وتم حساب أقصى جهد لرطوبة التربة حيث أن CN تمثل رقم المنحنى في طريقة

(Soil conservation services (SCS))

وهذا المعامل يعتمد على طبيعة التربة وإستخدامات

Ct و Cp التي يمكن على أساسها تحديد القيم الأقرب إلى الواقع للتنبؤ بخصائص السيول، ودراسة داوود، وآخرون، (٢٠١٢م) عن تقييم مخاطر الفيضانات المفاجئة بمدينة مكة المكرمة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية، حيث تم في هذه الدراسة تطوير نظام معلومات جغرافي لتحديد حجم وتوزيع خصائص الفيضانات مكانياً، وذلك عن طريق دمج عدة قواعد معلومات طبوغرافية ومناخية وجيولوجية واستخدامات الأراضي، في إطار متكامل يستخدم طريقة منحني الأرقام CN لنمذجة الفيضانات في الأودية القاحلة التي لا تتوافر عندها قياسات حقيقية للفيضان.

ودراسة الدغيري، والعضوي، (٢٠١٧م) عن التحليل الهيدرولوجي وتقدير حجم السيول في حوض وادي الوطاة بمنطقة القصيم، حيث اعتمدت الدراسة على اعتماد الباحثان على نموذج سنايدر Snyder ونموذج Soil Conservation Service (SCS) في حساب قيم الهيدرولوجراف القياس لحوض الوادي، وتم استخدام قيم الهيدرولوجراف القياسي وتسيقاته Unit hydrographic ordinates في حساب متغيرات وقيم هيدرولوجراف السيول (هيدرولوجراف العاصفة) Storm hydrograph، وأظهرت الدراسة أن تدفق الذروة في وادي الوطاة المحسوب بنموذج سنايدر Snyder في فترات الرجوع (١٠٠،٥٠،٢٥،١٠،٥ سنة) يبلغ ٢٦،٢٦ م^٣/ث، ٥٦،٢٨ م^٣/ث، ٥٨،١٦٦ م^٣/ث، ٦٧،٢٣١ م^٣/ث، ٥٤،٥٦٠ م^٣/ث على التوالي، بينما بلغ تدفق الذروة في وادي الوطاة المحسوب بنموذج الهيئة الأمريكية لخدمة صيانة التربة SCS في فترات الرجوع المشار إليها ١،٥٨ م^٣/ث، ١٨،٦٥ م^٣/ث، ٨٠،٥٨ م^٣/ث، ٤٣،١٦٠ م^٣/ث، ٩٠،٢٧٠ م^٣/ث على التوالي، ودراسة بوروبه، (٢٠٠٧م)، عن دراسة هيدرولوجية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية، حيث تم من خلالها تم من خلالها تقدير حجم السيول وتدفق الذروة الأقصى والمتوسط والأدنى لأحواض أودية عتود الأعلى، ومربا، وضيع، بتطبيق نموذج سنايدر Snyder، وقد تراوحت قيم تدفق الذروة الأقصى بين ٩،١٢٥٤ و ٥،١٨٨٦ م^٣/ث، وقيم تدفق الذروة المتوسط بين ٤،١٢٦ و ١،١٨٥ م^٣/ث، وقيم تدفق الذروة الأدنى بين ١،٣٦ و ٨،٤٩ م^٣/ث في حوضي عتود الأعلى ووادي ضلع على التوالي، ومن ثم فهي دراسة

• الخرائط الجيولوجية مقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠ وعددها خريطة واحدة وقد تم الحصول عليها من هيئة المساحة الجيولوجية ومنها أمكن تحديد أنواع التكوينات الجيولوجية التي تغطي أحواض التصريف.

• نموذج الارتفاعات الرقمية DEM وقد تم الحصول عليها من معهد بحوث الفضاء بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بدقة (٣٠م)، وتم الاعتماد عليها في تحليل تضاريس سطح الأرض وذلك لرسم الخريطة الكنتورية وتحليل الانحدار واستخراج على شبكات التصريف والأحواض ومناطق المنابع والمصببات.

• نشرة الأمطار اليومية والشهرية لتحليل تكرار السيول وكمياتها من وزارة البيئة والمياه والزراعة لمحطة أرصاد فيضة السر (D118) خلال الفترة ١٩٧٠م إلى ٢٠١٨م.

سابعاً: البرامج المستخدمة:

اعتمدت الباحثة على مجموعة من البرامج ومن أهمها: برنامج WMS الإصدار رقم ١١ في رسم واشتقاق الأودية والأحواض واستخراج الخصائص المورفومترية والجيومترية، واستخراج هيدرولوجرافات مياه السيول، وبرنامج ArcGIS الإصدار رقم ١٠،٧ في إخراج الخرائط، رسم وترقيم وإدخال البيانات الوصفية للخرائط الجيولوجية واستخدامات الأرض، وبرنامج Global Mapper الإصدار رقم ١٨ لتحويل نموذج الارتفاعات الرقمية DEM إلى صيغة يقرأها برنامج WMS، وبرنامج Hyfran الإصدار رقم ١،٢ للتحليل الإحصائي للأمطار لاستخراج عمق الأمطار لفترات رجوع مختلفة، وبرنامج Hydraulic Toolbox الإصدار رقم ٤،٤ لتصميم القنوات المقترحة.

ثامناً: الدراسات السابقة:

ومن أبرز الدراسات العربية دراسة الجعيدي، وبروبه، (٢٠٠٧م) عن تقدير تدفق الذروة للسيول بحوض وادي العين بمحافظة الخرج في المملكة العربية السعودية، التي اعتمدت على المتغيرات المورفومترية المستخلصة من صور القمر الصناعي سبوت Spot-5 (٥ متر) وتحليلها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وفدي قدمت الدراسة القيم القصوى والوسطى والدنيا لتدفق الذروة وأحجام الجريان، وهذه الدراسة كسابقتها لم تحدد القيم المناسبة لمعاملي ال-

لثلاثة روافد صغيرة من حوض وادي عتود.

ومن أبرز الدراسات الأجنبية دراسة عبد الكريم، أشرف، جابر، أحمد (Ashraf and Ahmed, 2019)، عن تقييم مخاطر السيول لحوض وادي نعمان، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية خلال الفترة ١٩٨٨-٢٠١٩م، استناداً إلى التكامل ما بين الجيوماتكس والنمذجة الهيدروليكية، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثير الفعال للفيضانات المفاجئة لحوض وادي نعمان على المناطق الحضرية شرق مدينة مكة المكرمة خلال الفترة ١٩٨٨-٢٠١٩م والتي تتعرض لسيول متكررة، من خلال نهج متكامل للجيوماتكس والنمذجة الهيدروليكية، وذلك بإنتاج وتحليل خريطة المناطق العمرانية المعرضة للغمر بمياه الفيضان خلال الفترة ١٩٨٨-٢٠١٩م، وتقديم خريطة مخاطر فيضان وادي نعمان استناداً إلى خريطة مصفوفة المخاطر، وتقديم خريطة تدابير وبدائل الحماية المقترحة لمنطقة الدراسة.

وقام عبد الكريم، أشرف، وآخرون (Ashraf, et al, 2019) بتطبيق نهج جديد لتحديد المناطق العمرانية المعرضة لمخاطر السيول لمدينة تبوك مع تقديم آلية مقترحة لدرء حماية المدينة عن طريق التكامل بين النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية، ودراسة عبد الكريم، أشرف (Ashraf, 2019) عن تقييم مخاطر السيول المحتملة على طريق جازان - أبها، المملكة العربية السعودية، حيث تهدف هذه الدراسة إلى تقديم مقترح ونهج جديد لتقييم مخاطر السيول المحتملة لمشاريع البنية التحتية من خلال نموذج حالة طريق جازان - أبها من خلال إنشاء خريطة لتصنيف المناطق المعرضة لمخاطر السيول لطريق جازان - أبها، ووضع خرائط الحلول والمقترحات والبدائل المناسبة لدرء مخاطر السيول.

ودراسة عبد الكريم، أشرف، وآخرون (Ashraf, et al, 2019) عن تكامل الاستشعار عن بعد والنمذجة الهيدرولوجية في تقييم أثر تغير مورفولوجية استخدامات الأرض على زيادة مخاطر السيول، مسار قطار الرياض - الدمام، المملكة العربية السعودية: دراسة حالة، حيث تهدف الدراسة الحالية إلى قياس أثر تغير مورفولوجية استخدامات الأرض على زيادة مخاطر السيول من خلال التطبيق على حالة انجراف مسار قطار الرياض - الدمام التي تسببت في انجراف القطر عن مساره ونتج عن ذلك أضرار في الأرواح والممتلكات والبنية التحتية نتيجة التدخلات البشرية في إعادة

تخطيط استخدامات الأرض وتغير مورفولوجيتها بالتدري على الأودية الطبيعية وهو الأمر الذي أدى إلى فقدان التوازن البيئي والأيكولوجي لخصائص منطقة الدراسة.

ودراسة موسانديجي، وآخرون (Musandji, et al, 2019) عن تقييم النموذج الهيدرولوجي باستخدام نموذج PUMMA في مستجمعات المياه Mercier في فرنسا، حيث تهدف هذه الدراسة إلى استخدام نموذج PUMMA في مستجمعات المياه الفرعية، وتؤكد على أهمية دمج تصريف المخرج والمتغيرات الداخلية المرصودة في تقييم مخرجات النماذج الهيدرولوجية الموزعة، ودراسة شيان هونغ، وآخرون (Xianhong, et al, 2019) عن الاعتماد المطول للنظام الهيدرولوجي على تغيير الغطاء الأرضي في إقليم الصين الشمالي الثلاثة: تقييم في ظل الظروف المناخية المستقبلية، حيث تهدف هذه الدراسة إلى تقييم اعتماد النظام الهيدرولوجي في المستقبل (٢٠٢٠-٢٠٩٩م) على تغيير الغطاء الأرضي الماضية (من ١٩٨٦ إلى ٢٠١٥م) ومحاكاة العمليات الهيدرولوجية في المنطقة بأكملها، ودراسة دان وآخرون (Dan, et al 2019) عن ملاءمة هطول الأمطار بواسطة الأقمار الصناعية لمحاكاة توازن الماء باستخدام ملاحظات متعددة في المناطق الرطبة، وتقييم هذه الدراسة مدى ملاءمة خمسة منتجات شهيرة معتمدة على الأقمار الصناعية في نمذجة توازن المياه في منطقة رطبة في الصين خلال الفترة ١٩٩٨-٢٠١٢.

كما قام ليوبومير وآخرون (Ljubomir, et al 2017) بتطبيق منهجية نظم المعلومات الجغرافية والتحليل التسلسلي الهرمي في رسم خرائط مخاطر الفيضانات في المناطق الحضرية، حيث تهدف هذه الدراسة إلى تقديم منهجية موثوقة متعددة المعايير لنظام المعلومات الجغرافية لرسم خرائط المناطق الخطرة للمناطق المعرضة للفيضانات في المناطق الحضرية، ودراسة أوكيرت (Ockert, 2019) عن تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لاستكشاف العلاقة بين الخصائص الجيومورفولوجية مستجمعات المياه وزمن الاستجابة: دراسة حالة في أربع مناطق مناخية، جنوب أفريقيا، حيث تهدف هذه الدراسة إلى لاستكشاف العلاقة بين خصائص مستجمعات المياه الجيومورفولوجية ووقت استجابة مستجمعات المياه المرصودة عن طريق تقييم التأثيرات الفردية والمجمعة لجيومورفولوجيا مستجمعات

الهيدروليكي (HEC-RAS) واستخرجت الدراسة خريطة المناطق المعرضة للمخاطر.

واستخدم ميلنيغ وآخرون (Meiling, et al, 2016) نموذج HEC-HMS، لمحاكاة جريان المياه في المنطقة شبه الجافة في شمال غرب الصين، وقام نورهان وآخرون (Norhan, et al, 2016) بمحاكاة علاقات جريان المياه، وهطول الأمطار، باستخدام نموذج HEC-HMS في البيئة الجافة في وادي العقيق، المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية، وقام سامباث وآخرون (Sampath, et al, 2015) بتصميم العلاقات بين هطول الأمطار، وجريان المياه، باستخدام نموذج HEC-HMS في مستجمعات المياه المدارية في سريلانكا، وقام خليل وآخرون (Khalil, et al, 2017) باستخدام HEC-HMS، وطريقة Muskingum-Cunge في حساب فقدان التدفق المائي للمستجمعات الفرعية، باستخدام الأساليب القائمة علي نظم المعلومات الجغرافية، لوادي الليث، بالمملكة العربية السعودية، كما قام لواتشاريا ومنصوري (Laouacheria and Mansouri, 2015) بدراسة نموذج HEC-HMS من خلال استخدام العاصفة التكرارية، لمحاكاة جريان المياه في مستجمعات المياه الحضرية الصغيرة في شمال شرق الجزائر، ودراسة إسماعيل، الخراشي (Ismail, 2015) عن إعداد خرائط لمخاطر الفيضانات باستخدام صور الأقمار الصناعية وأدوات نظم المعلومات الجغرافية، دراسة حالة لمدينة نجران، المملكة العربية السعودية، حيث تهدف هذه الدراسة إلى إنتاج خريطة لمخاطر الفيضانات باستخدام صور الأقمار الصناعية وعملية التحليل التسلسلي الهرمي (AHP) لتحديد وزن التأثير النسبي للعوامل المسببة للفيضانات للحصول على مؤشر لمخاطر الفيضانات (FHI).

وتنفرد هذه الدراسة بأنها من الدراسات القلائل التي وظفت النموذج الهيدرولوجي (HEC-1) التابع لبرنامج (WMS) من أجل حساب منحني الهيدروجراف وتقدير أحجام السيول وتدفق الذروة وزمن وصول السيول باستخدام طريقة (SCS Unit Hydrograph)، كما وظفت هذه الدراسة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتجهيز مصادر البيانات لهذا النموذج، وتتشابه هذه الدراسة مع الدراسات

المياه وجيومورفولوجيا القنوات ومتغيرات مستجمعات المياه على زمن الاستجابة وتوليد الجريان السطحي، ودراسة إيمانويل، وديفيد (Emmanuel and David, 2019) عن تقدير المخاطر الهيدرولوجية لبلدية Yautepec de Zaragoza، موريلوس، المكسيك، حيث تهدف هذه الدراسة إلى إنشاء سيناريوهات المخاطر الهيدرولوجية للمنطقة الحضرية في بلدية Yautepec de Zaragoza مع الأخذ في الاعتبار النمذجة الهيدروليكية لأنهار Yautepec الفرعية والتحليل الإحصائي لتصريفات الحد الأقصى السنوي لفترات العودة (Rp) البالغة 50، 100 و 500 سنة.

ودراسة أوميد، وآخرون (Omid, et al, 2019) عن نمذجة مخاطر الفيضانات الحضرية باستخدام الشبكة العصبية ذاتية التنظيم، حيث قيمت هذه الدراسة أداء خوارزمية SOMN لرسم خرائط مخاطر الفيضانات في المناطق الحضرية. تم استخدام مقياسين للتقييم الإحصائي، وهما إحصائيات المهارات الحقيقية (TSS) والمنطقة الواقعة أسفل منحني خاصية تشغيل المستقبل (AUC-ROC) لتحديد الأداء الجيد والملائم لخوارزمية SOMN، ودراسة يي وآخرون (Ye, et al, 2018) عن تكامل نموذج هيدرولوجي بارز مع الشبكات العصبية المتكررة لتحسين التنبؤ بالتدفق في أحواض شيانغجيانغ ونهر تشجيانغ، ودراسة جونج هون وآخرون (Jung-Hun, et al, 2019) عن إضفاء الطابع الإقليمي على نموذج الجريان السطحي للأقطار: القيود والإمكانات حيث أظهرت هذه الدراسة أهمية اختيار وظيفة موضوعية من إقليمي نموذج (RR).

كما قام لويس وآخرون (Louise, et al, 2019) بقياس القدرة على مواجهة الفيضانات في المناطق الحضرية - مؤشر متعدد المعايير لدمج القدرة على مواجهة الفيضانات في التخطيط الحضري في مستجمع نهر دونا يوجينيا في ريو دي جانيرو من خلال أربعة سيناريوهات مختلفة، ودراسة محمد وآخرون (Mohamed, et al, 2019) عن تقييم سريع لمخاطر الفيضانات في البيئة القاحلة في المناطق الحضرية: دراسة حالة لجامعات طبية والجامعات الإسلامية، المدينة المنورة، المملكة العربية السعودية، حيث وقد اعتمدت هذه الدراسة على توظيف النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) وتكامله مع النموذج

السيول (عبد الكريم، أشرف أحمد علي، ٢٠١٨م)، ومن خلال الرجوع إلى بيانات نظام نشرة السدود والأمطار اليومية، في وزارة البيئة والمياه والزراعة وجد أن منطقة الدراسة تتأثر بمحطة أرصاد فيضة السر (D118)، ووجد أنها تغطي الفترة ما بين ١٩٧٠م إلى ٢٠١٨م أي نحو ٤٣ سنة، وقد تم تحديد عمق المطر لفترات تكرار مختلفة (١٠٠،٥٠،٢٥،٢٠،١٠،٥،٣،٢ سنة)، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي Hyfran، وتم تطبيق التوزيعات الإحصائية المختلفة مثل

(Normal, Log-Normal, Log-Pearson Type III, Pearson Type III, Gumbel, Exponential)، وتم التوصل إلى أن طريقة (Exponential) هي الطريقة الأمثل، الأشكال (٥،٤)، والجداول (٣،٢،١).

السابقة وخاصة دراسات عبد الكريم، أشرف التي تناولت درء مخاطر السيول عن المدن السعودية مثل دراسته عن: مدينة تبوك والليث والدمام ونعمان بمكة المكرمة، كما تنفرد الدراسة بأنها تتناول تقييم مخاطر السيول للمدن الصغيرة والمتوسطة والتي هي بحاجة ماسة لإلقاء الضوء عليها وحمايتها قبل التوسع العمراني ودخولها في الفئة الأعلى للمدن الكبيرة.

تاسعاً: النتائج والمناقشة:

١. تحليل كميات الأمطار لفترات رجوع مختلفة:

يعتبر التحديد الدقيق لكميات الأمطار التي هطلت على الحوض المائي، من أهم العوامل التي تساعد على حسابات السيول المتجمعة من تلك الأمطار بشكل دقيق كما تعتبر الأساس الصحيح للإحصائيات المائية واحتمالات تكرار

جدول (١) كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة أرصاد فيضة السر (D118)

السنة	الأمطار اليومية القصوى	السنة	الأمطار اليومية القصوى	السنة	الأمطار اليومية القصوى
١٩٧٠	١٢	١٩٨٩	٨،٣	٢٠٠٦	١٣،٢
١٩٧١	٢،٦	١٩٩٠	٤،٦	٢٠٠٧	١٤،١
١٩٧٢	٢٥،٢	١٩٩١	١٠،٣	٢٠٠٨	١٦،٨
١٩٧٤	١٤	١٩٩٢	٧،٦	٢٠٠٩	١١،٦
١٩٧٦	٤٠،٢	١٩٩٣	٣٧،٣	٢٠١٠	٢٢
١٩٧٩	١٦،٧	١٩٩٤	١٦،٤	٢٠١١	٢٩،٧
١٩٨٠	٢٢،٣	١٩٩٥	٣١،٦	٢٠١٢	٢٤،٨
١٩٨١	٣٤،٢	١٩٩٦	١٨،٢	٢٠١٣	٣٢
١٩٨٢	٢٧،٢	١٩٩٧	٢٦،٦	٢٠١٤	١٧،١
١٩٨٣	١٢،٤	٢٠٠٠	٣٠،٨	٢٠١٥	١٤،٤
١٩٨٤	٩،٥	٢٠٠١	٢٥	٢٠١٦	٢٦،٢
١٩٨٥	١١،٥	٢٠٠٢	٢٠	٢٠١٧	٢٤،٣
١٩٨٦	١١،٢	٢٠٠٣	١٢	٢٠١٨	٣١،٩
١٩٨٧	١١،٣	٢٠٠٤	١٥		
١٩٨٨	٩،٣	٢٠٠٥	١٧		
	القيمة العظمى		٤٠،٢		
	القيمة المتوسطة		١٩،٠٣		
	القيمة الصغرى		٢،٦		
	الانحراف المعياري		٩،٢٥		

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على بيانات نظام نشرة السدود والأمطار اليومية، في وزارة البيئة والمياه والزراعة

جدول (٢) التوزيع الإحصائي للأمطار لموقع محطة أرصاد فيضة السر (D118) عند الأزمنة التكرارية المختلف

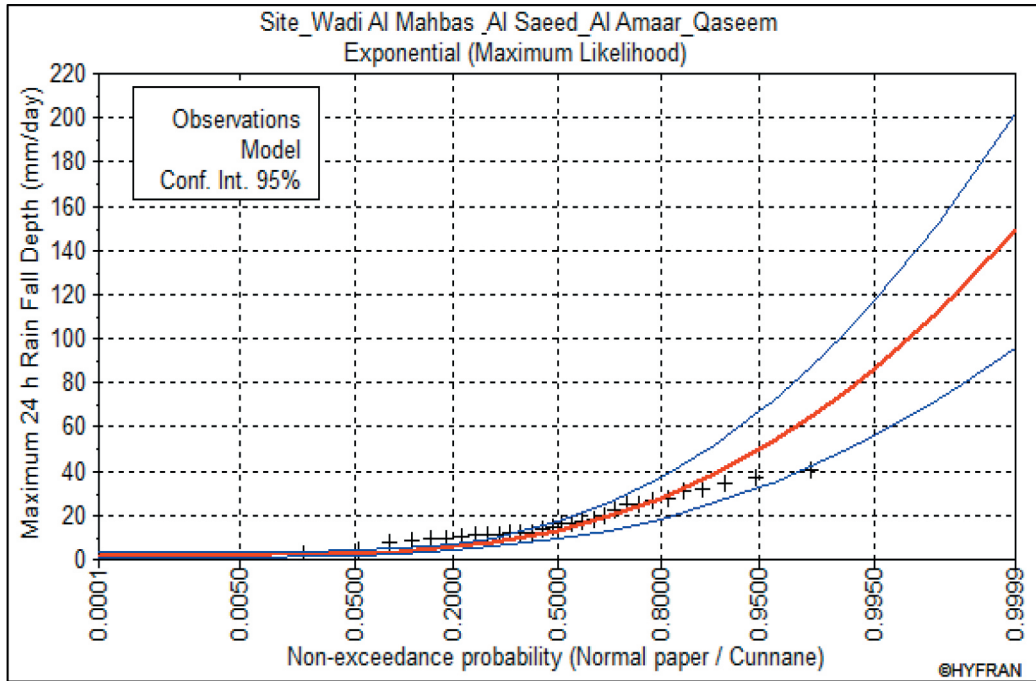
عمق المطر التصميمي للأزمنة التكرارية المختلفة								التوزيع الإحصائي
١٠٠	٥٠	٢٥	٢٠	١٠	٥	٣	٢	
٤١,١	٣٨,٤	٣٥,٤	٣٤,٣	٣٠,٧	٢٦,٤	٢٢,٣	١٨	Normal
٦٥,٢	٥٥	٤٥,٥	٤٢,٦	٣٤	٢٥,٨	٢٠	١٥,٣	Log- Normal
٤٧	٤٢,٩	٣٨,٤	٣٦,٨	٣١,٧	٢٥,٨	٢٠,٩	١٦,٣	Log-Person Type III
٤٨,٩	٤٣,٩	٣٨,٧	٣٧	٣١,٥	٢٥,٥	٢٠,٨	١٦,٢	Person Type III
٥٠,٧	٤٥	٣٩,٣	٣٧,٤	٣١,٦	٢٥,٥	٢٠,٧	١٦,٣	Gumbel
٧٥,٥	٦٤,٤	٥٣,٤	٤٩,٨	٣٨,٨	٢٧,٧	١٦,٩	١٣,١	Exponential

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على التحليل الإحصائي عن طريق برنامج Hyfran

جدول (٣) عمق الأمطار لفترات رجوع مختلفة لموقع محطة أرصاد فيضة السر (D118)

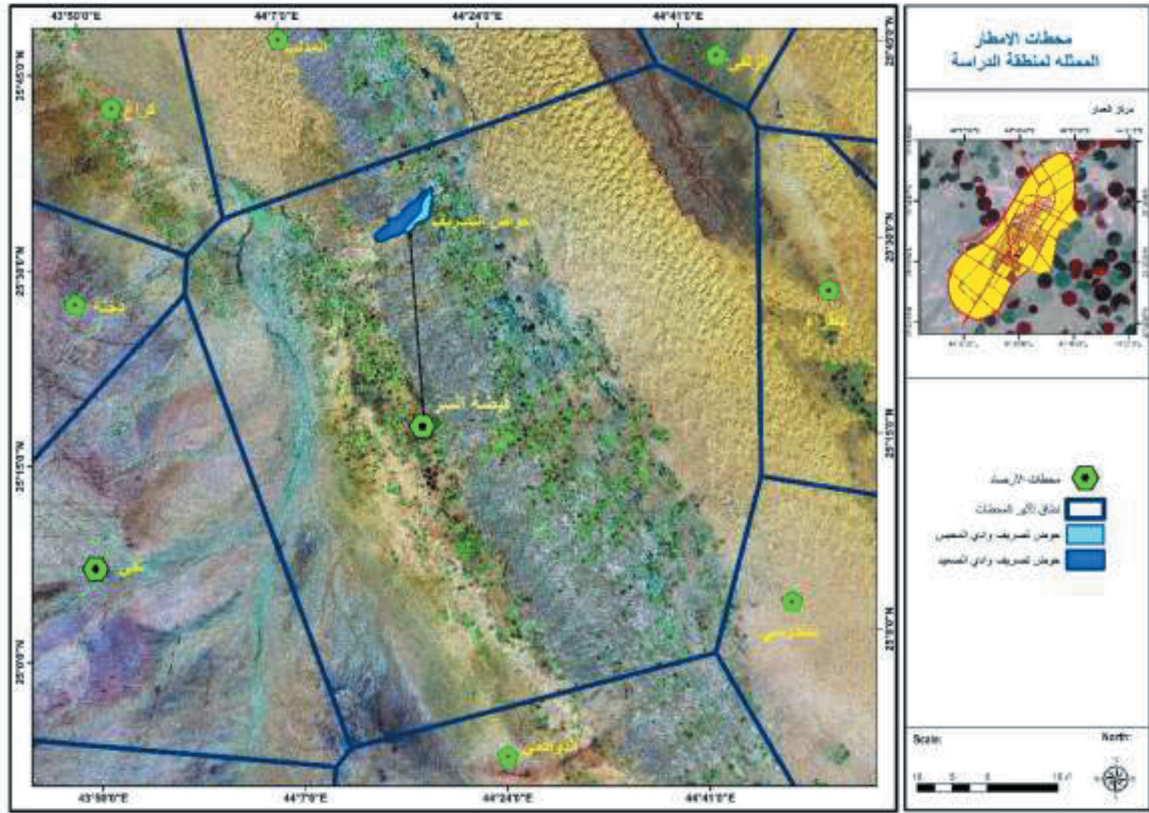
١٠٠	٥٠	٢٥	٢٠	١٠	٥	٣	٢	فترات تكرارية
٧٥,٧	٦٤,٤	٥٣,٤	٤٩,٨	٣٨,٨	٢٧,٧	١٩,٦	١٣,١	فيضة السر (D118)

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على التحليل الإحصائي لطريقة Exponential عن طريق برنامج Hyfran



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على التحليل الإحصائي لطريقة Exponential عن طريق برنامج Hyfran

شكل (٤) منحنى التوزيع الإحصائي لبيانات محطة فيضة السر (D118) بطريقة Exponential



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج ArcGIS

شكل (٥) مواقع محطات قياس الأمطار الممثلة لمنطقة الدراسة بطريقة (Tyson polygons)

الكتلة العمرانية حتى حد التنمية بطول ١ كم، ومن الغرب حتى حدود المدينة بطول ٤ كم، بينما المسافة التي يخترقها بداخل المدينة تبلغ ٢ كم، وبلغ معامل الاستطالة لحوض وادي المحبس ٠,٢٢، وبلغ معامل الاستدارة ٠,٢٢، وبلغ معامل شكل الحوض ٠,٢، وبلغ معامل الاندماج ١٦,٢، وبلغ معامل الانبعاج نحو ١,٦، في حين بلغ معامل الانعطاف ٠,٩، الأشكال (٦,٧,٨,٩,١٠,١١) والجداول (٤,٥).

٢. استخراج الخصائص المورفولوجية من برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS):

يؤثر على مدينة العمار حوضين رئيسيين وهم وادي الصعيد ووادي المحبس، ويمتد وادي الصعيد بطول يصل إلى ٩,٩٧ كم، وتصل مساحة حوض التجميع للوادي حوالي ١٤,٤٩ كم، وانحدار حوض الوادي بلغ ٠,١٥٩ م/م، وينقل هذا الحوض مياه الأمطار من الجهة الغربية إلى الجهة الشرقية والشمالية الشرقية، ويخترق الوادي الكتلة العمرانية حتى حد التنمية بطول ٥,٥ كم، ومن الغرب حتى حدود المدينة بطول ٦ كم، بينما المسافة التي يخترقها بداخل المدينة تبلغ ٦ كم، وبلغ معامل الاستطالة لحوض وادي الصعيد ٠,٢٢، وبلغ معامل الاستدارة ٠,٢٠، وبلغ معامل شكل الحوض ٠,١، وبلغ معامل الاندماج ٢,٢، وبلغ معامل الانبعاج نحو ١,٧، في حين بلغ معامل الانعطاف ١,١، ويمتد وادي المحبس بطول يصل إلى ٦,٧٨ كم، وتصل مساحة حوض التجميع للوادي حوالي ٧,٠٧ كم، وانحدار حوض الوادي بلغ ٠,٠٨٩ م/م، وينقل هذا الحوض مياه الأمطار من الجهة الغربية إلى الجهة الشرقية والشمالية الشرقية، ويخترق الوادي

جدول (٤) الخصائص المورفولوجية لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار

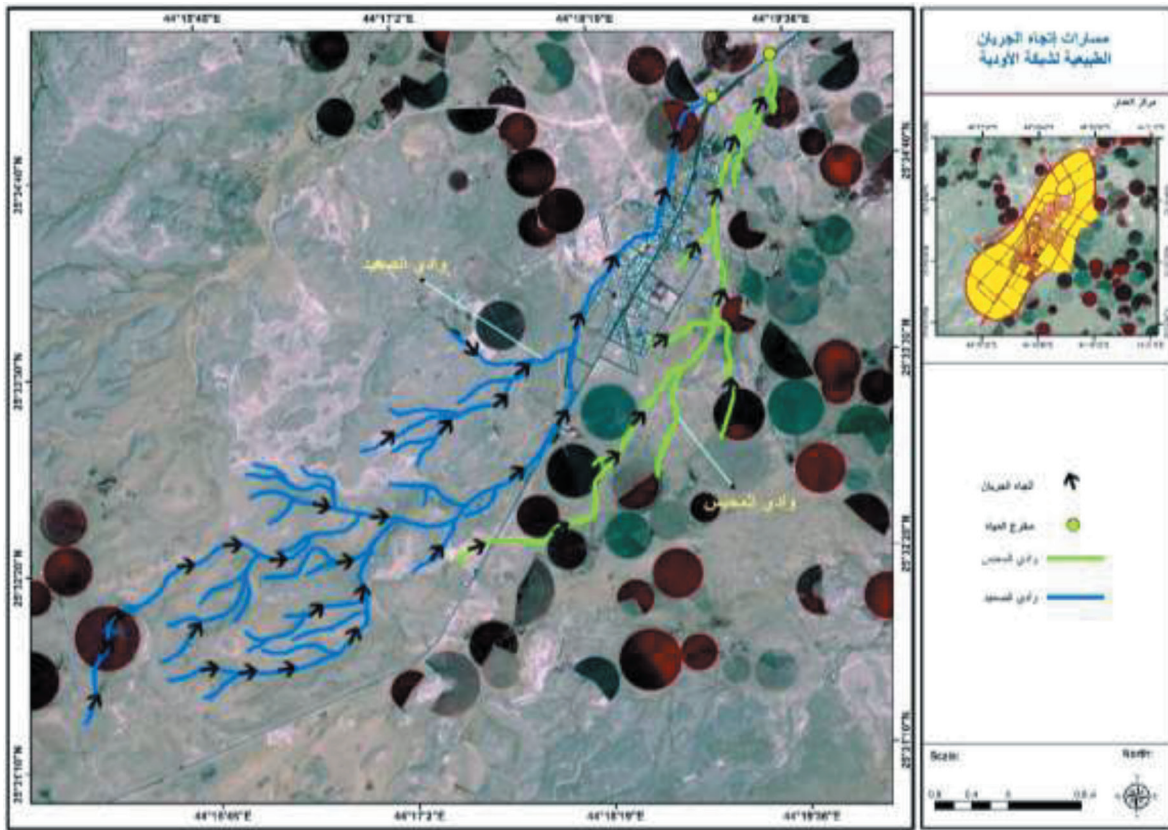
وادي المحبس	وادي الصعيد	المعاملات المورفومترية
٢ كم ٧,٠٧	٢ كم ١٤,٤٩	المساحة
م/م ٠,٠٠٨٩	م/م ٠,٠١٥٩	انحدار الحوض
م ٥٩٧,٠٩	م ٥٤٥,٨٩	معدل التدفق السطحي
م ٦٧٨٥,٧٨	م ٩٩٧٤,٢٨	طول الحوض
م ٢٠٢١٩,٩٦	م ٢٠١١٣,٩٦	محيط الحوض
(%) ٦,٥١	(%) ٦,٨٧	معامل الشكل
msl/l ٠,٨٨	msl/l ١,١٥	معامل الانعطاف
م ٧٨٨٠,٥١	م ١٢١٥٢,١٩	أطول مسار في الحوض
م/م ٠,٠٠٩٠	م/م ٠,٠٠٨٤	أكبر انحدار في الحوض
م ٥٩٧٧,٠٥	م ١١٤٢٧,١٨	الطول الأقصى للمجرى
م/م ٠,٠٠٦١	م/م ٠,٠٠٨٤	الانحدار الأقصى للمجرى
م ١٧٧,٦٦	م ٢٢٥,٠	المسافة من أوسط المجرى
م ٢٧٢٢,٤٩	م ٦٦٧٨,٧١	المسافة من وسط المجرى
م/م ٠,٠٠٥٦	م/م ٠,٠٠٧١	الانحدار من أوسط المجرى

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)

جدول (٥) أهم الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار

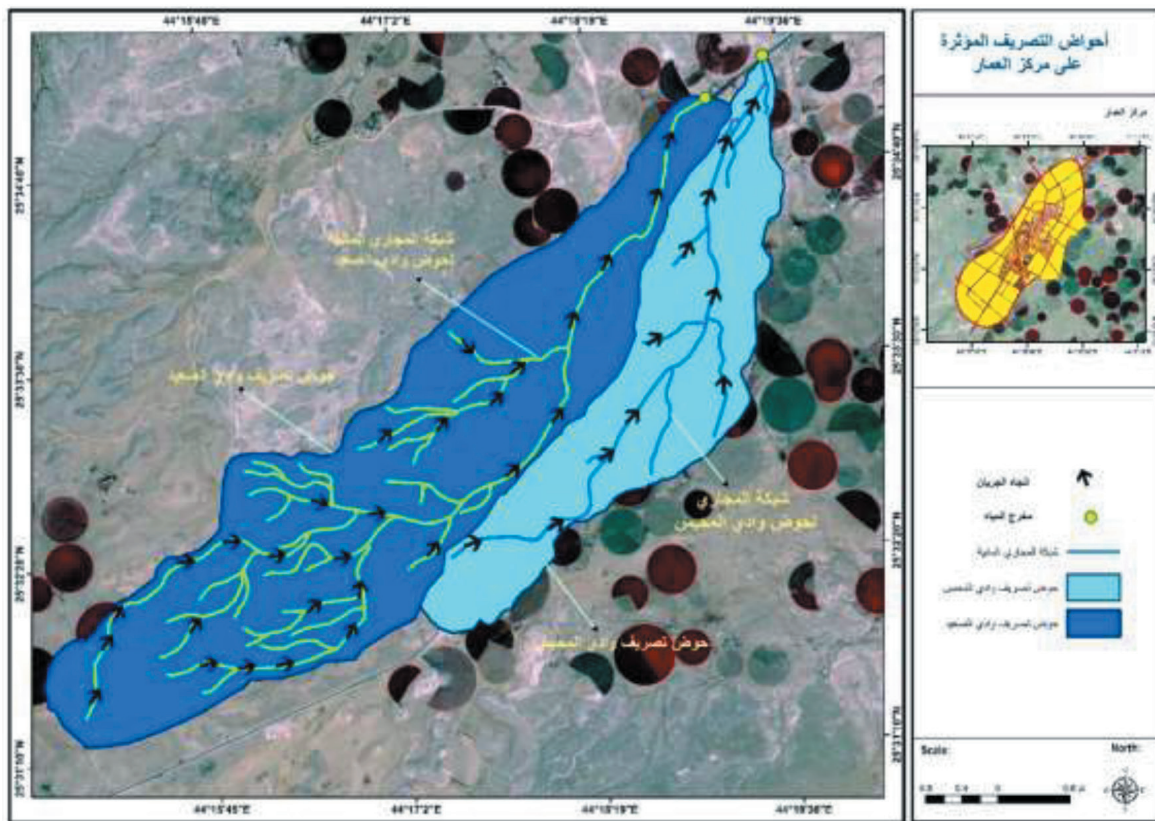
وادي المحبس	وادي الصعيد	رقم الحوض
٠,٢٢	٠,٢٢	معامل الاستطالة (نسبة)
٠,٢٢	٠,٢٠	معامل الاستدارة (نسبة)
٠,٢	٠,١	شكل الحوض (نسبة)
٢,١٦	٢,٢	معامل الاندماج (نسبة)
١,٦	١,٧	معامل الانبعاج (نسبة)
٠,٩	١,١	معامل الانعطاف (نسبة)
١٠,٩	١٢,٣	انحدار الحوض (%)

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)



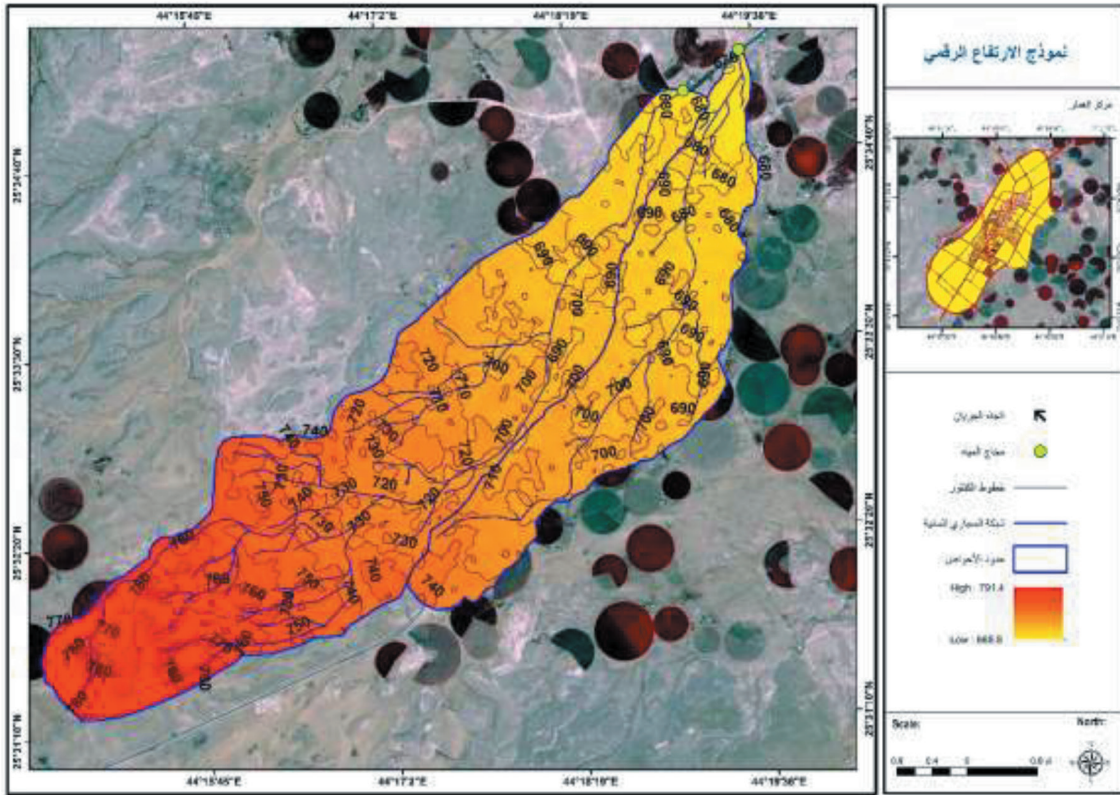
المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)

شكل (٦) مسارات اتجاهات الجريان وشبكة الأودية المؤثرة على مدينة العمار

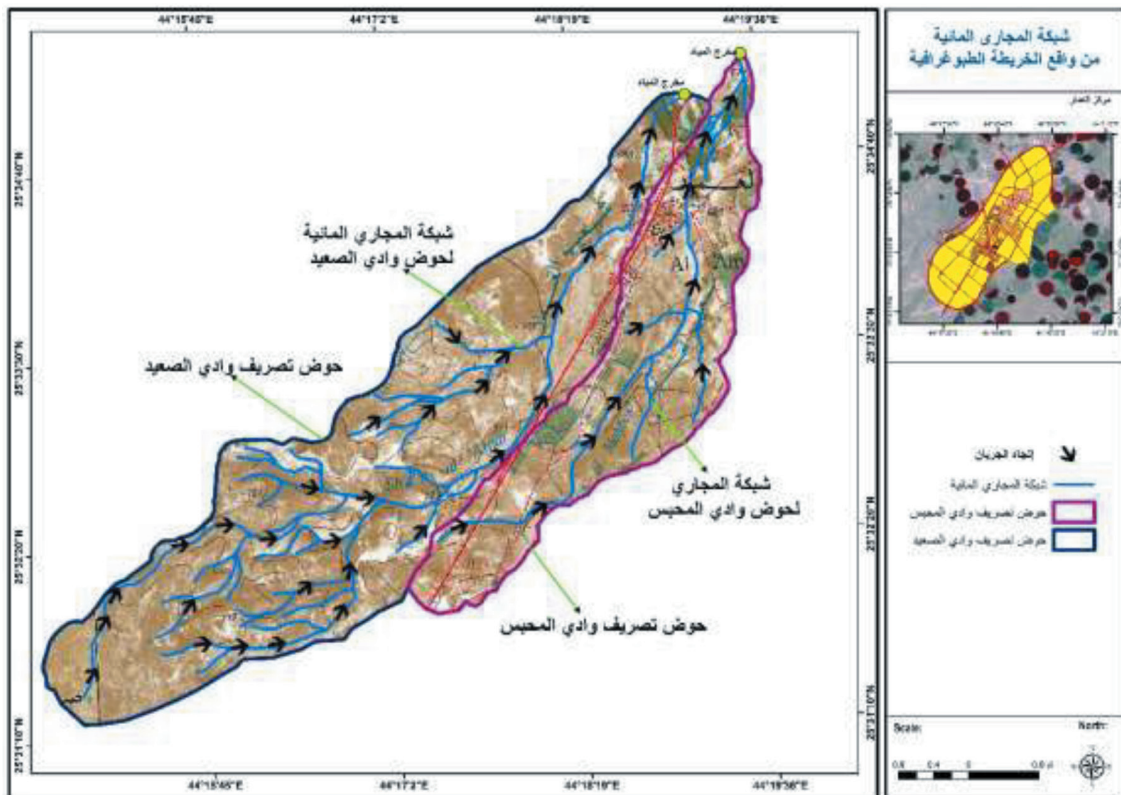


المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)

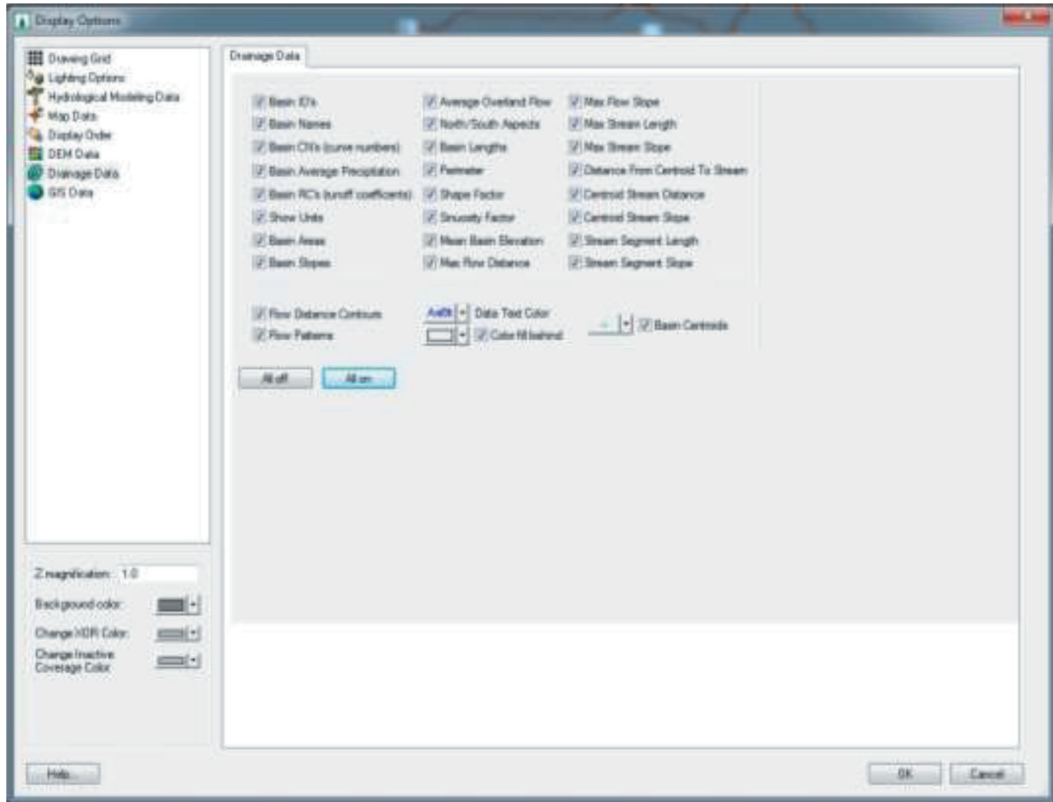
شكل (٧) أحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار



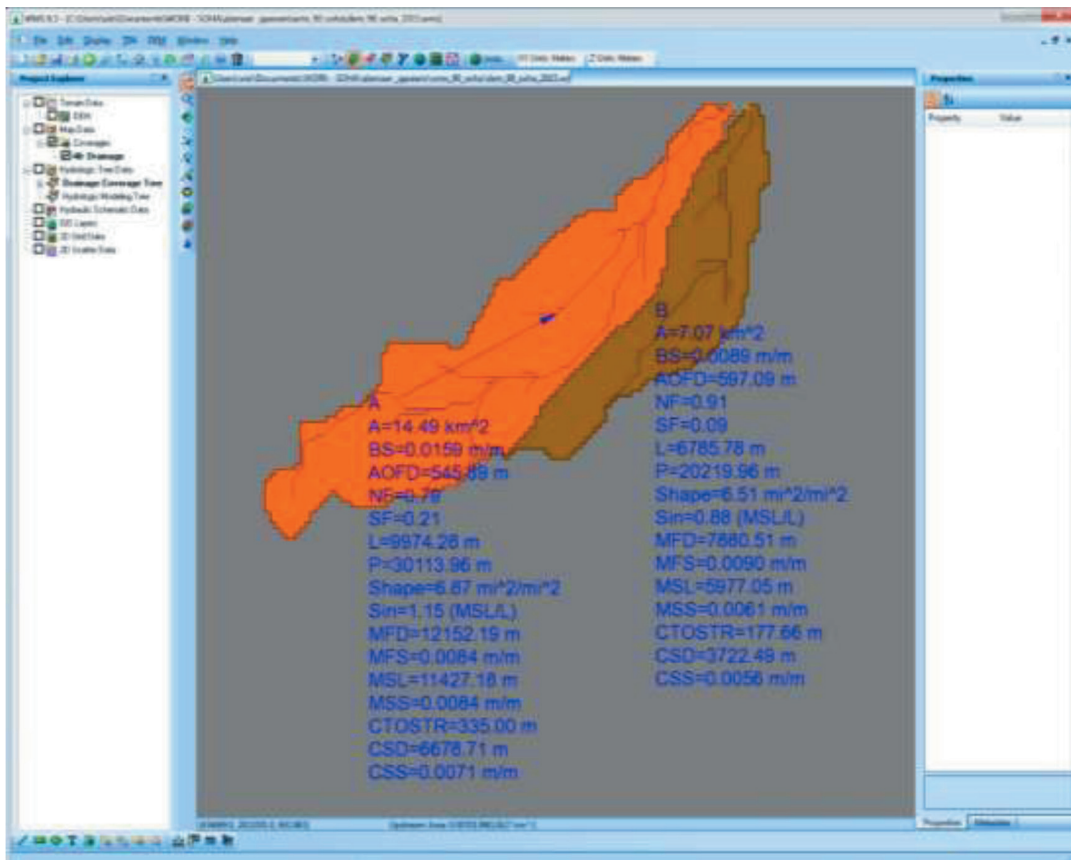
المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)، نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة ٣٠ متر
شكل (٨) خطوط الكنتور ونموذج الارتفاع الرقمي لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١:٥٠٠٠٠
شكل (٩) الخريطة الطبوغرافية لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على Drainage data في برنامج النمذجة الهيدرولوجية (WMS) شكل (١٠) واجهة برنامج WMS للخصائص المورفولوجية



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على Drainage data في برنامج النمذجة الهيدرولوجية (WMS) شكل (١١) واجهة برنامج WMS للخصائص المورفولوجية

الطبقات باختيار (New coverage)، عن طريق GIS data، وأختار Add shape file data، وهناك ثلاث فئات لاستخدامات الأرض في أحواض منطقة الدراسة، الفئة الأولى هي المناطق الصحراوية بمساحة نحو ٢٧, ١٩ كم^٢، والفئة الثانية الأراضي الزراعية وتمثل ٢, ٣٤ كم^٢ من أحواض منطقة الدراسة، والفئة الثالثة المناطق العمرانية بمساحة قدرها ٧٧, ٠ كم^٢، شكل (١٤).

٥. حساب رقم المنحنى داخل برنامج (WMS):

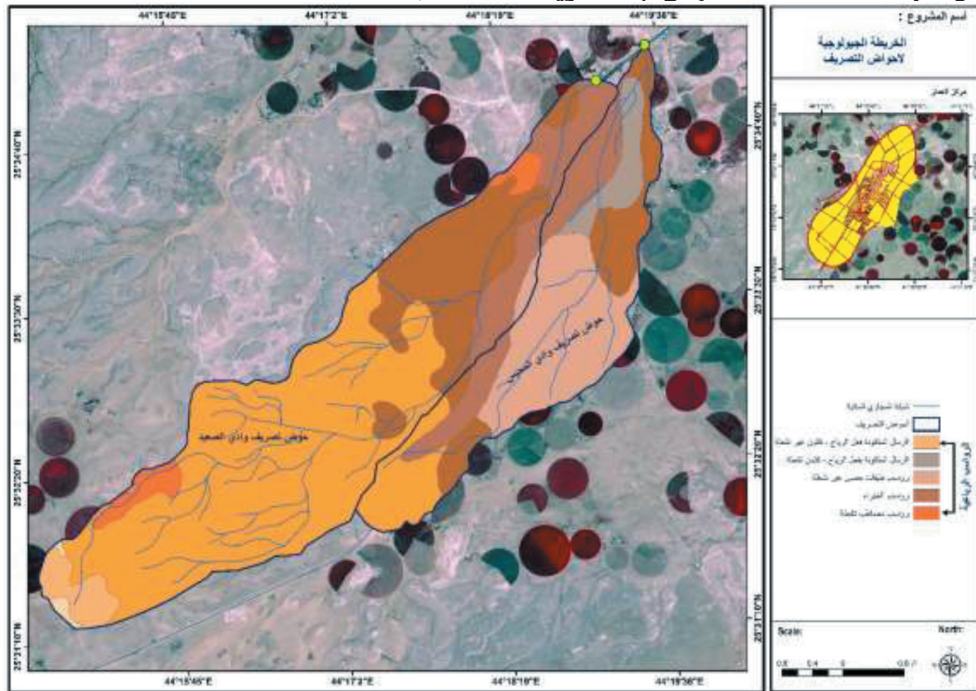
لحساب كميات المطر الزائد يلزم الاستعانة بمعادلات رياضية تمثل فواقد المطر أو تربط بين الجريان السطحي والمطر الكلي المتساقط، وقد تم استخدام أحد الطرق واسعة الانتشار لتقدير كميات المياه المفقودة بالتسرب لباطن الأرض وتسمى هذه الطريقة بطريقة رقم المنحنى ((Curve Number (CN))، وتعتمد هذه الطريقة على ثلاث عناصر هي الحالة المسبقة لرطوبة التربة، وغطاءات الأرض، والمجموعات الهيدرولوجية للتربة، وتتراوح قيمتها بين صفر إلى ١٠٠، وتعبّر عن الاستجابة المائية لمكونات غطاءات الأرض في أحواض التصريف، وتعبّر بذلك عن مقدار صماته السطح، فكلما اتجهت القيم ناحية ١٠٠ فإن الأسطح تكون أقل صماته (Ponce and Hawkins, 1996)، وتتراوح قيم رقم المنحنى ما بين ٨٥ إلى ٨٩، شكل (١٥).

٣. تعريف المجموعة الهيدرولوجية للتربة داخل برنامج (WMS):

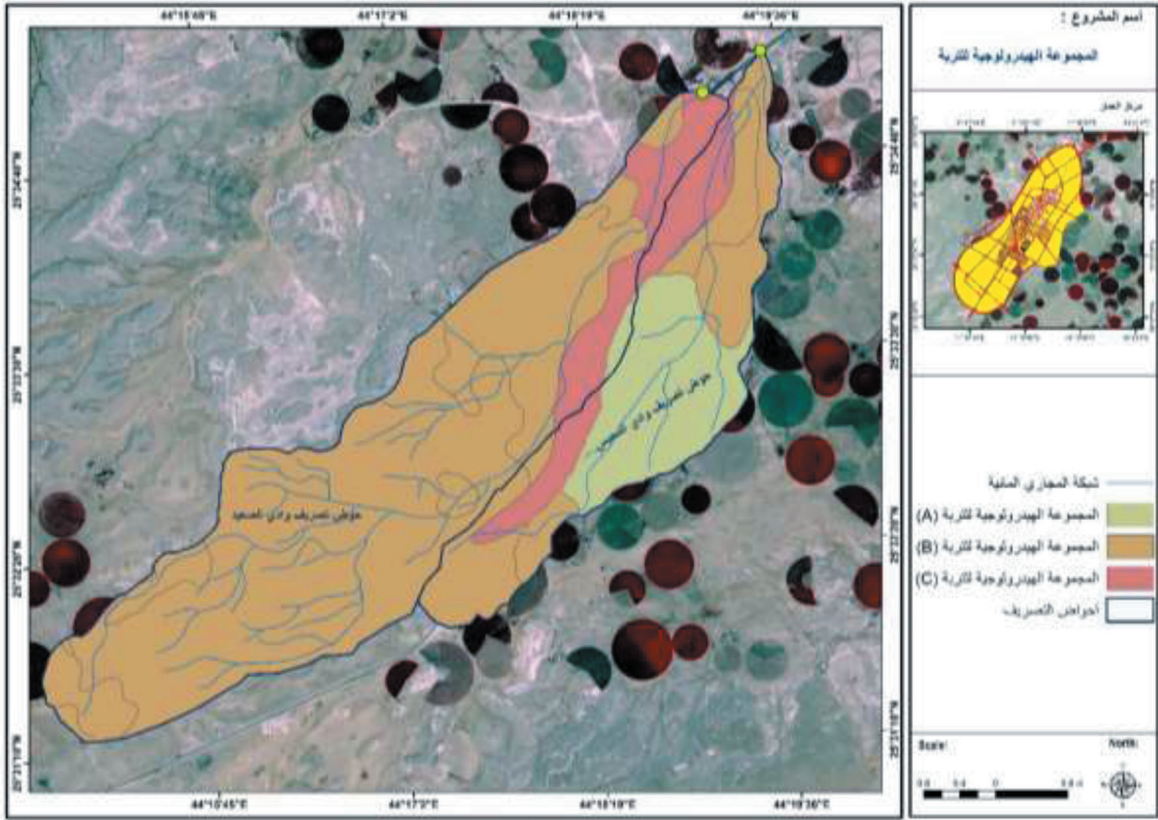
من المعاملات الرئيسية لحساب رقم المنحنى (CN) تعريف المجموعة الهيدرولوجية للتربة، واستخدامات الأرض، حيث تعتمد قيمة رقم المنحنى بشكل أساسي على هذين المتغيرين، وقد حددت طريقة (SCS) أربعة مجموعات هيدرولوجية للتربة (SCS, 19985)، وفقاً لمعدل سرعة انتقال الماء من خلالها، والمجموعات هي (A-B-C-D)، لكل منها صفاتها الخاصة بخصوص نشوء الجريان السطحي، وتمثل أحواض تصريف منطقة الدراسة في المجموعات الهيدرولوجية للتربة (A-B-C)، حيث تمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A) مساحة قدرها ٣, ٠١ كم^٢، وتمثل في التربة المفككة عالية النفاذية، في حين تمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (B) مساحة قدرها ١٦, ٧٤ كم^٢، وتمثل في التربة الطميية، وتمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (C) مساحة قدرها ٢, ٧٤ كم^٢، وتمثل في التربة الطينية، الأشكال (١٢، ١٣).

٤. تعريف استخدامات الأرض داخل برنامج (WMS):

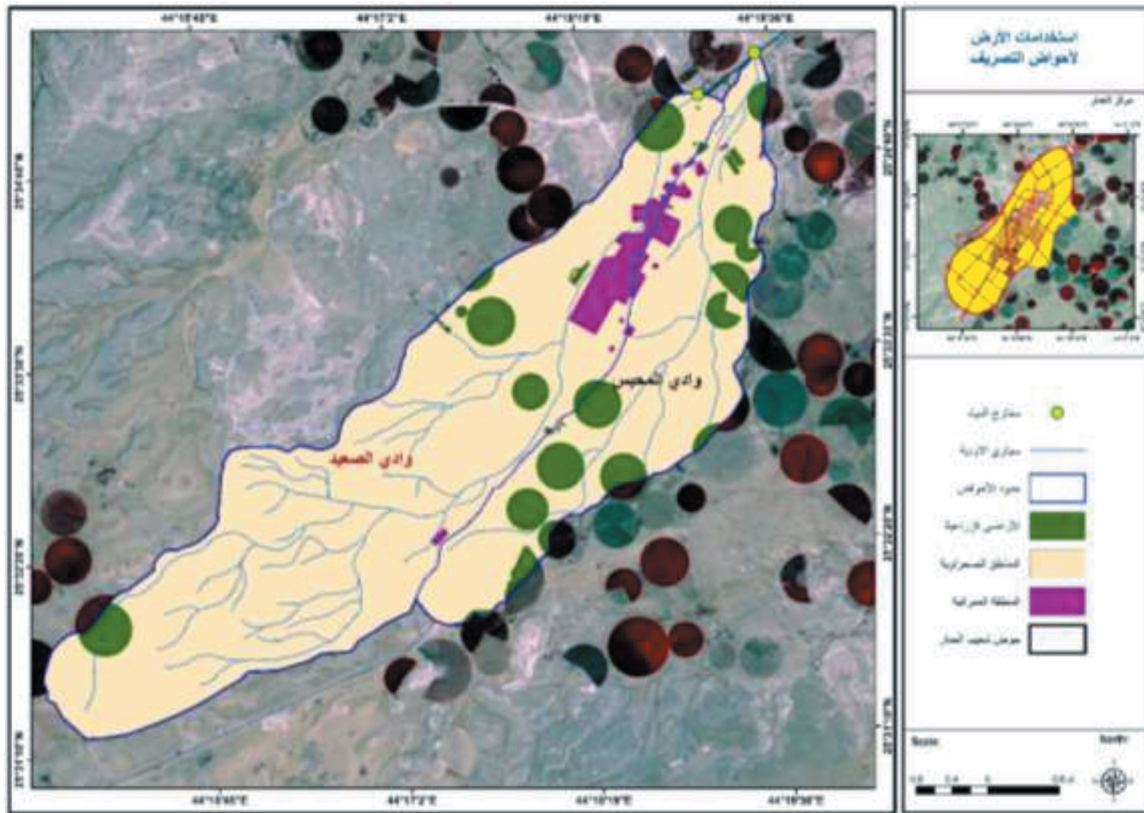
تم الحصول على استخدامات الأرض بتصنيف المراثيات الفضائية لاندسات Landsat8/OLI بواسطة برنامج (Erdas Imagine)، وتتم عملية تعريف طبقة استخدامات الأرض ببرنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS) من خلال إدخال طبقة استخدامات الأرض بعد تعريف



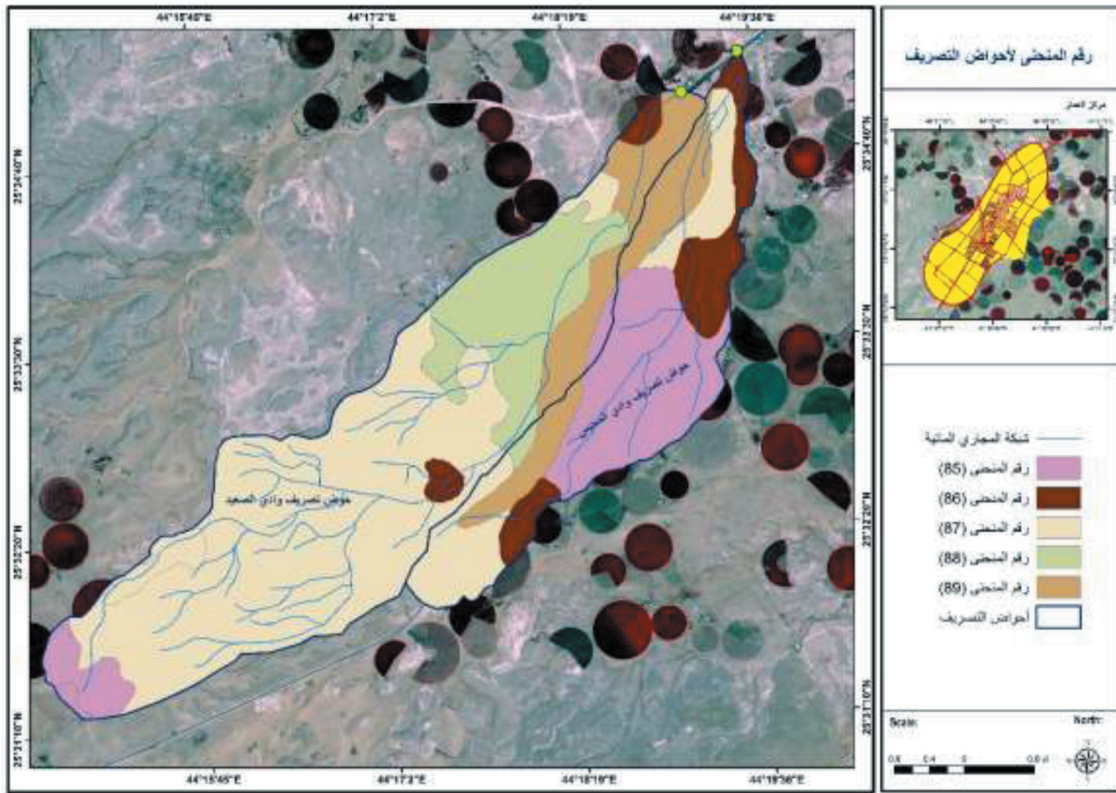
المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الخريطة الجيولوجية مقياس ١:٢٥٠٠٠٠٠ شكل (١٢) الخريطة الجيولوجية لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS) شكل (١٣) المجموعة الهيدرولوجية للتربة لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على تصنيف الصور الفضائية باستخدام برنامج Erdas Imagine شكل (١٤) استخدامات الأرض لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)
شكل (١٥) رقم المنحنى لأحواض التصريف المؤثرة على مدينة العمار

٧٢, ٢٠ م / ٣ ث، وذلك خلال فترة الرجوع ١٠٠ عام، جدول (٦)، أشكال (١٧، ١٦).

٨. تقدير زمن الوصول لأقصى تدفق للسيول:

تبين من تحليل هيدروجراف مياه السيول لأحواض التصريف الرئيسية المختلفة والمؤثرة على منطقة الدراسة أن زمن الوصول إلى أقصى تدفق يتراوح من ٩٣٠ دقيقة لحوض وادي المحبس إلى ٩٧٥ دقيقة لحوض وادي الصعيد وذلك خلال فترة الرجوع ١٠٠ عام، جدول (٦)، أشكال (١٧، ١٦).

٦. تقدير حجم السيول:

تم تطبيق النموذج الرياضي باستخدام عاصفة تصميمية بمدة زمنية ٢٤ ساعة، واستخدام توزيع SCS TYPE II، وتم استخدام طريقة SCS لحساب زمن التأخير والتركيز، وذلك للأزمنة التكرارية المختلفة ٢، ٣، ٥، ١٠، ٢٠، ٢٥، ٥٠، ١٠٠ عام، وتم استنتاج مخرجات النموذج الهيدرولوجي (WMS) لاستنتاج هيدروجراف مياه السيول لأحواض التصريف المختلفة، وقد تبين من تحليل هيدروجراف مياه السيول لأحواض التصريف المختلفة أن حجم السيول يتباين من حوض تصريف لآخر، حيث يتراوح حجم السيول من ٨, ٣٣٦٦٥٥ م^٣ إلى ٥, ٥٨٢٣٩٤ م^٣، وذلك خلال فترة الرجوع ١٠٠ عام، جدول (٦)، أشكال (١٧، ١٦).

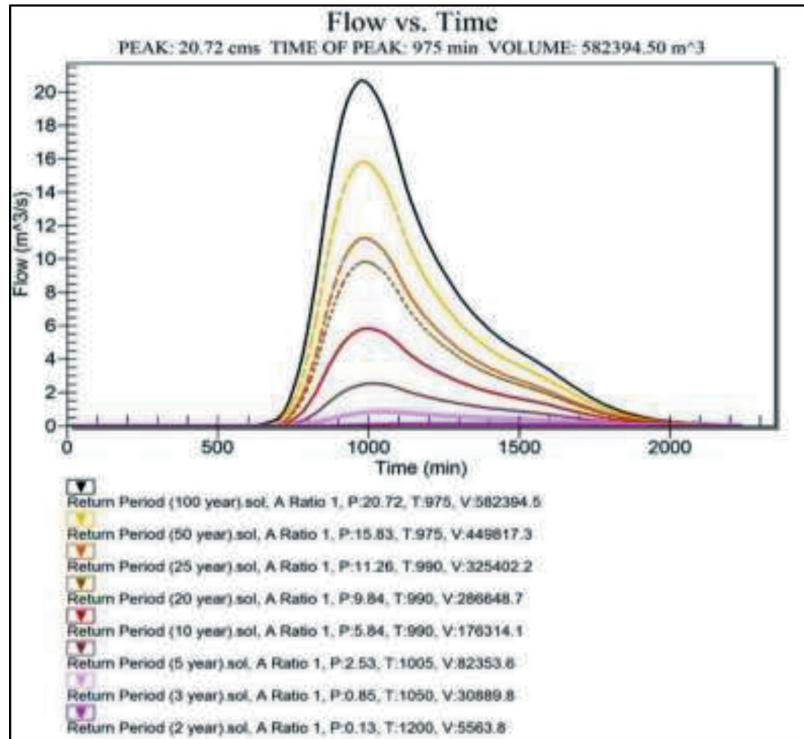
٧. تقدير التدفق الأقصى للسيول:

تتباين قيم التدفق الأقصى للسيول لحوض الوادي المؤثر على منطقة الدراسة، نظراً لتباين حجم الأمطار المتساقطة على مساحة التصريف لكل حوض، وتتباين حجم السيول التي يصرفها كل حوض، وعليه نجد أن قيم التدفق الأقصى للسيول بمنطقة الدراسة تتراوح من ١٤, ٠٩ م^٣/ث إلى

جدول (٦) خصائص مياه السيول لأحواض التصريف للأزمنة التكرارية المختلفة

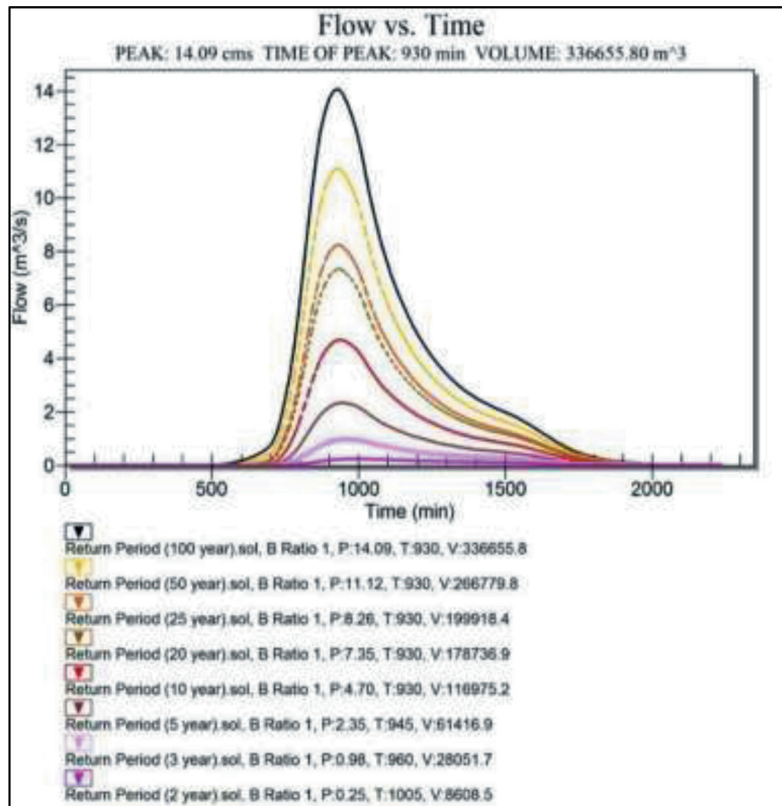
وادي المحبس			وادي الصعيد			الفترة
زمن الوصول (دقيقة)	حجم السيول (م ^٣)	أقصى تصرف (م ^٣ /ث)	زمن الوصول (دقيقة)	حجم السيول (م ^٣)	أقصى تصرف (م ^٣ /ث)	
١٠٠٥	٨٦٠٨,٥	٠,٢٥	١٢٠٠	٥٥٦٣,٨	٠,١٢	٢
٩٦٠	٢٨٠٥١,٧	٠,٩٨	١٠٥٠	٣٠٨٨٩,٨	٠,٨٥	٣
٩٤٥	٦١٤١٦,٩	٢,٣٥	١٠٠٥	٨٢٣٥٣,٦	٢,٥٢	٥
٩٣٠	١١٦٩٧٥,٢	٤,٧٠	٩٩٠	١٧٦٣١٤,١	٥,٨٤	١٠
٩٣٠	١٧٨٧٣٦,٩	٧,٣٥	٩٩٠	٢٨٦٦٤٨,٧	٩,٨٤	٢٠
٩٣٠	١٩٩٩١٨,٤	٨,٢٦	٩٩٠	٣٢٥٤٠٢,٢	١١,٢٦	٢٥
٩٣٠	٢٦٦٧٧٩,٨	١١,١٢	٩٧٥	٤٤٩٨١٧,٣	١٥,٨٣	٥٠
٩٣٠	٣٣٦٦٥٥,٨	١٤,٠٩	٩٧٥	٥٨٢٣٩٤,٥	٢٠,٧٢	١٠٠

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)

شكل (١٦) هيدروجراف تدفق السيول لحوض وادي الصعيد لفرات الرجوع (٢، ٣، ٥، ١٠، ٢٥، ٥٠، ١٠٠ سنة)



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية (WMS)
شكل (١٧) هيدروجراف تدفق السيول لحوض وادي المحبس لفترات الرجوع
(١٠٠، ٥٠، ٢٥، ٢٠، ١٠، ٥، ٣، ٢ سنة)

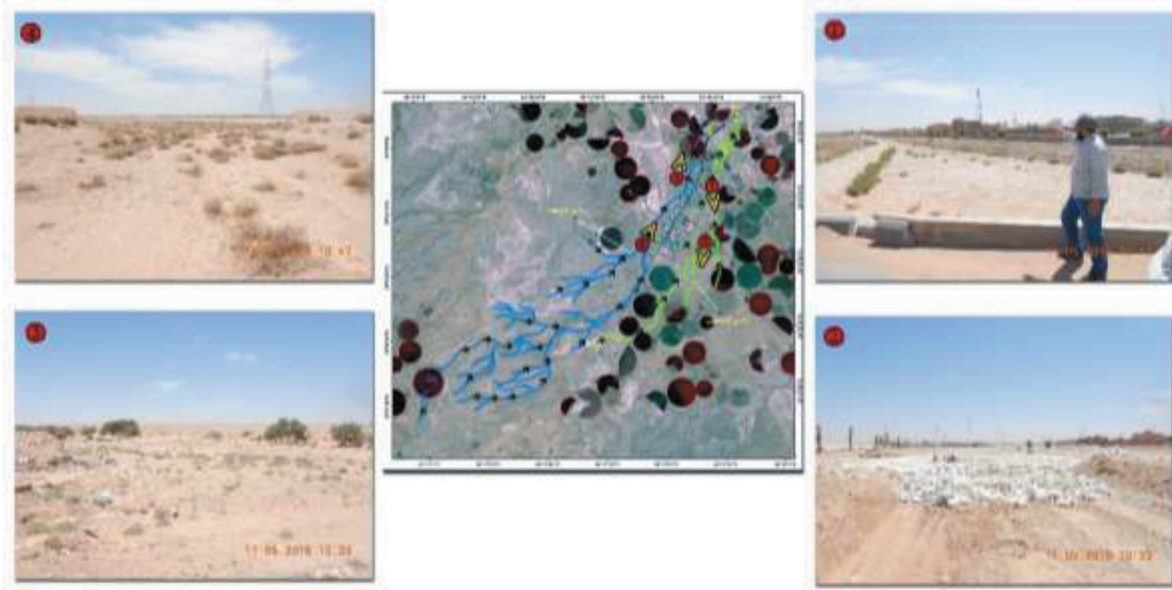
القاع للقناة المقترحة ١٢ م (Bottom Width) وعرض القناة من الاعلي (Top Width) ١٦، ١٢٤ م وارتفاع المياه بالقناة ١، ٠٢١ م والارتفاع الكلي للقناة ٢ م حيث ارتفاع النطاق الحر ٠، ٩٦٩ م والانحدار الجانبي ١:٢ بمتوسط سرعة قدرها ١، ٤٢٩ م/ث، وتنفيذ قناة تحويلية لاحتواء وضبط مياه السيول القادمة من الجنوب الغربي لوادي المحبس ومنع دخولها إلى داخل مدينة العمار باستخدام كمية التدفق القصوى المتوقعة لفترة تكرارية قدرها ١٠٠ عام والمقدرة بحوالي ١٤، ٠٩ م^٣/ث، والقناة الموصي بتنفيذها لتصريف حوض وادي المحبس تبدأ من الغرب إلى الشرق وتمتد بطول يصل إلى ٧٥٠٠ م وعرض القناة المقترحة ٨ م (Bottom Width) وعرض القناة من الاعلي (Top Width) ١٢، ٠٩٧ م وارتفاع المياه بالقناة ١، ٠٢٤ م والارتفاع الكلي للقناة ٢ م وحيث ارتفاع النطاق الحر ٠، ٩٧٦ م والانحدار الجانبي ١:٢ بمتوسط سرعة قدرها ١، ٣٦٩ م/ث يتم تصميم القناة التحويلية المقترحة على المعادلة الموصي باستعمالها في وزارة النقل وهي معادلة (Manning Formula) ومن ثم التحقق من بعض المعاملات المؤثرة

٩. آلية درء مخاطر السيول عن مدينة العمار:

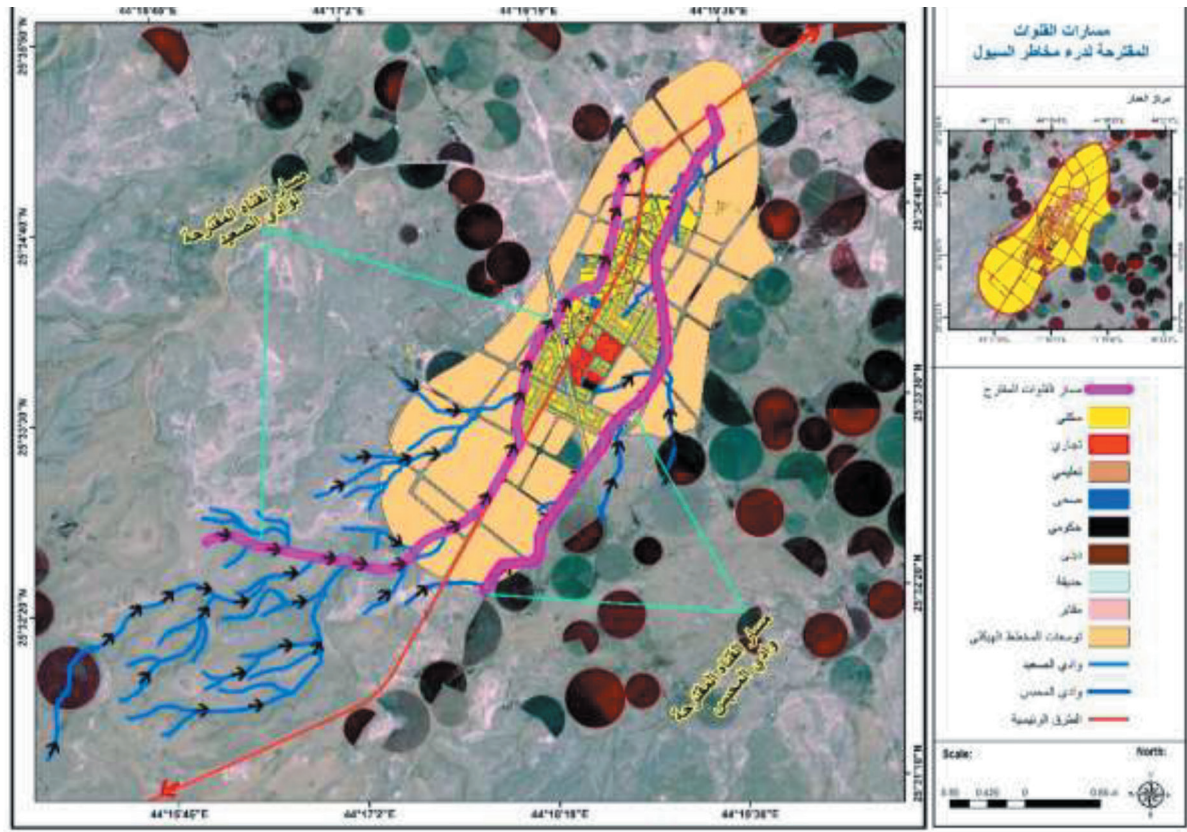
بناءً على دراسة الوضع القائم للأودية (المحبس والصعيد) والتي تهاجم مدينة العمار التي تعرضت لسيول متكررة في ١١/٣/١٤٢١ هـ و ٨/٢/١٤٣٦ هـ و ١٠/٣/١٤٤١ هـ، وبسبب اختراق هذه الأودية لمدينة العمار وحيث أن درء مخاطر السيول لمدينة العمار من هذه الأودية يتطلب تدخل هيدروليكي لضبط وتهذيب هذه الأودية، مع التحكم في الجريان السيلي لهذه الأودية فقد تم اقتراح عدد من الحلول التي تلائم طبيعة الموقع ومستقبله، مع التأكيد على أهمية حماية مدينة العمار من السيول والمنشآت المقترحة.

تعتمد الحلول المقترحة لدرء مخاطر السيول لوادي الصعيد ووادي المحبس على تنفيذ قناة تحويلية لاحتواء وضبط مياه السيول القادمة من الجنوب الغربي لوادي الصعيد ومنع دخولها إلى داخل مدينة العمار باستخدام كمية التدفق القصوى المتوقعة لفترة تكرارية قدرها ١٠٠ عام والمقدرة بحوالي ٢٠، ٧٢ م^٣/ث، والقناة الموصي بتنفيذها لتصريف حوض التصريف لوادي الصعيد تبدأ من الغرب وتنتهي في الشرق وتمتد بطول ٨٥٠٠ م وعرض

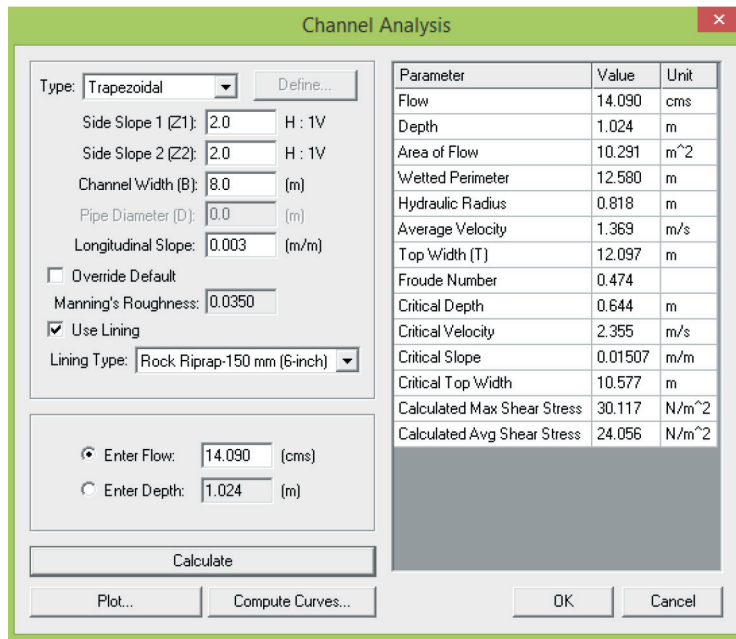
في تصميم القناة مثل سرعة التدفق القسوى والدنيا وعمق الأمان (Free Board)، وتم تصميم القنوات على أن تتحمل صرف مياه الأمطار من الشعاب التي تغذي مسار الوادي الطبيعي، الأشكال (١٨، ١٩، ٢٠، ٢١، ٢٢، ٢٣)، والجدول (٨،٧).



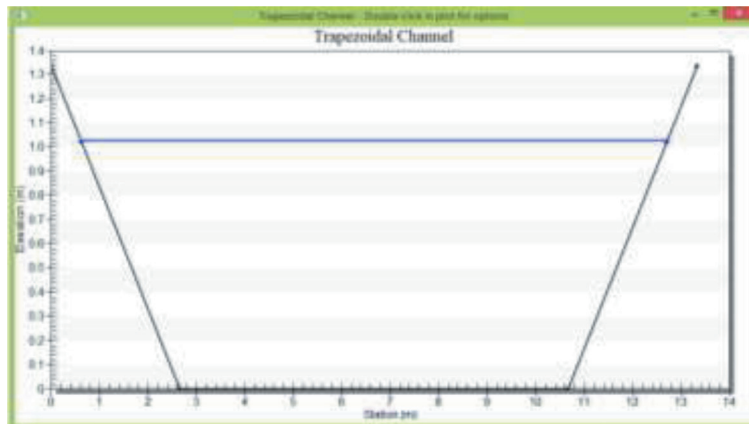
المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على الزيارة الميدانية لمنطقة الدراسة في ١١/١/٢٠٢٠م
شكل (١٨) ملامح الزيارة الميدانية لوادي المحبس والصعيد



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (Hydraulic Toolbox)
شكل (١٩) آلية درء مخاطر السيول عن مدينة العمار



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (Hydraulic Toolbox)
شكل (٢٠) نتائج تصميم القناة المقترحة لوادي المحبس

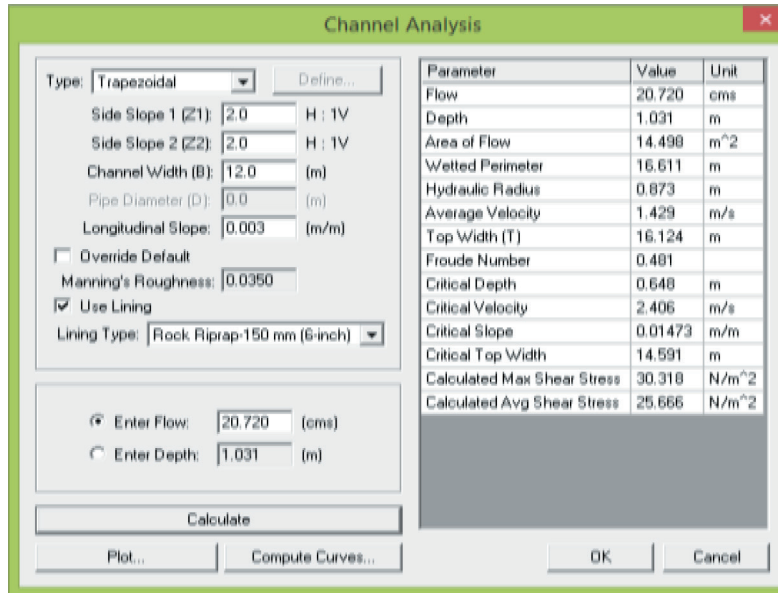


المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (Hydraulic Toolbox)
شكل (٢١) قطاع القناة المفتوحة المقترحة لوادي المحبس

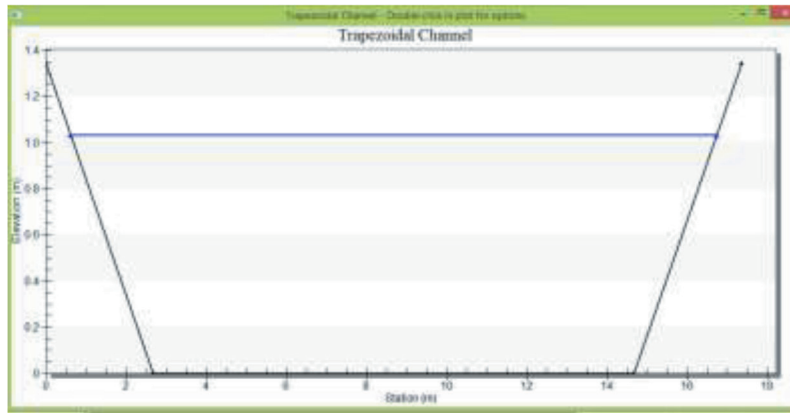
جدول (٧) نتائج تصميم القناة المفتوحة المقترحة لوادي المحبس

الوحدات	القيم	المعامل
م ^٣ /ث	١٤,٠٩٠	التدفق
م	١,٠٢٤	العمق
م ^٢	١٠,٢٩١	مساحة التدفق
م	٠,٨١٨	نصف القطر الهيدروليكي
م/ث	١,٣٦٩	متوسط السرعة
م	١٢,٠٩٧	عرض القمة
	٠,٤٧٤	معامل فرود
م	٠,٦٤٤	العمق الحرج
م/ث	٢,٣٥٥	السرعة الحرجة
م/م	٠,٠١٥٠٧	الانحدار الحرج
م	١٠,٥٧٧	عرض القمة الحرج

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (Hydraulic Toolbox)



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (Hydraulic Toolbox)
شكل (٢٢) نتائج تصميم القناة المقترحة لوادي الصعيد



المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (Hydraulic Toolbox)
شكل (٢٣) قطاع القناة المفتوحة المقترحة لوادي الصعيد

جدول (٨) نتائج تصميم القناة المفتوحة المقترحة لوادي الصعيد

الوحدات	القيم	المعامل
م ^٣ /ث	٢٠,٧٢٠	التدفق
م	١,٠٣١	العمق
م ^٢	١٤,٤٩٨	مساحة التدفق
م	٠,٨٧٣	نصف القطر الهيدروليكي
م/ث	١,٤٢٩	متوسط السرعة
م	١٦١٢٤	عرض القمة
	٠,٤٨١	معامل فرود
م	٠,٦٤٨	العمق الحرج
م/ث	٢,٤٠٦	السرعة الحرجة
م/م	٠,٠١٤٧٣	الانحدار الحرج
م	١٤,٥٩١	عرض القمة الحرج

المصدر: من عمل الباحثة اعتماداً على برنامج (Hydraulic Toolbox)

النتائج والتوصيات:**أولاً: النتائج:**

• يخترق وادي الصعيد مدينة العمار من الجهة الغربية ويعتبر أكبر وادي مخترق للكتلة العمرانية حيث يمتد بطول يصل إلى ٩٧,٩ كم، وتصل مساحة حوض التجميع للوادي حوالي ١٤,٤٩ كم^٢، وانحدار حوض الوادي بلغ ٠,١٥٩ م/م، وينقل هذا الحوض مياه الأمطار من الجهة الغربية إلى الجهة الشرقية والشمالية الشرقية، ويخترق الوادي الكتلة العمرانية حتى حد التنمية بطول ٥,٥ كم، ومن الغرب حتى حدود المدينة بطول ٦ كم، بينما المسافة التي يخترقها بداخل المدينة تبلغ ٦ كم.

• يخترق وادي المحبس مدينة العمار من الجهة الغربية حيث يمتد بطول يصل إلى ٦,٧٨ كم، وتصل مساحة حوض التجميع للوادي حوالي ٧,٠٧ كم^٢، وانحدار حوض الوادي بلغ ٠,٠٨٩ م/م، وينقل هذا الحوض مياه الأمطار من الجهة الغربية إلى الجهة الشرقية والشمالية الشرقية، ويخترق الوادي الكتلة العمرانية حتى حد التنمية بطول ١ كم، ومن الغرب حتى حدود المدينة بطول ٤ كم، بينما المسافة التي يخترقها بداخل المدينة تبلغ ٣ كم.

• تبين من تحليل هيدروجراف مياه السيول لأحواض التصريف المختلفة أن أحجام السيول لوادي الصعيد والمحبس يتراوح من ٢٣٦٦٥٥,٨ م^٣ إلى ٥٨٢٢٩٤,٥ م^٣، وتتراوح قيم التدفق لهما من ١٤,٠٩ م^٣/ث إلى ٢٠,٧٢ م^٣/ث.

• بناءً على دراسة الوضع القائم للأودية (المحبس والصعيد) والتي تهاجم مدينة العمار، وبسبب اختراق هذه الأودية لمدينة العمار، وحيث أن درء مخاطر السيول لمدينة العمار من هذه الأودية يتطلب تدخل هيدروليكي لضبط وتهذيب هذه الأودية، مع التحكم في الجريان السيلي لهذه الأودية فقد تم اقتراح عدد من الحلول التي تلائم طبيعة منطقة الدراسة ومستقبله، مع التأكيد على أهمية حماية مدينة العمار من السيول والمنشآت المقترحة.

ثانياً: التوصيات:

١. المحافظة على مجاري الوديان وفروعها وخاصة للأجزاء المخترقة لمدينة العمار ويتم ذلك بإزالة جميع

التعديات الموجودة في حرم الوادي مع حماية مجرى الوادي من أي عوائق محتملة مثل العقوم والمزارع والمنشآت... إلخ والتي ينتج عنها منع تدفق المياه في مجرى الوادي.

٢. يجب تعديل المخططات المستقبلية بناءً على القنوات المقترحة تنفيذها بحيث يتم الأخذ في الاعتبار حرم مسارات الأودية واتجاهاتها ومناسبتها لكي يتم تصريف مياه الأمطار للمناطق المحيطة بالوادي عليه.

٣. تنفيذ قناه تحويلية لاحتواء وضبط مياه السيول القادمة من الجنوب الغربي لوادي الصعيد ومنع دخولها إلى داخل مدينة العمار باستخدام كمية التدفق القصوى المتوقعة لفترة تكرارية قدرها ١٠٠ عام والمقدرة بحوالي ٢٠,٧٢ م^٣/ث، والقناة الموصي بتنفيذها لتصريف مياه حوض وادي الصعيد تبدأ من الغرب وتنتهي في الشرق، حيث عرض القاع للقناة المقترحة ١٢ م (Bottom Width) وعرض القناة من الأعلى ١٦,١٢٤ م (Top Width) وارتفاع المياه بالقناة ١,٠٣١ م والارتفاع الكلي للقناة ٢ م حيث ارتفاع النطاق الحر ٠,٩٦٩ م والانحدار الجانبي ١:٢ بمتوسط سرعة قدرها ١,٤٢٩ م/ث وطول قدره ٨٥٠٠ م.

٤. تنظيف مجرى الوادي بالكامل وتهيئة سطحه بحيث يلائم قطاع القناة المفتوحة من حيث الأبعاد والمناسيب ليتم إنشاؤها وفق المخططات التصميمية بعرض للقاع يصل إلى ١٢ م ويتغير طبقاً للتصميم.

٥. تنفيذ قناه تحويلية لاحتواء وضبط مياه السيول القادمة من الجنوب الغربي لوادي المحبس ومنع دخولها إلى داخل مدينة العمار باستخدام كمية التدفق القصوى المتوقعة لفترة تكرارية قدرها ١٠٠ عام والمقدرة بحوالي ١٤,٠٩ م^٣/ث، والقناة الموصي بتنفيذها لتصريف مياه حوض وادي المحبس تبدأ من الغرب وتنتهي في الشرق حيث عرض القاع للقناة المقترحة ٨ م (Bottom Width) وعرض القناة من الأعلى ١٢,٠٩٧ م (Top Width) وارتفاع المياه بالقناة ١,٠٢٤ م والارتفاع الكلي للقناة ٢ م وحيث ارتفاع النطاق الحر ٠,٩٧٦ م والانحدار الجانبي ١:٢ بمتوسط سرعة قدرها ١,٣٦٩ م/ث وطول قدره ٧٥٠٠ م.

٦. تنظيف مجرى الوادي بالكامل وتهيئة سطحه بحيث يلائم قطاع القناة المفتوحة من حيث الأبعاد والمناسيب ليتم إنشاؤها وفق المخططات التصميمية بعرض للقاع يصل إلى ٨ م ويتغير طبقاً للتصميم.

٤. داود، جمعة ومزرا، معراج نواب والغامدي، خالد بن عبد الرحمن (٢٠١٢م)، "تقييم مخاطر الفيضانات المفاجئة بمدينة مكة المكرمة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية"، مجلة إيجي ماتكس، العدد ٣، ص ١-١٣.

١. عبد الكريم، أشرف أحمد علي، (٢٠١٩م)، "النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية للسيول باستخدام برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (Watershed Modeling System (WMS))، أساسيات ومفاهيم وتطبيقات وتطبيقات عربية"، الطبعة الأولى ٢٠١٩م، دار نشر العبيكان، ص ١٢٣-١٥٠.

٢. عبد الكريم، أشرف أحمد علي، (٢٠١٨م)، "أثر التغيرات المناخية والتوسعات العمرانية على زيادة مخاطر السيول: قرية حجازة - محافظة قنا - نموذج باستخدام النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية (WMS & HEC-RAS) ونظم المعلومات الجغرافية والإستشعار عن بعد (GIS & R.S)" المؤتمر الدولي الأول للمجموعة المناخية المصرية (المناخ والبيئة - مصر - أفريقيا والعالم)، جمهورية مصر العربية، خلال الفترة ١٣ - ١٥ أكتوبر ٢٠١٨م، ص ١ - ٤٧.

٣. عبد الكريم، أشرف أحمد علي، (٢٠١٣م)، "أثر التغيرات المكانية للنمو العمراني واستخدامات الأرض على زيادة مخاطر السيول في المدينة السعودية: دراسة حالة مدينة حائل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS"، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض، سلسلة بحوث جغرافية، المجلد السادس، العدد (٢)، ص ١ - ١٠٣.

المراجع غير العربية:

1. Abdel Karim, A., (2019), "Assessment of the expected flood hazards of the Jizan-Abha Highway, Kingdom of Saudi Arabia by Integrating Spatial-Based Hydrologic and Hydrodynamic Modeling". The Global Journal of Researches in Engineering, Vol. 19, No. 4, pp. 27-55, <https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/1948>.

٧. وضع علامات إرشادية لوجود عبارات على مسارات الطرف الإسفلتية، والالتزام بالعروض التصميمية للقنوات التي صممت بناءً على أقصى شدة مطرية، وتوفير الحماية المناسبة والكافية لجوانب القناة والتبطين المناسب للقاع من حيث نوع المادة وأبعاد وأسماك الحماية المستخدمة وفق التصميم.

٨. الغرض من القناة المفتوحة نقل مياه السيول بشكل آمن من منطقة التدفق قبل حدود المدينة إلى نقطة التخلص لتجنب حدوث أضرار نتيجة مهاجمة مياه السيول للمنطقة العمرانية من المدينة بالإضافة إلى توفير مجرى مناسب لتصريف الأمطار الساقطة والقادمة من شبكة تصريف مياه الأمطار المصممة لمدينة العمار.

٩. عمل حواجز ترابية ذات وجه خرساني على مداخل القنوات المقترحة لتجميع وتوجيه المياه إلى داخل المسار المحدد والمقترح للقنوات المفتوحة وخاصة التي تخترق مناطق عمرانية في المدينة في حالة الاحتياج إليها، كما يقترح أيضاً عمل مصدات تهدئة لكبح وتهدئة المياه، وعمل أيضاً مصدات تصفية لفصل الشوائب التي تصل مع مياه السيول، وترك حرم على جانبي قناة الوادي يبلغ ٥٠ متر في كل اتجاه.

المراجع:

المراجع العربية:

١. الجعدي، فرحان وبوربه، محمد (٢٠٠٧م)، "تقدير تدفق الذروة للسيول بحوض وادي العين بمحافظة الخرج في المملكة العربية السعودية" مركز البحوث، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، عدد ١٢١، الرياض.

٢. الدغيري، أحمد بن عبدالله بن محمد والوعضي، حمدينة عبد القادر السيد (٢٠١٧م)، "التحليل الهيدرولوجي وتقدير حجم السيول في حوض وادي الوطاة بمنطقة القصيم"، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد ٤٧، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، ص ١٨٦-٢٦٠.

٣. بوربه، محمد (٢٠٠٧م)، "دراسة هيدرولوجية وتقدير حجم سيول وادي عتود بالمملكة العربية السعودية"، سلسلة الإصدارات الخاصة، عدد ٢١، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية، الكويت.

G., (2012), "Potential suitability for urban planning and industry development by using natural hazard maps and geological-geomorphological parameters". *Environ. Earth*, Vol. 66, No. 2, pp. 537–548, <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1263-x>.

9. Djordjevic, S., Vojinovic, Z., Dawson, R., Savic, A., (2014), "Uncertainties in flood modelling in urban areas". In *Applied Uncertainty Analysis for Flood Risk Management*; World Scientific: Singapore, pp. 297–334.

10. Duan, W., He, B., Takara, K., Luo, P., Nover, D., Yamashiki, Y., Huang, W., (2014), "Anomalous atmospheric events leading to Kyushu's flash floods, 11–14 July 2012". *Nat. Hazards*, Vol. 73, No. 3, pp. 1255–1267, <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1134-3>.

11. Ficklin, D., Zhang, M., (2013), "A Comparison of the Curve Number and Green-Ampt Models in an Agricultural Watershed". *Trans. ASABE*, Vol. 56, pp. 61–69.

12. Forkuo, K., (2011) "Flood Hazard Mapping using Aster Image data with GIS". *Int. J. Geomat. Geosci.* Vol. 1, No. 4, pp.932-950.

13. Gheith, H., Sultan, M., (2002), "Construction of a hydrologic model for estimating wadi runoff and groundwater recharge in the eastern desert, Egypt". *J. Hydrol.* Vol. 263, pp. 36–55, [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00027-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00027-6).

14. Ghoneim, E., (2008), "Optimum groundwater locations in the northern united arab emirates". *Int. J. Remote Sens.* Vol. 29, pp. 5879–5906, <https://doi.org/10.1080/01431160801932517>.

15. Ghoneim, E., Arnell, N., Foody, G., (2002), "Characterizing the Flash Flood Hazards Potential along the Red Sea Coast of Egypt"; IAHS Publisher: Wallingford, UK, Vol. 271.

16. Gong, M., Wang, S., Liu, W., Yan, J., Jiao, L., (2016), "Evolutionary computation in Chi-

2. Abdel Karim, A., Gaber, D., Youssef, M., Pradhan, B., (2019), "Flood Hazard Assessment of the Urban Area of Tabuk City, Kingdom of Saudi Arabia by Integrating Spatial-Based Hydrologic and Hydrodynamic Modeling", *MDPI, Sensors*, Vol. 19, pp. 1-23, doi:10.3390/s19051024.

3. Abdelkarim, A., Gaber, A., (2019), "Flood Risk Assessment of the Wadi Nu'man Basin, Mecca, Saudi Arabia (During the Period, 1988–2019) Based on the Integration of Geomatics and Hydraulic Modeling: A Case Study". *MDPI, Water* Vol. 11, pp.1-32. doi: 10.3390/w11091887.

4. Abdelkarim, A., Gaber, A., Alkadi, I., Alogayell, M., (2019), "Integrating Remote Sensing and Hydrologic Modeling to Assess the Impact of Land-Use Changes on the Increase of Flood Risk: A Case Study of the Riyadh–Dammam Train Track, Saudi Arabia". *MDPI, Sustainability*, Vol. 11, pp. 1-33, doi: 10.3390/su11216003.

5. Aronica, T., Brigandí, G., Morey, N., (2012), "Flash floods and debris flow in the city area of Messina, north-east part of Sicily, Italy in October 2009: The case of the Giampileri catchment". *Nat. Hazards Earth Syst.* Vol. 12, No. 5, pp. 1295–1309, <https://doi.org/10.5194/nhess-12-1295-2012>.

6. Arwa, O., (2001), "GIS Based Rainfall Run-off Model for the Turasha Sub Catchment Kenya". Master's Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, The Netherlands, pp. 1-90.

7. Bathrellos, D., Skilodimou, D., Chousianitis, K., Youssef, M., Pradhan, B., (2017), "Suitability estimation for urban development using multi-hazard assessment map". *Sci. Total Environ.* Vol. 575, pp. 119–134, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.025>.

8. Bathrellos, G., Gaki-Papanastassiou, K., Skilodimou, D., Papanastassiou, D., Chousianitis,

Softw. Vol. 16, No. 5, pp. 481–493, [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00028-7).

23. Laouacheria, F., Mansouri, R., (2015), “Comparison of WBNM and HEC-HMS for runoff hydrograph prediction in a small urban catchment”. *Water Resources Management*, Vol. 29, pp. 2485–2501. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-0953-7>.

24. Li, G.-F., Xiang, X.-Y., Tong, Y.-Y., Wang, H.-M., (2013), “Impact assessment of urbanization on flood risk in the Yangtze River Delta”. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* Vol. 27, pp. 1683–1693, <https://doi.org/10.1007/s00477-013-0706-1>.

25. Meiling, W.; Lei Z., Thelma, D., (2016), “Hydrological modeling in a semi-arid region using HEC-HMS”. *Journal of Water Resources and Hydraulic Engineering*, Vol. 5, pp. 105-115, DOI: 10.5963/JWRHE0503004.

26. Mustafa, M., Amin, M., Lee, S., Shariff, A., (2006), “Distributed Model for Changes in River Peak Flow due to Land Development”. *J. Inst. Eng. Malays.* Vol. 67, pp. 43–48.

27. Norhan, A., Saud, T., Fahad, A., Kamarul, A., (2016), “Arid hydrological modeling at wadi Alaqiq, Madinah, Saudi Arabia”. *Jurnal Teknologi*, Vol. 78, pp. 51–58. doi:10.11113/jt.v78.4516.

28. Patel, D., Srivastava, K., (2013), “Flood hazards mitigation analysis using remote sensing and GIS: Correspondence with town planning scheme”. *Water Resour. Manag.* Vol. 27, No. 7, pp. 2353–2368, <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0291-6>.

29. Ponce, V. M., and Hawkins, R. H., (1996), “Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity?”, *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 1, pp. 9-20. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1996\)1:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1996)1:1(11)1)

30. Pradhan, B., Hagemann, U., Tehrany, S.,

na: A literature survey”. *CAAI Trans. Intell. Technol.* Vol. 1, No. 4, pp. 334–354 <https://doi.org/10.1016/j.trit.2016.11.002>.

17. Hammond, M., Chen, S., Djordjevic, S., Butler, D., Mark, O., (2015), “Urban flood impact assessment: A stateoftheart review”. *Urban Water J.* Vol. 12, pp. 14–29, <https://doi.org/10.1080/1573062X.2013.857421>.

18. Ismail, E., (2015), “Flash Flood Hazard Mapping Using Satellite Images and GIS Tools: A case study of Najran City, Kingdom of Saudi Arabia (KSA)”. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, Vol. 18, pp. 261–278, <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.06.007>.

19. Jaafari, A., Najafi, A., Pourghasemi, R., Rezaeian, J., Sattarian, A., (2014), “GIS-based frequency ratio and index of entropy models for landslide susceptibility assessment in the Caspian forest, northern Iran”. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* Vol. 11, No. 4, pp. 909–926, <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0464-0>.

20. Khalid, N., Din, M., Omar, M., Khanan, A., Omar, H., Hamid, A., Pa'suya, M., (2016), “Open-source Digital Elevation Model (DEMs) Evaluation with GPS and LiDAR Data”. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* Vol. 42, pp. 299–306, <https://doi.org/10.5194/is-prs-archives-XLII-4-W1-299-2016>.

21. Khalil, R., Khaled, B., Amjad, M., (2017), “Sub-catchments flow losses computation using Muskingum–Cunge routing method and HEC-HMS GIS based techniques, case study of Wadi Al -Lith, Saudi Arabia”. *Model. Earth Syst. Environ.* Vol. 92, pp. 1027-1049. doi:10.1007/s40808-017-0268-1.

22. Kokkonen, T., Koivusala, H., Karvonen, T., (2001), “A Semi-Distributed Approach to Rainfall-Runoff Modelling—A Case Study in a Snow Affected Catchment”. *Environ. Model.*

er's Manual", Hydrologic Engineering Center (HEC), pp. 1-434,

38. Vahidnia, M., Alesheikh, A., Alimohammadi, A., Hosseinali, F., (2010), "A GIS-based neurofuzzy procedure for integrating knowledge and data in landslide susceptibility mapping". *Comput. Geosci.* Vol. 36, No. 9, pp. 1101–1114 <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.04.004>.

39. Wang, Y., Li, Z., Tang, Z., Zeng, G., (2011), "A GIS-based spatial multi-criteria approach for flood risk assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China". *Water Resour. Manag.* Vol. 25, No. 13, pp. 3465–3484, <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9866-2>.

40. Yahaya, S., Ahmad, N., Abdalla, F., (2010), "Multi-criteria analysis for flood vulnerable areas in Hadejia-Jama'are River basin, Nigeria". *Eur. J. Sci. Res.* Vol. 42, pp. 71–83.

41. Zerger, A., (2002), "Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling". *Environ. Model. Softw.* Vol. 17, pp. 287–294, [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00071-8).

Prechtel, N., (2014), "An easy to use ArcMap based texture analysis program for extraction of flooded areas from TerraSAR-X satellite image". *Comput. Geosci.* Vol. 63, pp. 34–43, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.10.011>

31. Sala, M., Inbar, M., (1992), "Some hydrology effects of urbanization in Catalan rivers". *Catena* Vol. 19, pp. 363–378, [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(92\)90009-Z](https://doi.org/10.1016/0341-8162(92)90009-Z).

32. Sampath, D., Weerakoon, S., Herath, S., (2015), "HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment with intra-basin diversions case study of the Deduru Oya River Basin, Sri Lanka". *Engineer*, Vol. 48, pp. 1-9. <http://doi.org/10.4038/engineer.v48i1.6843>.

33. Soil Conservation Services, (SCS), National Engineering Handbook. Section 4: Hydrology. US Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Engineering Division. Washington DC. 1985.

34. Strobl, O., Forte, F., Lonigro, T., (2012), "Comparison of the feasibility of three flood-risk extent delineation techniques using Geographic Information System: Case study in Tavolieredelle Puglie, Italy". *Flood Risk Manag.* Vol. 5, No. 3, pp. 245–257 <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2012.01143.x>.

35. Tehrany, M., Pradhan, B., Jebur, M., (2013), "Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS". *J. Hydrol.* Vol. 504, pp. 69–79, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.034>.

36. Tsakiris, G., (2014), "Flood risk assessment: Concepts, modelling, applications". *Nat. Hazards Earth Syst.* Vol. 14, No. 5, pp. 1361–1369 <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1361-2014>.

37. US Army Corps of Engineers (USACE), (1998), "HEC-1 Flood Hydrograph Package Us-

