النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي أم عدوى بجنوب سيناء وأثره في التنمية باستخدام برنامج WMS بتطبيق طريقة SCS-CN

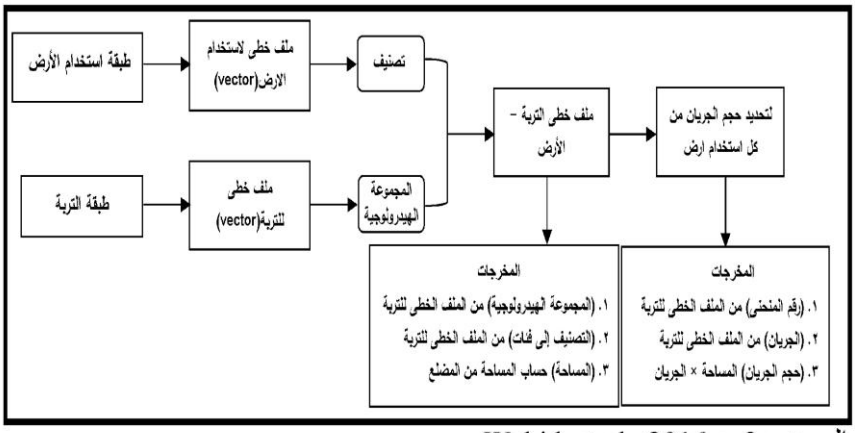
د. هويدا توفيق احمد حسن
مدرس الجيومورفولوجيا
كلية التربية- جامعة عين شمس

المقدمـــــة:

تكتسب دراسة الأحواض المائية أهمية كبيرة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة نظراً للحاجة الماسة لاستغلال الأمطار المتوفرة في هذه المنـــاطق والتي تعانى من العجز في مواردها المائية، حيث تعد المياه من أهـــم المـــوارد الطبيعية لهذه المناطق وشرط أساسي لنموها وتطورها، لذا كان من الضـــروري البحث عن وسائل للحفاظ عليها والاستفادة منها لاستغلالها في التنمية.

ويعد نظـــام WMS أحـــدث نظـــام رقمـــي متخصـــص للأغـــراض الهيدرولوجية، وهو نظاما متكاملاً لحل المسائل الهيدرولوجية المعقدة من خلال التعامل مع الأحواض المائية والخصائص الهيدرولوجية رقميـــاً وبدقـــة عاليـــة (WMS7.1,1997).

وتعد طريقة SCS-CN المعتمدة من قبل هيئـــة خدمـــة حفـــظ التربـــة الأمريكية Soil - Conservation Curve Number Service، طريقة فعالة لتقدير الجريان السطحي، عن طريق العلاقة بين الأمطار واســـتخدامات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة (شكل١)، وهى عوامل يتم اســـتخدامها فـــي مجال الهيدرولوجيا لتقدير الجريان السطحي أو التسرب الذي ينتج عند ســـقوط الأمطار. و يعنى ارتفاع رقم المنحنى نفاذية (تسرب) منخفضة للتربة وبالتـــالي ارتفاع مخاطر الجريان، والعكس صحيح (الشاعرى، ٢٠١٧، ص١٤٨).

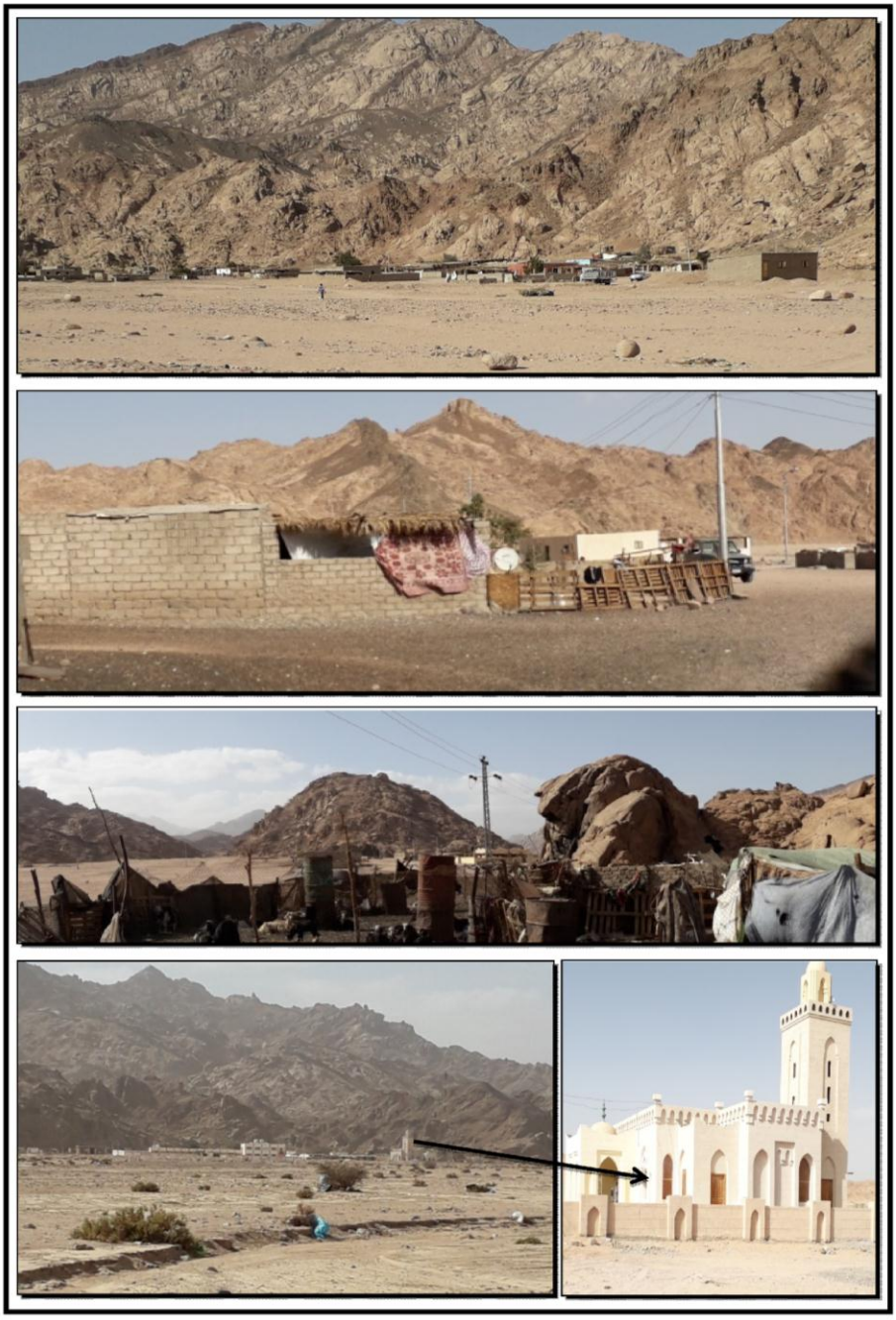


المصدر: Wahid, et al., 2016,p. 3

شكل (١): خطوات عمليات أداة حساب رقم المنحنى والجريان السيلى

وتهدف الدراسة إلى استخدام برنامج WMS 8.3 بالتطبيق على طريقة SCS-CN وذلك في دراسة: شبكة التصريف وتحليل خصائصها الهيدرولوجية، واستخراج جميع القياسات المورفومترية، ورقم المنحنى، وتحديد حجم الجريان السطحي، وعمق المياه، وذروة التصريف، ومدة ووقت وصول الجريان إلى نقطة المصب Lag-time، وذلك وفق مجموعة (سلسلة) من المعادلات الرياضية، واستخدام مخرجاتها في بناء نموذج لإنشاء السدود بالحوض، وذلك بغرض الاستفادة القصوى من مياه السيول لتحقيق تنمية متكاملة.

ولتحقيق الهدف من الدراسة تم التطبيق على حوض وادي أم عدوى أحد الأحواض الجافة في جنوب سيناء والتي تتسم الأمطار فيه بسقوطها خلال مدة قصيرة مما يترتب عليه إهدار كميات كبيرة من المياه المنطقة في حاجة إليها، كما أن الأمر قد يشكل تهديدا وخطرا على حياة من يسكن في قاع الوادي، وعلى طريق شرم الشيخ – دهب الذي يمر بمنتصف الحوض، والذي يتجمع على جانبيه العمران والمنشآت الحكومية (لوحة١)، فضلاً على أنه يتم الاعتماد عليه في عمليات النقل والتجارة والسياحة، وقد تبين من الدراسة الميدانية أنه لا يوجد وسائل حماية من أخطار السيول بحوض وادي أم عدوى سواء سدود أو قنوات تصريف أو كباري تدعم الخطط المستقبلية لغرض التنمية.



المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠١٩

لوحة (١): النشاط البشرى بحوض وادي أم عدوى

ويرجع السبب الرئيس في اختيار الباحثة موضوع النمذجة في دراسة الجريان السطحي، لافتقار المكتبة الجغرافية المصرية إلى مصادر في دراسة هذه البرمجة، حيث أن أغلبية الأبحاث التي تناولت النمذجة داخل الأراضي المصرية في تخصص الجيولوجيا الهندسية والهندسة المائية.

موقع منطقة الدراسة:

يمتد حوض أم عدوى بين دائرتي عرض ٣٠° ٤٣َ ٢٧° و ١٠ً ٣١َ ٢٨° شمالاً، وبين خطي طول ٠١َ ٣٤° و ٣٠َ ٣٤° شرقاً. ويبلغ أقصى طول لمنطقة الدراسة من الغرب إلى الشرق ٨٨,٢كم، ومتوسط العرض ٢٣,٦كم. وتبلغ مساحتها ٣٦٥,٦كم^{٢} (شكل ٢). وحوض أم عدوى متوسط المساحة إذا ما قورن بأحواض خليج العقبة ومن أهم روافده: الحمراء، ولصفية، وعدوى، ومندر، ولتحي، وعراق الميلح، ومريد أبو دبة (شكل ٣). وتتمشى حدوده الشمالية مع خط تقسيم المياه بينه وبين وادي كيد، وحدوده الغربية مع وادي جرجير ووادي أغشى ووادي لتيح، وجنوبه مع وادي الرقيط ووادي النهج ووادي زويرع.

مصادر الدراسة:

اعتمدت الدراسة في تحقيق أهدافها على عدد من المصادر، وهي:

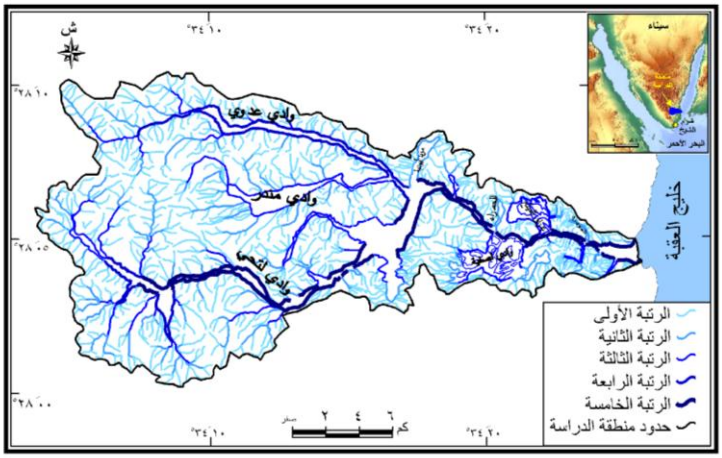
- **دراسات سابقة:**

أ- **دراسات عن النمذجة:** تعددت الدراسات التي تناولت دراسة النمذجة الهيدرولوجية أو السطحية للأودية منها ما قامت باستخدام SCS للحصول على CN ومنها ما قامت باستخدام نماذج أخرى للتنبؤ بالجريان، ومنها على سبيل المثال:

- دراسة (Geriesh, et al., 2001) وموضوعها " Flash Flood Mitigation and Groundwater Augmenting in Wadi Feiran Basin, South Sinai, Egypt" استخدم فيها ثلاث طرق لتقدير قمة أو ذروة التصريف (Rational Method-Snyder-SCS).

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على SAS.Planet، والخرائط الطبوغرافية، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠، عام ١٩٩٠، باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D.

شكل(٢): موقع حوض أم عدوى



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية ١:٥٠٠٠٠، عام ١٩٩٠، باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D.

شكل(٣): شبكة التصريف بحوض أم عدوى

- دراسة (Gheith and Sultan, 2002)، وموضوعها " Construction of Hydrologic Model for Estimating Wadi Runoff and Groundwater Recharge in the Eastern Desert, Egypt." وقاما فيها ببناء نموذج هيدرولوجي لتقدير جريان الأودية، وتم بناء النموذج باستخدام طريقة SCS.
- دراسة (Saber, et al., 2008)، وموضوعها" Surface Runoff Modeling of Ephemeral streams Considering Homogenization theory in Arid Regions Wadi Assiut in Egypt" وقام فيها بنمذجة الجريان السطحي في مجارى المناطق الجافة دراسة تطبيقية على وادي الأسيوطي باستخدام Distributed Runoff Model (Hydro-BEAM) وطريقة SCS.
- دراسة (Dawod and Koshak, 2011)، وموضوعها" Developing GIS-Based Unit Hydrographs for Flood Management in Makkah Metropolitan Area, Saudi Arabia" وطبقت نموذج (NRCS Unit Hydrographs) في نظم المعلومات الجغرافية واستخرج منها CN لتقدير زمن وذروة التصريف.
- دراسة (خضر وفيصل، ٢٠١١)، وموضوعها "الدلالة الهيدرولوجية السطحية لحوض وادي العجيج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية" وقام فيها باستخدام طريقة SCS المستخدمة لقياس العلاقة بين التساقط والجريان الناتج عنه، وقدر حجم الجريان السنوي المتوقع حسب معادلة بيركلي ونظم المعلومات الجغرافية.
- دراسة (الغزاوي والجبوري، ٢٠١٢)، وموضوعها" النمذجة الهيدرولوجية لحصاد مياه السيح السطحي لوادي تارو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS" وقاما فيها باستخدام أسلوب النمذجة الهيدرولوجية من خلال الربط بين نموذجين حاسوبين وهما GIS لتحويل خصائص الحوض إلى خرائط

رقمية و WMS لتقدير الحجم باعتماد فرضية خدمات حفظ التربة الأمريكية.

- دراسة (درويش، ٢٠١٧)، وموضوعها" النمذجة الخرائطية لمخاطر السيول في حوض وادي منى مكة المكرمة باستخدام طريقة CN" وقام بتقدير حجم ومخاطر السيول في حوض وادي منى بإتباع طريقة CN الخاصة بمصلحة صيانة التربة الأمريكية، وطبق معادلات عمق وحجم الجريان وذروة تصريف السيل وتوصل إلى نتائج دقيقة في تقدير السيول ومخاطرها على الحجاج في الحوض.
- دراسة (الكبيسي، ٢٠١٧)، وموضوعها "النمذجة الآلية للجريان السطحي لحوض وادي عظنيتين في الهضبة الغربية باستخدام التقنيات الجغرافية" ووظف فيها أدوات برنامج WMS بالتطبيق على نموذج GSSHA لتحليل بيانات الشبكة المائية للحوض وخصائصه الكمية منها معامل الخشونة والجريان السطحي.
- دراسة (Abdel karim,2019)، وموضوعها" Assessment of the Expected Flood Hazards of the Jizan-Abha Highway, Kingdom of Saudi Arabia by integrating Spatial-Based Hydrologic and Hydrodynamic modeling" وفيها تم ربط أثر الفيضانات وأخطارها بالمناطق العمرانية وطريق جيزان ـــ أبها، واستخدمت برنامج WMS في استخراج CN، وبرنامجي HEC-HMS و HEC-RAS في تقدير خطر الجريان السيلى على الطريق، كما وضعت رؤية مستقبلية للسعودية لعام ٢٠٣٠.

ب- دراسات عن منطقة الدراسة أو جزء منها: مثل دراسة علام ١٩٩٢، وعبد المجيد ٢٠١٢، و Taha, et al., 2013، وسلامة ٢٠١٦، والعليمى ٢٠١٦، وهى دراسات تناولت المنطقة إما جيولوجياً أو مناخياً أو

جيومورفولوجياً، وقد استفادت الباحثة من هذه الدراسات في التعرف على الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة.

- **الدراسة الميدانية:**

تعد الدراسة الميدانية الأساس التي ترتكز عليه الدراسات الجغرافية، فقد تم الاعتماد عليها في دراسة الوحدات الصخرية المختلفة بمنطقة الدراسة وذلك لربطها ببرنامج WMS في التعرف على الوحدات الهيدرولوجية للتربة والاستخدام الحالي للأرض، والتعرف على أفضل الأماكن لإقامة السدود لمطابقتها بنموذج إنشاء السدود، والتقاط الصور الفوتوغرافية، كما تم أخذ عينات من الرواسب الوديانية لتغطية معظم منطقة الدراسة، وبناءً عليها تم تصنيف التربة بالحوض إلى أربعة أنواع طبقاً لدرجة التسرب، وعلاقتها بالجريان السيلى.

ويضم البحث الجوانب الآتية:

أولاً: مراحل ومدخلات النمذجة الهيدرولوجية بطريقة SCS-CN بحوض وادي أم عدوى.

ثانياً: مخرجات النمذجة الهيدرولوجية وتحليلها بحوض وادي أم عدوى.

ثالثاً: إدارة مياه السيول واستغلالها في عملية التنمية بحوض وادي أم عدوى.

وفيما يلي دراسة لتلك الموضوعات على النحو التالي:

أولاً: مراحل ومدخلات النمذجة الهيدرولوجية بطريقة SCS-CN بحوض وادي أم عدوى:

النموذج الهيدرولوجي هو أداة رياضية تستخدم بشكل رئيس في معالجة ومحاكاة النظام الهيدرولوجي الطبيعي وذلك بغرض التنبؤ بعمليات الجريان. وبناء نموذج بطريقة SCS-CN يتطلب العديد من المراحل، وهذه المراحل تتطلب عدد من المدخلات التي يجب دراستها وتحليلها للحصول على تقدير

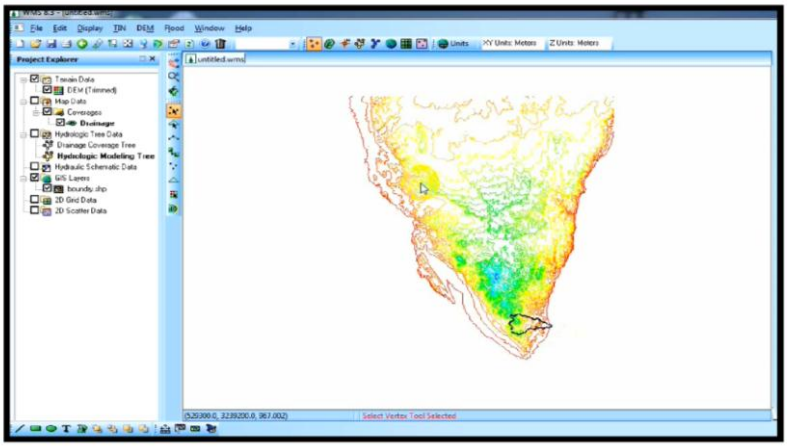
الجريان السطحي بدقة عالية، حيث يعتمد الجريان السطحي على عدة عوامل، منها: التضاريس، وكمية الأمطار الساقطة، والتربة، والغطاء النباتي، وطبيعة التكوينات الجيولوجية، وتتلخص طريقة SCS-CN في المراحل الآتية:

١- مرحلة إدخال البيانات:

لبناء نموذج SCS-CN يجب تغذية برنامج WMS بنموذج الارتفاع الرقمي DEM، حيث يعد نموذج الارتفاعات الرقمي القاعدة التي يعتمد عليها لاستنتاج الخواص المتعلقة بطبوغرافية الوديان واستقراء المعلومات عن خصائصها التضاريسية، وعملية المحاكاة الهيدرولوجية لجريان مياه الأمطار باستخدام مجموعة من الطرق التحليلية المطبقة على المعلومات الرقمية لتحديد حدود الأحواض المائية (العمرى، ٢٠١٩، ص٤٠٥)، وتقسيمها إلى أحواض فرعية ورسم شبكة التصريف، والتي من خلالها يتم استخراج المعاملات المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف وتطبيقها في استخراج رقم منحنى الجريان السطحي. وقد أثبت نموذج الارتفاع الرقمي فعالية كبيرة عند مقارنته مع البيانات الميدانية وخاصة من ناحية زمن معالجة تلك البيانات لذلك تم استخدامه في الدراسات الهيدرولوجية.

وقد تم الاعتماد عليه من بيانات الماسح الراداري الطبوغرافي SRTM بدقة ٣٠م، وتطلب ذلك خريطة لحدود الحوض (شكل ٤)، ولاقتطاع منطقة الدراسة تم الاعتماد على أداة:

Terrain Data Module ⟶ Dem ⟶ Trim Polygon



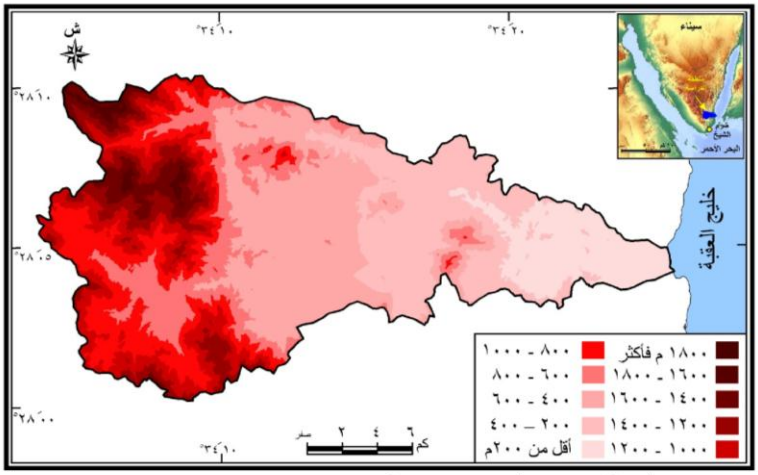
المصدر: إعداد الباحثة - اعتمادا على برنامج WMS8.3

شكل(٤): نموذج الارتفاع الرقمي وحدود منطقة الدراسة

وتطلبت هذه المرحلة دراسة وتحليل الارتفاعات بحوض وادي أم عدوى، حيث يعد ارتفاع السطح أحد العوامل الطبوغرافية التي تؤثر بشكل مباشر على كمية ومعدل الجريان، وبالتالى يؤثر في كمية التسرب وسرعة الجريان، ويمكن تصنيف منطقة الدراسة حسب الارتفاع إلى عدة فئات كالتالي (شكل٥):

- فئة الارتفاع أقل من ٢٠٠م، وتمثل ١٠٪ من مساحة منطقة الدراسة، وتغطى الأجزاء الساحلية المطلة على خليج العقبة وبئر نبق، كما تشغل مصب وادي أم عدوى ومعظم وادي لصفية ووادي المويرد وعراق الميلح.
- فئة الارتفاع ٢٠٠ – ٤٠٠م، وتشغل ١٧.٦١٪ من مساحة منطقة الدراسة، وتغطى معظم المنابع العليا لوادي لصفية ووادي الحمراء في أجزائه الدنيا والعليا.
- فئة الارتفاع ٤٠٠ – ٦٠٠م، وتغطى ٢٥.٣٤٪ من مساحة منطقة الدراسة، وتضم بعض المرتفعات كجبل الثمايل، كما تغطى بطون أودية مندر وعدوى والأجزاء الدنيا من وادي لتحي وبقع متناثرة في الأجزاء العليا لوادي لصفية.

- فئة الارتفاع ٦٠٠ – ٨٠٠ م، وتشكل ١٢.٠١٪ من مساحة منطقة الدراسة، وتغطى قاع وادي أبو تميمات، وقاع وادي لتحي في أجزائه العليا، وأجزاء من المنابع العليا لواديي عدوى ومندر.
- فئة الارتفاع ٨٠٠ – ١٠٠٠م، وتمثل ١٣.٣٪ من مساحة منطقة الدراسة، وتشغل معظم المنابع العليا لأودية عدوى ومندر ولتحي، وبعض الجبال مثل جبل أم سويد وجبل الفريع.
- فئة ١٠٠٠م فأكثر، وتغطي ٢١.٩١٪ من مساحة منطقة الدراسة، وتشغل معظمها الأجزاء المتبقية من المنابع العليا للأودية عدوى ومندر ولتحي، والجبال التي يزيد ارتفاعها على ١٢٠٠م، مثل: جبل العرقين (١٢٥٧م)، وجبل المتناربى (١٤٨٩م)، وجبل النضوح (١٣٧٩م)، وجبل عدوى (١٧٣٣م) فوق منسوب سطح البحر، ويظهر من ذلك أن ما يقرب من ٥٠٪ من مساحة حوض وادي أم عدوى عبارة عن صخور عارية صلبة يزيد ارتفاعها على ٦٠٠م، والتي تتسم بقلة النفاذية، مما يسمح بنشوء جريان سطحي عالي.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على DEM بدقة ٣٠م، باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D

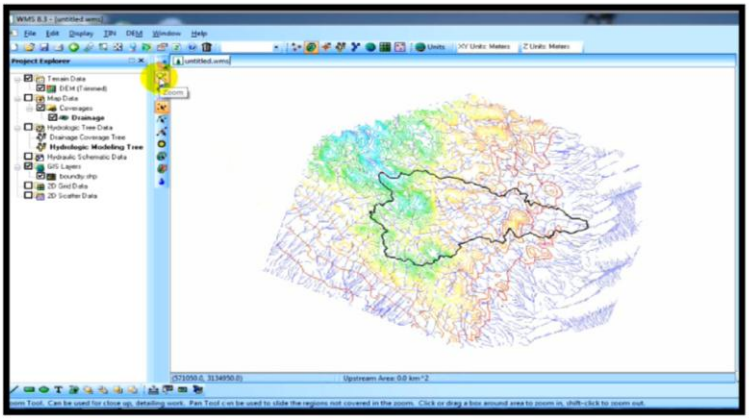
شكل (٥): الارتفاعات بحوض وادي أم عدوى

٢- مرحلة استخلاص الشبكة المائية لحوض وادي أم عدوى وتقسيمه إلى أحواض فرعية:

يتم الحصول في هذه المرحلة على جميع القياسات المورفومترية بدقة عالية بالإضافة إلى تقسيم الحوض إلى أحواض فرعية، وذلك من خلال خطوتين:

الخطوة الأولى: ويتم فيها تحديد كل المعاملات المورفومترية كطول الحوض والمساحة ومعدل الانحدار وغيرها (شكل٦)، وذلك عن طريق الأداة الآتية:

Drainage Module ⟶ Dem ⟶ Compute Topaz Flow Data



المصدر: إعداد الباحثة ـ اعتمادا على برنامج WMS8.3

شكل (٦): تحديد شبكة التصريف لحوض وادي أم عدوي

الخطوة الثانية: وهي تقسيم الحوض إلى أحواض فرعية، وتتم عن طريق ثلاث مراحل باستخدام برنامج WMS 8.3، وهي:

- اختيار نقطة المصب.

Drainage Module Creat ⟶ Outlet Point

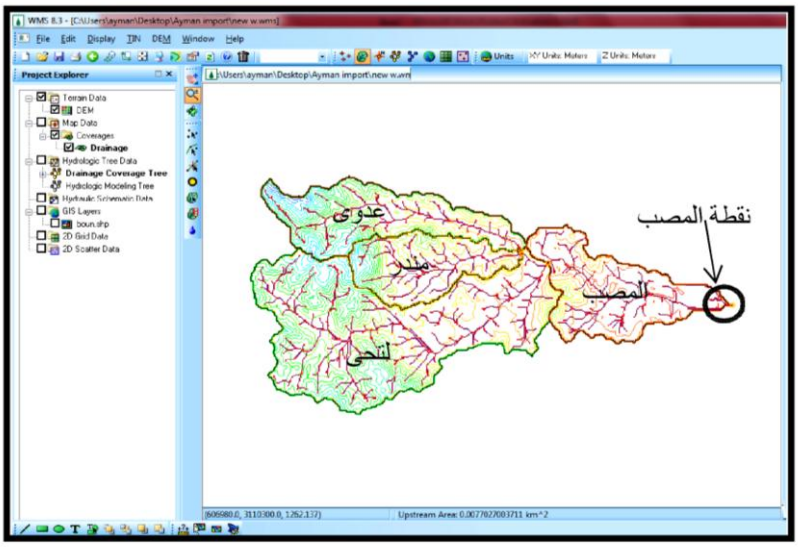
- إظهار شبكة التصريف وجميع الروافد التي ستتجه نحو هذه النقطة (المصب).

Dem ⟶ Dem Stream Arcs ⟶ Define Basin ⟶ Basin Polygons

- إظهار جميع المعاملات المورفومترية.

Compute Basin Data ⟶ Drain Data Display

وقد نتج عن تطبيق المراحل السابقة تقسيم حوض وادي أم عدوي إلى أربعة أحواض فرعية، وهي: لتحي، ومندر، وعدوي، والمصب، (شكل ٧).



المصدر: إعداد الباحثة ـ اعتمادا على برنامج WMS8.3

شكل (٧): تقسيم حوض أم عدوى إلى أحواض فرعية

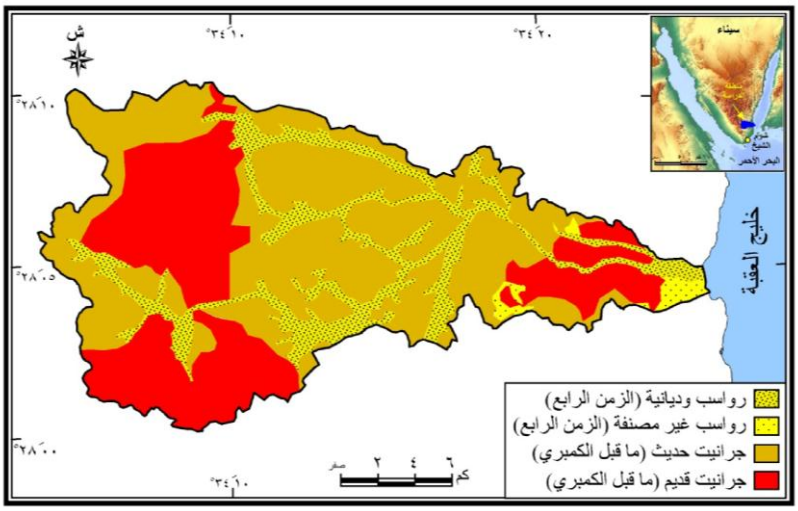
٣- مرحلة اشتقاق قيم الأرقام المنحنية Curve Number لكل حوض:

تستعمل الأرقام المنحنية لتمييز خصائص المطر وفقاً لنوع التربة واستخدامات الأرض المختلفة، وتتراوح قيمتها بين صفر و١٠٠ وتشير الأرقام المنخفضة إلى الاحتمال المنخفض لجريان المياه، في حين تشير الأرقام الأكبر إلى الزيادة في إمكانية الجريان السطحي كما سبق ذكره، وللحصول على قيم (CN) والتي يترتب عليها تحديد عمق وحجم الجريان، يجب مطابقة استخدامات الأرض مع المجموعات الهيدرولوجية للتربة، ثم دمج الطبقتين Combine (Creat Coverage) للحصول على رقم المنحنى لكل حوض.

وتطلبت هذه المرحلة عدد من المدخلات تم تحليلها للحصول على قيم (CN)، ويمكن تناول تلك المدخلات على النحو التالي:

أ- جيولوجية الحوض:

تظهر في حوض وادي أم عدوى مكاشف صخرية تتراوح أعمارها من صخور ما قبل الكمبري إلى رواسب الزمن الرابع (شكل ٨)، وتتباين تلك المكاشف في طبيعة صخورها من حيث المسامية والنفاذية والصدوع والفواصل والشقوق، وعليها تتحدد الخصائص الهيدرولوجية لكل نوع صخري.



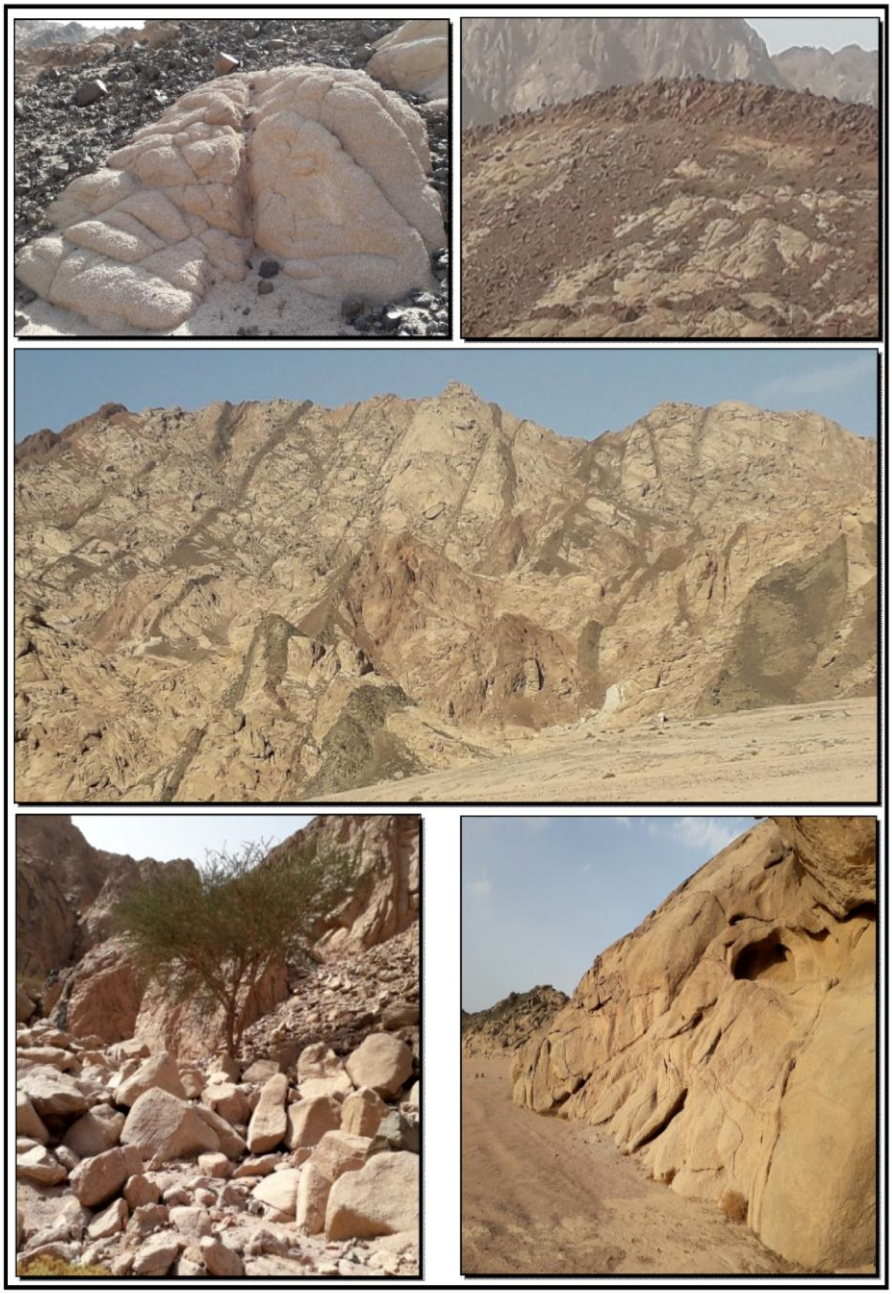
المصدر: الخريطة الجيولوجية (كونكو)، مقياس ١:٥٠٠٠٠٠، لوحة جنوب سيناء عام ١٩٨٧

شكل (٨): جيولوجية حوض وادي أم عدوى

وفيما يلي دراسة خصائص هذه التكوينات وتوزيعها في منطقة الدراسة كالتالي:

- صخور ما قبل الكمبري:

- تنتمي معظم صخور منطقة الدراسة لعصر ما قبل الكمبري (لوحة ٢) متمثلة في الصخور النارية والذي يعد الجرانيت بنوعيه (القديم والحديث) أكثرها شيوعا حيث يشغلان معا ٨٢.٤٪ من إجمالي منطقة الدراسة (٣٠١.١كم^{٢}).



المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠١٩

لوحة (٢): صخور ما قبل الكمبري بحوض وادي أم عدوى

- يتميز الجرانيت القديم ببلورات تامة التبلور ويتراوح حجمها بين المتوسطة والكبيرة وتتكون أساسا من البلاجيوكلاس والبيوتيت والهورنبلند، ويظهر على شكل كتل بمصب الحوض بمساحة ٣٣.٢٪، وجنوب وادي عدوى عند رافده أبو تميمات في الغرب ووادي لتحي في الجنوب (المنابع العليا)، أما الجرانيت الحديث فهو أكثر انتشارا في منطقة الدراسة حيث يشغل نسبة ٤٩.٢٪ من إجمالي منطقة الدراسة، وأهم ما يميزه اللون الأحمر والوردي الفاتح، كما أنه خشن الحبيبات ويتخلله العديد من القواطع، ويشغل معظم روافد حوض أم عدوى وخاصة وسط منطقة الدراسة.
- طبقا لتصنيف هيئة خدمة حفظ التربة الأمريكية فهذه الصخور منخفضة جدا في التسريب (أقل من ١.٢٧ مم/ساعة) بسبب انخفاض المسامية والنفاذية، مما يزيد من خطورة السيل في حالة حدوثه (Elewa and Qaddah,2011,P.619).

- رواسب الزمن الرابع:

- تغطى رواسب الزمن الرابع ١٧.٦٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وسجلت أعلى نسبة للرواسب الوديانية ١٦.١٪، وتتمثل أساسا في رواسب قيعان الأودية والتي تتدرج من كتل الجلاميد والحصى في المنابع و الرواسب الفتاتية والرمل الدقيق في مصباتها والمراوح الفيضية (لوحة ٣)، يليه الرواسب غير المصنفة وتشغل جزء من مصب حوض أم عدوى وجزء صغير من المنابع العليا لرافده وادي لصفية.
- طبقا لتصنيف هيئة خدمة حفظ التربة الأمريكية فهذه الرواسب ذات نفاذية عالية (أكبر من ٧.٦٢مم/ساعة) تؤثر على كمية الجريان السطحي من خلال تعرض جزء كبير منها إلى التسرب.

المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠١٩

لوحة (٣): رواسب الزمن الرابع بحوض وادى أم عدوى

ب- المجموعات الهيدرولوجية للتربة:

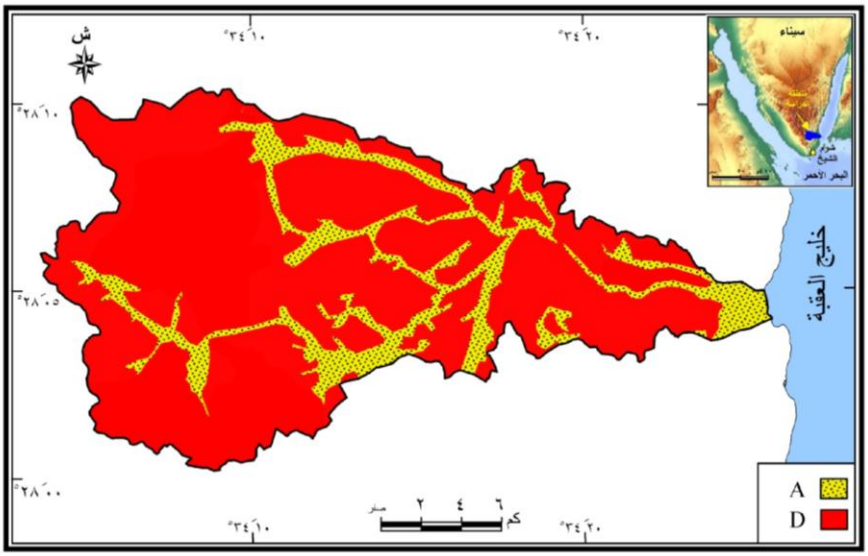
ميزت مصلحة صيانة التربة الأمريكية (SCS) بين أربع مجموعات هيدرولوجية للتربة (A-B-C-D) بناءً على النفاذية والمسامية (مدى قدرتها على انتقال المياه)، وأثره في توليد الجريان الذي يرتبط بنسيج التربة ونوع الصخور (USDA, 1986, P.25)، (جدول١).

وقد تم اشتقاق طبقة المجموعات الهيدرولوجية للتربة بحوض وادي أم عدوى بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية، وأتضح منها أن نوعين فقط من الترب الهيدرولوجية توجد بالحوض A-D (شكل٩).

جدول(١): 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 ٧,٦٢	طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة من الطمي والغرين (رواسب الزمن الرابع- رواسب الأودية)
B	متوسط	تسرب متوسط ٧,٦٢-٣,٨١	طبقة رملية وطميية
C	فوق المتوسط	تسرب منخفض ٣,٨١-١,٢٧	طبقة صخرية مجواه
D	عالي	تسرب منخفض جدا أقل من ١,٢٧	طبقة صخرية عارية، صخور جرانيتية رمادية أو قديمة

Source: Elewa and Qaddah, 2011, P.619



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على الخريطة الجيولوجية شكل(٨) وجدول (١)

شكل (٩): المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض وادي أم عدوى

يتضح من تحليل جدول (١) وشكل (٩) ما يلي:

- **المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A):** وتتألف من تربة عميقة، معدلات التسرب بها مرتفعة، مما ينتج عنه جريان سطحي منخفض، وتشمل أنواع

التربة الرملية والرملية الطينية، وتغطى أغلب قيعان الأودية ومصباتها حيث شغلت مساحة هذه المجموعة ٦٤.٥ كم^{٢} بنسبة ١٧.٦٪ من إجمالي مساحة الحوض.

- **المجموعة الهيدرولوجية للتربة (D):** وتمثل مناطق الصخور الجرداء العارية، ومعدلات التسرب بها منخفضة جدا، مما يترتب عليه جريان سطحي مرتفع، وتشغل أغلب مساحة الحوض ٣٠١.١ كم^{٢} بنسبة ٨٢.٤٪ من إجمالي مساحة الحوض.

ويلاحظ من التحليل السابق أن أغلب مساحة ترب حوض وادي أم عدوى منخفضة النفاذية، مما يساعد على نشوء جريان سطحي مرتفع.

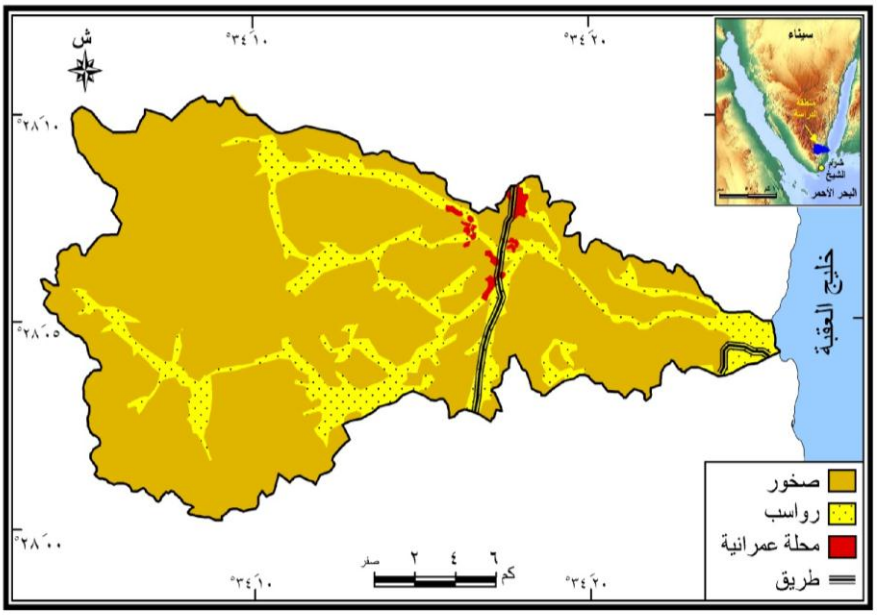
جـ – أغطية واستخدامات الأرض بالحوض Land Use –Cover:

تتمثل أغطية الأرض في الصخور والرواسب والنبات أي كل ما هو طبيعي، بينما تتمثل استخدامات الأرض في الطرق والعمران بأشكاله سواء مباني حكومية أو أهالي أو خيام، وقد تم التعرف على عدد من الأغطية والاستخدامات الأرضية بحوض وادي أم عدوى تمثلت في الآتي: الصخور العارية وجاءت في المرتبة الأولى، يليه الرواسب المفككة وشغلت المرتبة الثانية ويغطيان معا أكثر من ٩٩٪ من مساحة الحوض، وتمثل الطرق والعمران حوالي ١٪ من مساحة الحوض وجاءت في المرتبة الثالثة (شكل١٠)، وقد انعكس ذلك على كبر مساحة المناطق التي تتسم بالنفاذية المنخفضة، مما ساعد على نشوء جريان سطحي مرتفع بالحوض.

وبعد الانتهاء من تحليل المدخلات المطلوبة في تلك المرحلة، يتم الحصول على قيم CN بإتباع طريقتين:

- **الطريقة الأولى:** باستخدام برنامج Arc Map ويتم فيها تكويد نوع التربة في فئتي A-D، بالإضافة إلى تحديد القيمة الرقمية لكل نوع من أغطية

واستخدامات الأرض سواء غطاء صخري أو عمران أو أراضى زراعية (جدول٢).



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على Landsat (OLI) عام ٢٠١٨

شكل (١٠): الأغطية والاستخدامات الأرضية بحوض وادي أم عدوى

جدول (٢): قيم الأرقام المنحنية الموزونة CNS المقابلة لأغطية الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة

نوع أغطية واستخدامات الأرض	المجموعات الهيدرولوجية للتربة			
	A	B	C	D
عمران وطرق أسفلتية	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨
غطاء نباتي في حالة فقيرة(نبات مبعثر)	٦٣	٧٧	٨٥	٨٨
صخور مكشوفة	—	—	—	٩٣
رواسب مفككة	٧٦	٨٥	٨٩	—

Sources: USDA, 2004, P.9-5 - USDA, 1986, P.24 - Chow et al.,1988, p.150.

- **الطريقة الثانية:** بعد تحويل طبقتي Soil Map و Land Use إلى Shape File يتم إدخالها إلى برنامج WMS للربط بين التربة واستخدام الأرض للحصول على CN، حيث يتم تعريف Soil Map للبرنامج على أنها SCS، وإدخال القيم الرقمية لطبقة Land Use سواء العمران أو الغطاء الصخري أو زراعة أو أعشاب، حسب تصنيف قسم الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية وذلك للحصول على رقم المنحنى لكل حوض.

٤- مرحلة إدخال البيانات الميترولوجية:

يؤثر المناخ على هيدرولوجية الأحواض المائية من خلال عنصري الأمطار والحرارة، ونظراً لموقع منطقة الدراسة في النطاق الصحراوي وشبه الصحراوي فالأمطار قليلة وغير منتظمة، وتنعدم معظم الوقت، وقد تتحول إلى سيول فجائية، حيث بلغ إجمالي كمية الأمطار السنوية الساقطة على منطقة الدراسة ١٦.٢مم، وتسقط من شهر سبتمبر حتى شهر مايو، ويظهر من ذلك أن سقوط المطر بالمنطقة يتسم بالتركز في فصول الشتاء والخريف والربيع وينعدم في فصل الصيف، ويستأثر فصل الشتاء وحده بكمية مطر بلغت ١٣.١مم، وسجل شهر ديسمبر أعلى كمية تساقط مطري بلغت ١٢.٤مم (جدول٣).

جدول (٣): المتوسطات السنوية لكمية المطر بمحطة شرم الشيخ في المدة من ١٩٨٧-٢٠١٢

الشهر	كمية المطر (مم)	الشهر	كمية المطر (مم)
ديسمبر	١٢.٤	يونيو	٠
يناير	٠.٥	يوليو	٠
فبراير	٠.٢	أغسطس	٠
مارس	١.٠	سبتمبر	٠.٠٣
ابريل	٠.٠٣	أكتوبر	١.٠
مايو	٠.٤	نوفمبر	٠.٦

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، إدارة المناخ، بيانات غير منشورة.

وعلى الرغم من أهمية عنصر الحرارة في المناطق الجافة، والذي يؤثر على كمية الجريان نظراً لارتفاع معدلات التبخر، إلا إنها لا تعد عامل مؤثر في تطبيق النمذجة، لأن السيول تحدث بصورة فجائية وخلال مدة قصيرة، لذا تم الاعتماد على كمية الأمطار وبالأخص أكبر كمية مطر سقطت (العاصفة المطيرة) ٥٩مم.

ويتم في هذه المرحلة تغذية البرنامج بالأتي:

أ- **الأمطار:** يعد التساقط العامل المناخي الرئيس الذي يتحكم في وقوع أحداث الجريان السيلى في أحواض التصريف. ويتميز برنامج WMS بأنه يتعامل مع كافة البيانات المتاحة (سواء أكبر كمية مطر أو محطة مناخية أو عاصفة افتراضية أو أقصى تساقط محتمل)، وهذا كان السبب الرئيس في اختيار ذلك البرنامج في معالجة البيانات وعمل المحاكاة الهيدرولوجية[١].

وتتم هذه المرحلة بطريقتين، الأولى إدخال بيانات الأمطار إلى البرنامج (٥٩مم)، والثانية تعريف البرنامج بالعاصفة المطيرة التي سوف يتم التعامل معها، ويتم ذلك عن طريق الأتي.

- Hydrological Model → Select Basin → Precipitation → Basin average
- Define series → Selected Curve → Type1A-24hour

[١] من أهم الأسس والشروط التي يجب مراعتها عند اختيار النموذج المناسب في عملية المحاكاة هو مدى توافر البيانات التي سيتم التعامل معها، وإمكانيات النموذج وطريقة التطبيق، والهدف من التطبيق (صالح، ٢٠١٤، ص١٦١)، وبما أن منطقة الدراسة لا يتوافر لها بيانات مسجلة عن الأمطار خلال العاصفة المطيرة محددة زمنيا بدقائق أو بالساعات فقد تم الاعتماد على كميات المطر المسجلة على مستوى يوم كامل في بناء النموذج وهى ٥٩ مم سقطت في ٢٠١٠/١/١٧.

ب- الفواقد: ويتم فيها تغذية البرنامج بالفواقد الأولية Initial abstraction (Ia) وهى عبارة عن معدلات الفاقد من مياه الأمطار سواء كان بالتبخر أو التسرب، ويتم إدخال بياناتها على مستوى كل حوض فرعى ويتم حسابها عن طريق المعادلات التالية:

- Ia= 0.2s
- S=1000/CN-10 (Chow et al., 1988, PP.148-149)

S : معامل احتفاظ التربة بالماء (سمك التربة المشبعة بالمياه بعد بدء الجريان[١])، ويتم إدخال بيانات الفواقد إلى البرنامج، ويجب التأكد أن project على طريقة SCS Curve Number، ويتم إدخال قيمة Ia لكل حوض فرعى في خانة STRTL .

ج- زمني التباطؤ والتركيز: ولعمل المحاكاة وإنشاء الهيدروجراف[٢] والذي يعد الهدف من البحث يجب حساب زمني التباطؤ والتركيز، ويتم اختيار الطريقة المتبعة في حساب زمن التباطؤ وهى Riverside Mountain Method ومعادلة kirpich لحساب زمن التركيز، ويطبق ذلك على كل حوض فرعى.

٥- مرحلة عمل المحاكاة وإظهار النتائج:

يقوم البرنامج بعمل المعالجة النهائية لكل المعطيات التي تم إدخالها وعمل دمج لها على الأحواض الفرعية على شكل هيدروجراف (منحنى

---

[١] تلك المعادلة تطبق بالبوصة، أما في حالة التحويل من البوصة إلى مم يتم التعامل مع المعادلة التالية في حساب قيمة (S) S=25400/CN-254 (Chow et al., 1988, PP.148-149).

[٢] شكل بياني يوضح كمية وحجم التصريف وذروة التصريف مقابل الوقت (صالح، ٢٠١٤، ص١٨٢).

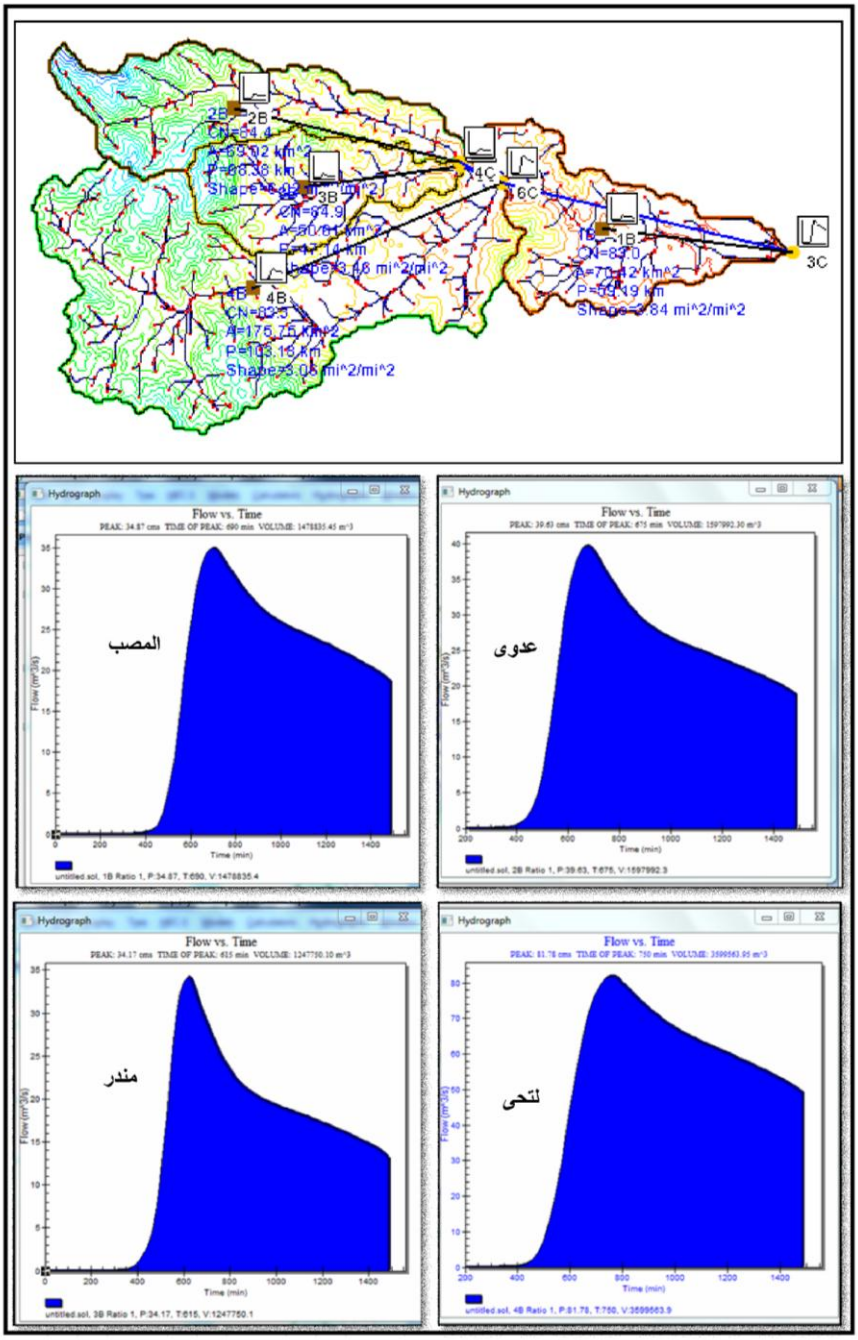
الجريان) يُظهر كل من حجم الجريان، وشكل وذروة التصريف، والوقت، ويتم ذلك من خلال اختيار HEC-1 ثم Run Simulation (شكل١١).

ثانياً: مخرجات النمذجة الهيدرولوجية وتحليلها بحوض وادي أم عدوي:

يعد الهدف الرئيس من إتباع طريقة (SCS-CN) هو تقدير حجم السيول، وذلك للاستفادة منها في عملية التنمية بالمنطقة. ويوضح (شكل ١١) و(جدول٤) خصائص الجريان السيلى التي تم استنباطها من تطبيق النموذج:

يتضح من تحليل جدول (٤) والأشكال من ١٢ إلى ١٨ ما يلي:

- تراوحت قيم الأرقام المنحنية الموزونة CN_S بحوض وادي أم عدوى بين ٨٣ و٨٤.٩ (شكل١٢)، وبلغت أعلى قيمة في الحوض الفرعي مندر البالغ مساحته ٥٠.٦كم^2، ويعنى ذلك أن ٨٤.٩٪ من إجمالي الأمطار الساقطة على حوض مندر تتحول إلى جريان، مما جعله أكثر الأحواض الفرعية خطورة يليه حوض عدوى ٨٤.٤ بمساحة ٦٩كم^2(شكل١٣). وبمقارنة ذلك بأحواض أخرى وجد أن هناك تشابه بين منطقة الدراسة وأودية تحيط بمدينة مكة المكرمة، حيث تراوحت قيم الأرقام المنحنية الموزونة بها بين ٨٣ و ٩٣ (Dawod and Koshak, 2011, P.156)، كما تشابهت مع نتائج دراسة تمت على ١٣ حوض في جنوب سيناء تراوحت بين ٧٥.١ و٩٤.٨ في واديا سمرا وكيد (Masoud, 2011, p.798)، ويرجع هذا التشابه إلى سيادة الصخور الصلبة فى معظم هذه الأودية.



المصدر: إعداد الباحثة ـ اعتمادا على برنامج WMS 8.3

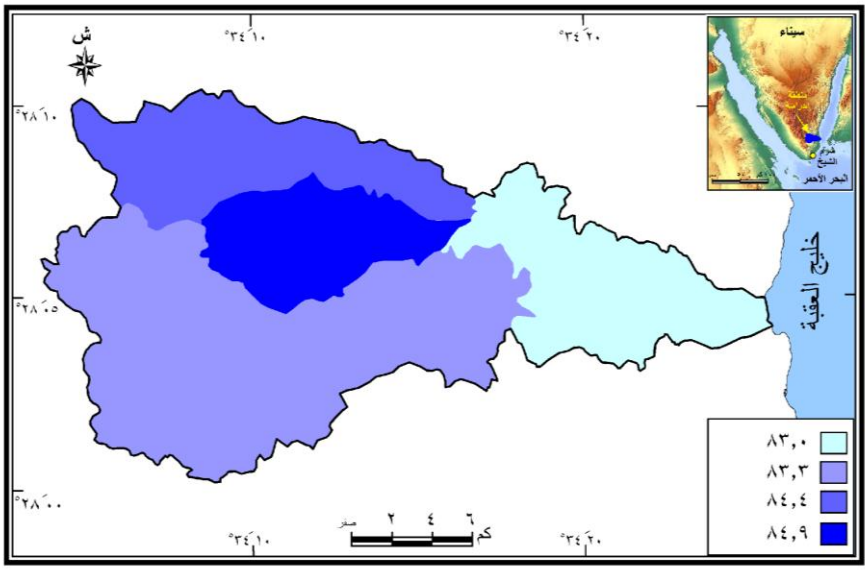
شكل (١١): منحنى الجريان (الهيدروجراف) لحوض وادي أم عدوى على مستوى الأحواض الفرعية

جدول (٤): خصائص الجريان السيلى بحوض وادي أم عدوى
على مستوى الأحواض الفرعية

الحوض	المساحة كم٢	الأرقام المنحنية الموزونة CNs	عمق الجريان (*) مم	حجم الجريان Volume م.م٣	الاحتفاظ بالمياه S	المستخلصات الأولية Ia	ذروة التصريف م٣ث
1B (المصب)	٧٠,٤	٨٣,٠	٢٣,٥	١,٤٨	٥٢	١٠,٤	٣٤,٨٧
2B (عدوى)	٦٩,٠	٨٤,٤	٢٥,٥	١,٦٠	٤٦,٩	٩,٣٨	٣٩,٦٣
3B (مندر)	٥٠,٦	٨٤,٩	٢٦,٢	١,٢٥	٤٥,٢	٩,٠٤	٣٤,١٧
4B (لتحي)	١٧٥,٦	٨٣,٣	٢٣,٩	٣,٦٠	٥٠,٩	١٠,١٨	٨١,٧٨

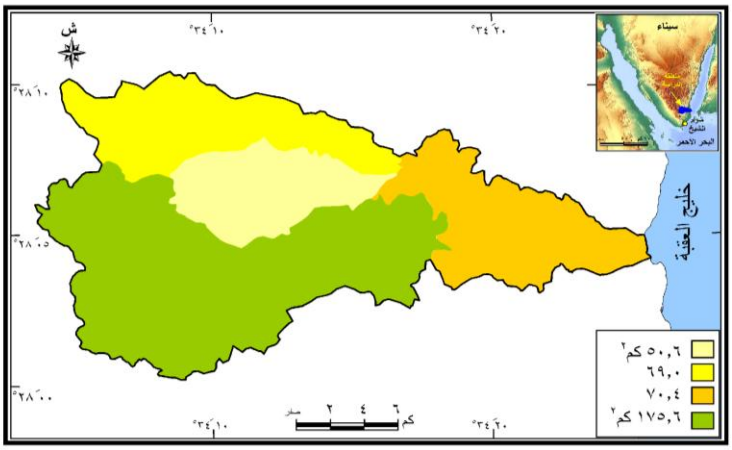
المصدر: إعداد الباحثة ـ نتائج تطبيق طريقة SCS-CN باستخدام برنامج WMS

(*) $P_e = (P-0.2S)^2 / (P+0.8S)$ ، حيث أن P_e هي عمق الجريان، و P كمية الأمطار الساقطة (العاصفة المطيرة)، و S سمك التربة المشبعة بالماء تماما بعد بدء الجريان السطحي أي بعد توقف التسرب (chow et al., 1988, p.148).



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على جدول (٤)

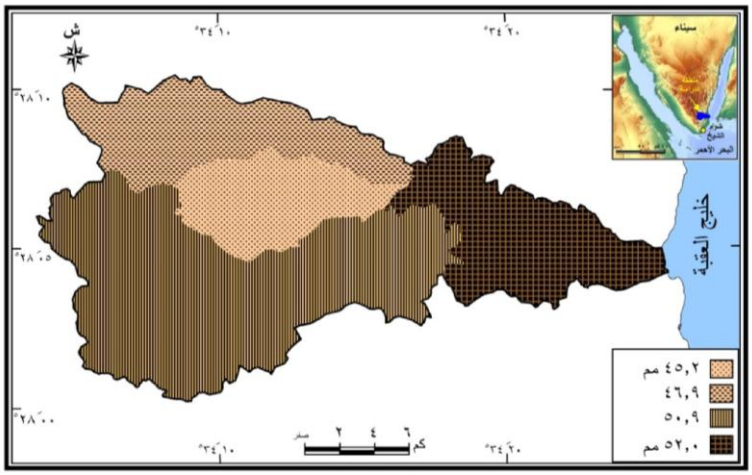
شكل (١٢): توزيع قيم الأرقام المنحنية الموزونة لحوض وادي أم عدوى على مستوى الأحواض الفرعية



لمصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على جدول (٤)

شكل (١٣): مساحات الأحواض الفرعية بحوض وادي أم عدوى

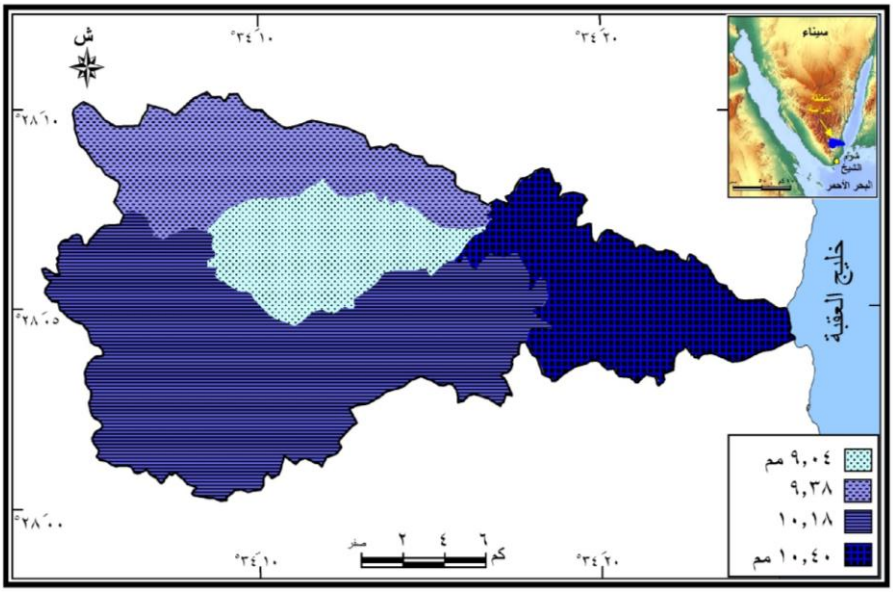
- اتفق توزيع قيم معامل سمك التربة المشبعة بالماء(S) مع نوع التربة (شكل١٤)، بمعنى أن القيم المنخفضة للسمك ارتبطت بالمواقع الأقل نفاذية للتربة متمثلة في حوضي مندر(٤٥.٢) وعدوى (٤٦.٩)، حيث تسود المنشآت العمرانية والطريق الرئيس، بينما ارتبطت القيم المرتفعة بالمواقع الأكثر نفاذية حيث تنتشر النباتات والرواسب الوديانية والمراوح الفيضية ويظهر ذلك في منطقة المصب(٥٢) ووادي لتحي (٥٠.٩) وذلك لكبر المساحة التي تغطيها الرواسب.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على جدول (٤)

شكل (١٤): معامل إمكانية احتفاظ التربة بالماء(S) ملم بحوض وادي أم عدوى

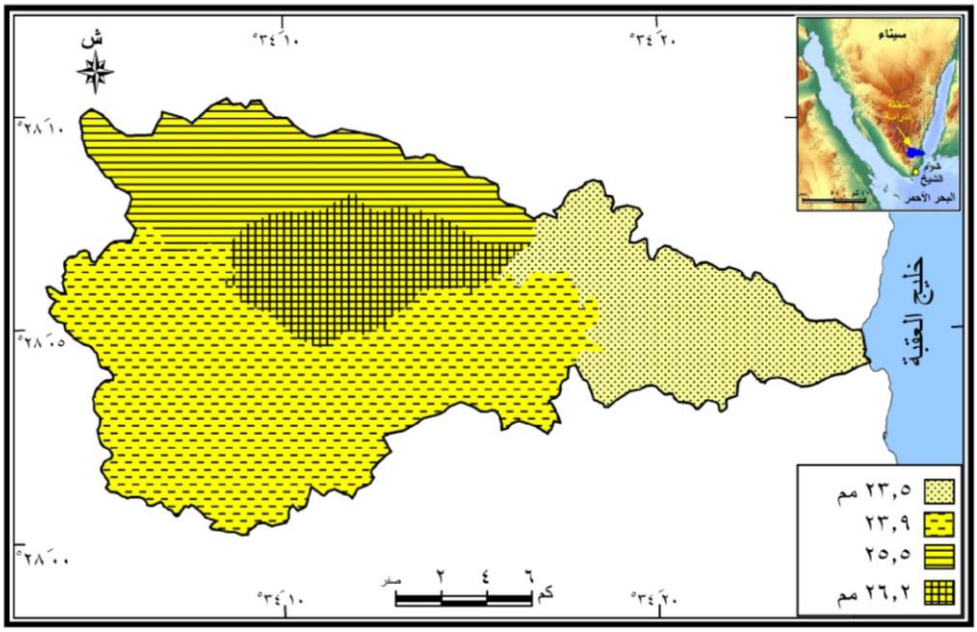
- يرتبط معامل الاستخلاص الأولى قبل بدء الجريان Ia(سواء بالتبخر أو التسرب) كمعامل الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء بخصائص ونوع التربة، والأغطية والاستخدامات الأرضية (USDA, 1986, P.1) أي أن العلاقة بينهما طردية، حيث تراوحت قيم معامل الاستخلاص الأولى بحوض وادى أم عدوى بين ٩.٠٤ ملم بحوض مندر و١٠.٤ملم بمنطقة المصب(شكل ١٥). ويستدل من قيم المستخلصات الأولية التي تقترب من الصفر على قلة الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان، مما يساعد على سرعة تولد جريان سطحي، وإذا ما ارتفعت قيمة Ia عن قيمة الوسيط للاستخلاص الأولى ٥٠.٨ ملم دل ذلك على فقدان الأمطار وبالتالي تنخفض المياه الجارية على السطح (النفيعى، ٢٠١٠، ص١٠٩)، وبناءً عليه فيعد حوض وادى أم عدوى ذو جريان سيلي مرتفع طبقاً للمتغيرات السابقة.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على جدول (٤)

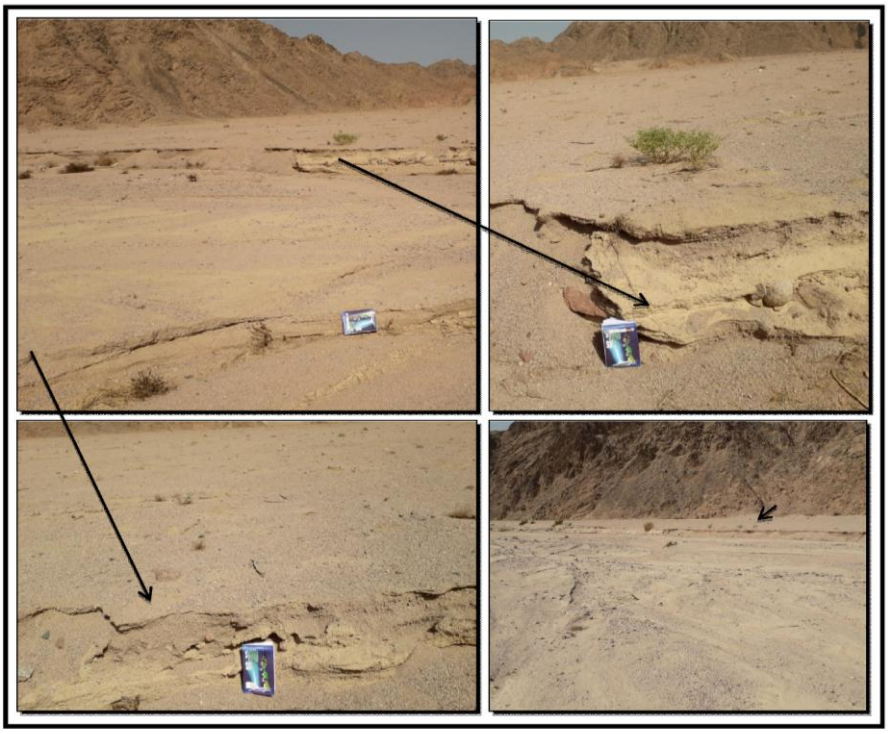
شكل (١٥): معامل الاستخلاص الأولى بحوض وادى أم عدوى على مستوى الأحواض الفرعية

- يتبين من تحليل الجدول (٤) والشكل (١٦) أن قيم عمق الجريان تتفق مع الأرقام المنحنية الموزونة، فنجد أن القيم المنخفضة لعمق الجريان ترتبط بالمواقع التي تتميز بانخفاض قيم الأرقام المنحنية الموزونة، بينما القيم المرتفعة لعمق الجريان فترتبط بالمواقع التي تتميز بارتفاع قيم الأرقام المنحنية، والأدلة على ذلك أن أعلى قيمة لعمق الجريان كانت بحوض مندر ٢٦.٦مم والذي يمثل أعلى قيمة أيضاً في CN_S ٨٤.٩، ومن الطبيعي أن تختلف هذه القيم مع اختلاف كمية الأمطار الساقطة (لوحة٤) واختلاف المتغيرات التي تؤثر على عملية الجريان مثل S و Ia والأغطية والاستخدامات الأرضية المختلفة داخل الحوض.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على جدول (٤)

شكل (١٦): قيم عمق الجريان بحوض وادى أم عدوى على مستوى الأحواض الفرعية



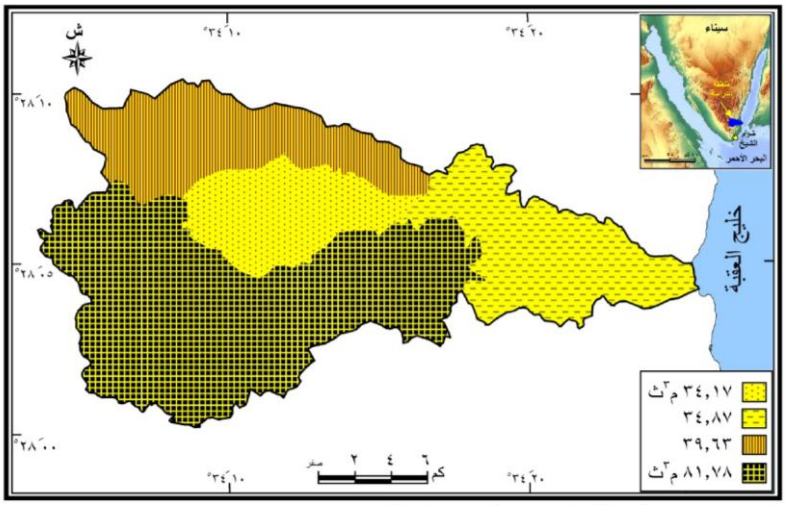
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠١٩

لوحة (٤): اختلاف مستويات السيل تبعاً لتباين كمية التساقط بحوض وادى أم عدوى

- يلاحظ من منحنى الجريان (شكل١١) أن المدة الزمنية من بدء التساقط إلى وصول الجريان إلى ذروته (قمته) تراوحت بين ١٠.٢٥ساعة في حوض مندر و١٢.٥ساعة في حوض لتحي، وتختلف هذه المدة من عملية جريان إلى أخرى، كما إنها تختلف من منطقة لأخرى تبعا لاختلاف كمية الأمطار الساقطة (العاصفة التي تم الاعتماد عليها)، خصائص التربة، الغطاءات والاستخدامات الأرضية، خصائص الحوض المورفومترية وغيرها، وعلى سبيل المقارنة نجد أن هذه المدة قد تراوحت بين ١.١٥ساعة و٤.٤٧ساعة في دراسة تمت على ستة أودية تحيط بمدينة مكة المكرمة (Dawod and Koshak, 2011, p.158)، وبلغت في وادى أبو غصون بالصحراء الشرقية ٥.٥٨ ساعة (Ismail, et al., 2010, p.124)، وتراوحت فى

حوض وادى وتير بين ١.١٥ و١٤.١٢ساعة (Abuzied, et al., 2016, p.68).

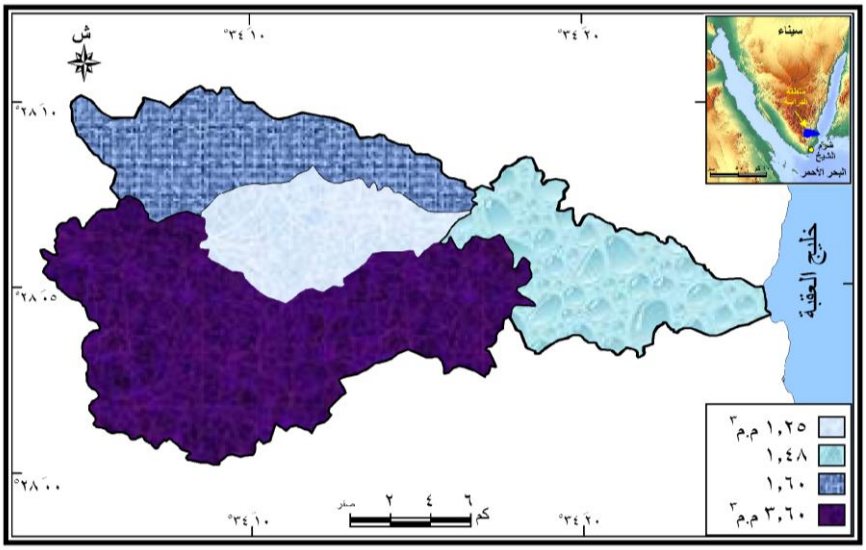
- استمرت عملية الجريان في حوض وادى أم عدوى ٢٥ساعة، بدء فيها الجريان بطيئا حتى وصل إلى الذروة ثم انخفض بالتدريج، وعلى دراسة تمت على وادى فيران وصلت المدة إلى٢٠ساعة (صالح، ٢٠١٤، ص١٨٥)، وفى وادى سدر جنوب غرب سيناء وصلت المدة٤٠ ساعة فى (عاصفة١) و٢٥ساعة فى (عاصفة٢)، و٣٠ساعة فى (عاصفة ٣) باستخدام HEC1 (Lumped model) (Fathy, et al.,2015, pp.64-65).
- بلغت قمة ذروة التصريف بحوض وادى أم عدوى ١٩٠.٤٥م^{٣}/ث، وتباينت ذروة التصريف من حوض لآخر، فبلغت أعلى ذروة تصريف في حوض وادى لتحي ٨١.٧٨م^{٣}/ث ، وأدنى ذروة تصريف في وادى مندر ٢٤.١٧م^{٣}/ث، (شكل١٧). وفى دراسة تمت على حوض وادى منى شرق مكة المكرمة تراوحت ذروة التصريف بين ١٦٢ و ٢٣٨م^{٣}/ث (درويش، ٢٠١٧، ص٧٦)، وفى أودية جنوب سيناء تراوحت بين ٥٦ و ٩٩٣م^{٣}/ث لسيل ٢-١١-١٩٩٤(Masoud, 2011, p.798)، وفى وادى وتير تراوحت من ٣.٤٥ إلى ٢٤٣.٨٩م^{٣}/ث باستخدام طريقة SCS (Abuzied, et al., 2016, p.68)، ويرجع هذا الاختلاف بين منطقة وأخرى لاختلاف كمية الأمطار المعتمد عليها وخصائص كل حوض.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على جدول (٤)

شكل (١٧): قيم ذروة التصريف بحوض وادى أم عدوى على مستوى الأحواض الفرعية

- تراوح حجم الجريان السيلى بحوض وادى أم عدوى بين ١.٢٥ مليون م^{٣} بحوض وادى مندر و ٣.٦٠ مليون م^{٣} بحوض وادى لتحي (شكل١٨)، بإجمالي جريان بلغ ٧.٩٣ مليون م^{٣}، وهذا التباين يعزى إلى كمية أمطار العاصفة ومساحة كل حوض، لذا نجده يختلف من منطقة لأخرى، فنجد في حوض وادى فيران بجنوب سيناء بلغ إجمالي الجريان ١١.٤مليون م^{٣}(Geriesh, et al., 2001, p.315)، وبلغ في حوض وادى وردان Wirdan بمنطقة رأس سدر بسيناء ٥.٧ مليون م^{٣}(Gabr and Bastawesy, 2015, p.148).



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على جدول(٤)

شكل (١٨): حجم الجريان بحوض وادى أم عدوى
على مستوى الأحواض الفرعية

- تعد المدة الزمنية ١٠.٢٥ساعة و ١٢.٥ساعة (زمن الذروة) ـــــ من بداية سقوط المطر وحتى الوصول إلى قمة التصريف ـــــ وقت كافي للمقيمين في باطن الوادي للاستعداد والحصول على المساعدة من الجهات الحكومية (Dawod and Koshak, 2011, P.158)

ونتيجة لما يحدثه الجريان السيلى من كوارث طبيعية مدمرة ضرورة تطوير بناء نظام إنذار مبكر يتنبأ بالجريان السيلى، وقد تناولت بعض الدراسات نظام الإنذار المبكر[١](EWS) من حيث مكوناته وأنواعه، وكيفية اختيار النظام المناسب على حسب كل منطقة. وقد تم إتباع نظام للإنذار المبكر بالفعل وأظهر

[١] يتكون النظام من عدد من المكونات، والتي يتم تنشيطها وربطها تلقائياً وهى نموذج للتنبؤ بسقوط الأمطار (نموذج توقع المناخ)، نموذج هيدرولوجي (مصمم خصيصاً ليعكس ظروف المنطقة القاحلة)، نموذج هيدروليكي، ووحدة تحذير، والتوقعات هنا لها مهلة تصل إلى ٤٨ساعة (Vanderkimpen, et al., 2010,p.193).

نتائج مشجعة في حوض وادى وتير حيث استطاع التنبؤ باثنين من السيول الأخيرة ٢٤ اكتوبر٢٠٠٨، و١٧-١٨يناير٢٠١٠(Cools, et al., 2012, p.454).

وقد تبين من الدراسة الميدانية أن بدو الوادي أقاموا مبانيهم في مناطق على بعُد أمتار من مجرى السيل، وهذا قلل من خطورة السيل عليهم وعلى مساكنهم إلى حد ما، أما طريق شرم الشيخ – دهب الذي يقطع الوادي فيتأثر بالرمال والأحجار التي يجلبها السيل – على الرغم أنه في نفس منسوب الوادي – ونظراً لأهميته يتم تنظيفه باستمرار.

كما تبين من الدراسة الميدانية أن سكان منطقة الدراسة يعانون من نقص المياه، على الرغم من حجم الجريان الناتج عن حدوث السيول (أخرها عام ٢٠١٥)، فعدم إنشاء أي وسائل للحماية أو التخزين، جعل أغلبية مياه السيول تنصرف إلى البحر دون أي استفادة منها، مما جعل سكان الوادي يضطرون إلى الحصول على المياه لأغراض الشرب والرعي والاستخدامات المنزلية من أماكن أخرى، حيث يحصلون على مياه الشرب من وادى كيد الواقع شمال منطقة الدراسة، والاستخدامات المنزلية من بئر مندر ومن مياه التحلية بشرم الشيخ، حتى أن مياه الآبار الموجودة بالمنطقة نسبة ملوحتها مرتفعة لا تصلح للشرب، والبئر الوحيد الصالح للشرب يبلغ عمقه ٣٦متر وأقصى ما يمكن أن ينتجه ١٠٠ لتر على الأكثر(جنوب منطقة المصب). وللحد من مشاكل نقص المياه في حوض وادى أم عدوى لابد من وضع خطة متكاملة لإدارة مياه السيول لاستغلالها في عملية التنمية.

ثالثاً- إدارة مياه السيول واستغلالها في التنمية بحوض وادى أم عدوى:

١- إدارة مياه السيول:

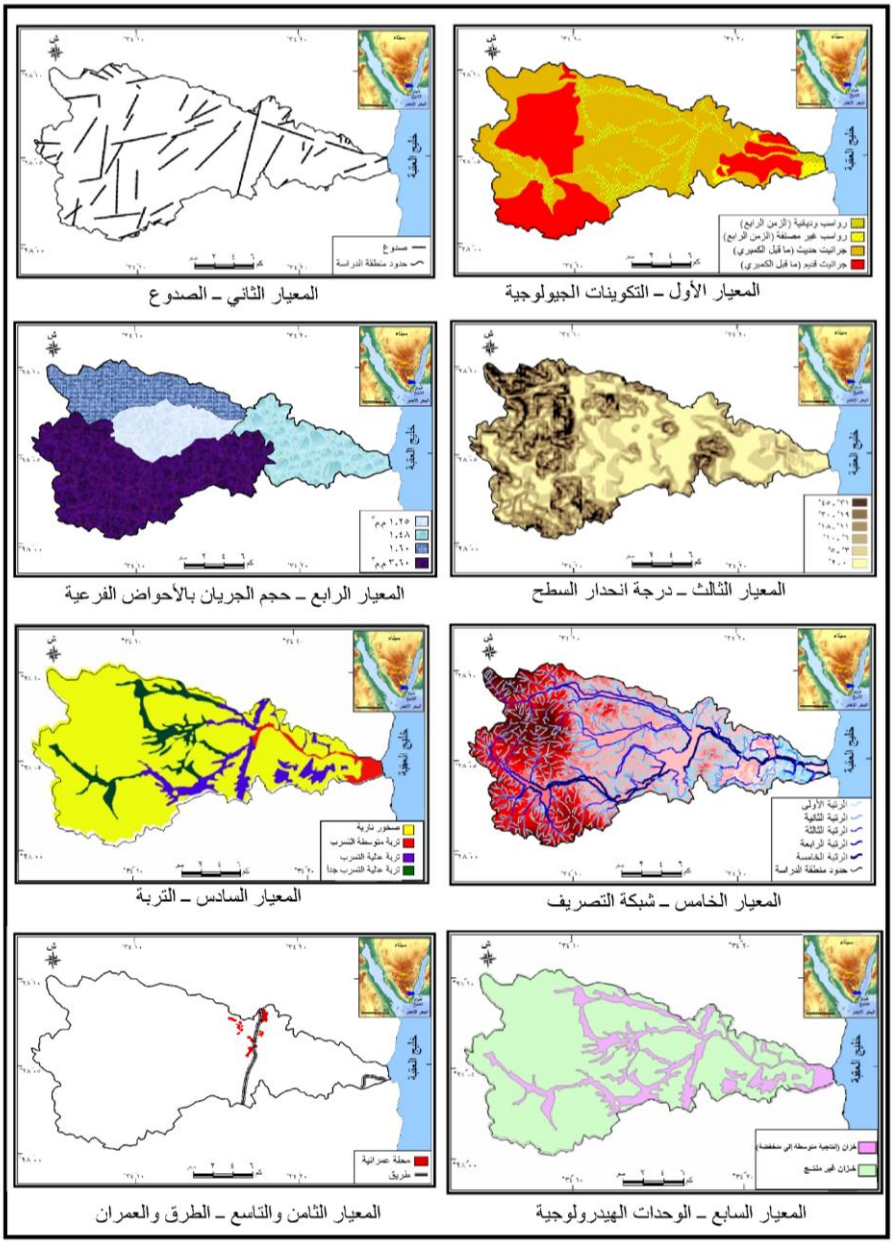
تعد إدارة مياه السيول من القضايا المهمة في دراسة هيدرولوجية الوادي، حيث أصبحت العلاقة بين إدارة المياه وأثارها على البيئة مصدر اهتمام خاص. واختيار بدائل مناسبة لإدارة المياه يحتاج إلى تحليل مفصل ودراسة لجميع العوامل المعنية، والتي تتمثل في العوامل السياسية (القيود السياسية والقانونية والأعراف المنظمة لاستخدام الموارد المائية)، والبيئية (الظروف المناخية والجيولوجية وتأثيرها على البيئة والصحة العامة والأنماط المعيشية السائدة)، والايكولوجية والهيدرولوجية والاجتماعية (أنماط الاستهلاك ومدى التقبل العام للتقنيات الحديثة ذات الآثار الجانبية الخطرة)، والاقتصادية (التكلفة والعائد) (البغدادي، ٢٠١٤، ص١٨٣). والهدف من دراسة إدارة مياه السيول هو تخطيط نظام للحماية من أضرارها والاستفادة القصوى منها لاستغلالها في التنمية بمنطقة الدراسة.

وتعد المشكلة الرئيسية في حوض وادى أم عدوى إنه لا يوجد استراتيجيات أو خطط لإدارة السيول، فالمنطقة لا يوجد بها أبسط وسائل الحماية، لذا كان من الضروري في الدراسة الحالية وضع خطة شاملة ومتكاملة لإدارة مياه السيول وذلك عن طريق الآتي:

أ - إنشاء السدود:

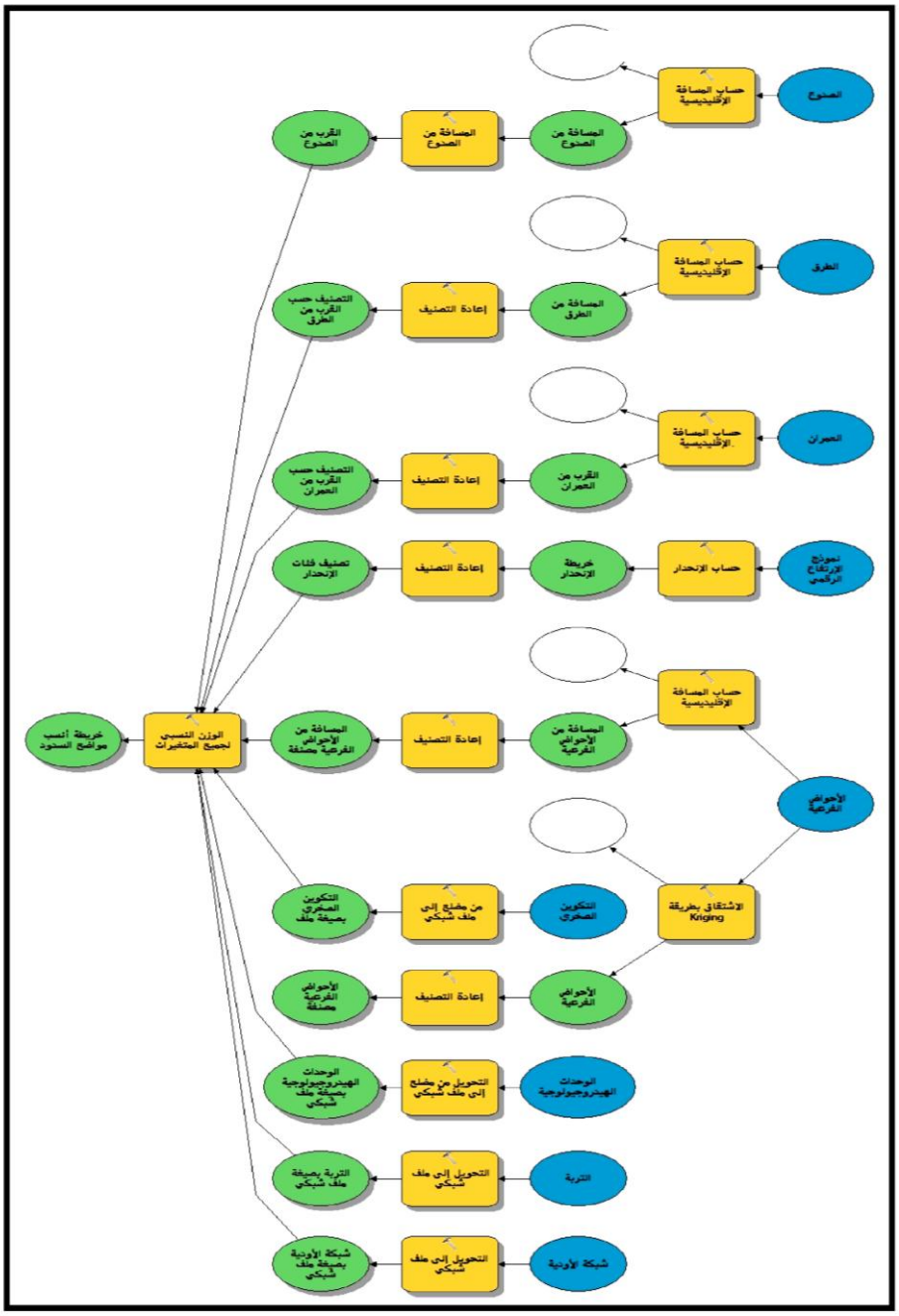
اعتمدت الباحثة في اختيار أنسب المواقع لإنشاء السدود على دراسة (آل سليمان، ٢٠١٦) في تقييم مواضع السدود، وقامت الدراسة الحالية بإعداد نموذج مشابه، يعتمد على تسعة معايير لتحديد أفضل المواقع لإقامة السدود، وهى: شبكة التصريف، والجيولوجيا، والصدوع، والوحدات الهيدروجيولوجية، ودرجة انحدار السطح، وحجم الجريان بالأحواض الفرعية ، والتربة، والعمران، والطرق (شكل١٩).

وتتكون بنية النموذج من ثلاثة أجزاء رئيسية: مدخلات تتمثل في المعـــايير التسعة، ومراحل المعالجة والتحليل، ومخرجات ونتائج، (شكل٢٠)، وفيما يلـــي دراسة النموذج بالتفصيل على النحو التالي:



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على: AUTOCAD CIVIL, ARC GIS and WMS

شكل(١٩): معايير تحديد أنسب مواقع السدود بحوض وادي أم عدوي



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على برنامج Arc gis 9.2

شكل (٢٠): النموذج المستخدم في تحديد أنسب المواقع لإقامة السدود في حوض وادي أم عدوي

(أ-١) معايير تحديد أنسب مواقع السدود (مدخلات النموذج):

- **معيار التكوينات الجيولوجية:** تتشكل منطقة الدراسة من صخور الجرانيت بنوعيه القديم والحديث ـــ تشغل معظم مساحة الحوض- والرواسب الوديانية، ويهدف هذا المعيار إلى ضرورة مراعاة أن تكون المواضع المختارة للسدود في الأراضي الصخرية الصلبة والبعد بقدر الامكان عن الرواسب الوديانية الضعيفة الهشة التي لا تتحمل إقامة السدود عليها في حالة كبر حجم الجريان، لذا يفضل الجرانيت القديم لصلابته يليه الجرانيت الحديث.
- **معيار الصدوع:** يجب أن تقع مواضع السدود على أرض صلبة بعيدة عن الحركات التكتونية كالصدوع، وقد تم تحديد مسافة ٢٠٠م كحدود يجب ألا تكون إقامة السدود داخلها، وكلما ابتعدت عن هذه المسافة، كان الموضع أفضل لإنشاء السد والعكس صحيح.
- **معيار درجة انحدار السطح:** يفضل أن تقام السدود على مناطق منبسطة أو هينة الانحدار، والبعد عن المناطق التي تتسم بالانحدار الشديد للتكلفة العالية في إقامة السد من ناحية و تعرض هذه السفوح للتعرية نتيجة تأثير الجريان السيلى، وعلى ذلك تم تحديد درجة الانحدار التي تتراوح من صفر إلى ١١ درجة وفقاً للمعايير العالمية (الكفرى، ٢٠٠٨، ص١٤)، وقد تم اشتقاق خريطة درجة انحدار السطح من نموذج الارتفاع الرقمي SRTM بدقة ٣٠متر.
- **حجم الجريان بالأحواض الفرعية:** يعد معيار حجم الجريان من أهم المعايير المحددة لاختيار مواضع إنشاء السود، حيث تعد الأحواض التي تستقبل كمية جريان أكبر وذات مساحة أكبر أفضل من أحواض التصريف الأقل مساحة وتستقبل حجم جريان أقل. وبناءً على نتيجة تطبيق نموذج

SCS-CN أتضح أن حوض وادى لتحي أكبر أحواض منطقة الدراسة في حجم الجريان، وبالتالي فإنشاء سدود عليه يتيح إمكانية تخزين كمية مياه كبيرة والتي يمكن نقلها عبر قنوات أو أنابيب لمناطق الرعي والعمران على جانبي طريق شرم الشيخ ـــ دهب في الأجزاء الدنيا من أحواض مندر وعدوى.

- **شبكة التصريف:** تم اعتبار الروافد ذات الرتب الأعلى والتي تتجمع بها أكبر كمية مياه أكثر ملائمة لإنشاء السدود.
- **التربة:** تم التعرف على أربعة أنواع من التربة بحوض وادى أم عدوى من دراسة عينات من الرواسب أثناء الدراسة الميدانية وهى: تربة عالية التسرب جدا، وتربة عالية التسرب، وتربة متوسطة التسرب، بالإضافة إلى الصخور النارية وهى منخفضة التسرب جدا وكانت الأولوية للتربة عالية التسرب جدا وعالية التسرب في إقامة السدود بهدف إعادة تغذية الخزان الجوفي، والتي تنتشر بشكل واضح في قيعان أودية لتحي ومندر وعدوى.
- **الوحدات الهيدروجيولوجية:** تتراوح الخزانات الجوفية بحوض وادى أم عدوى بين المتوسطة والمنخفضة الإنتاجية، وتتركز عند مصب الحوض الرئيس وفى الرواسب الوديانية التي تشغل بطون الأودية الفرعية ومصباتها، والمنخفضة جدا في الصخور النارية متمثلة في صخور الجرانيت بنوعيه(Elewa and Qaddah,2011,P.625) . وبناءً عليه تم إعطاء الأولوية للخزان المتوسط إلى منخفض في إنشاء السدود كمحاولة لإعادة تجديد تغذية الطبقات الحاملة للمياه والاستفادة منها.
- **العمران:** يتسم العمران بمنطقة الدراسة بالتركز، وهو عبارة عن تجمعات بدوية صغيرة الحجم تتركز على جانبي طريق شرم الشيخ ـــ دهب الذي يقطع المجرى الرئيس في أودية مندر وعدوي ولتحي، وتم إدخال هذه التجمعات للبرنامج على اعتبارها مناطق تحتاج إلى حماية.

- **الطرق:** تقتصر الطرق في حوض وادى أم عدوى على الطريق القاطع للمجرى الرئيس، وطريق فرعى عند مخرج الوادي، وأيضاً تم إدخال الطرق للبرنامج على اعتبارها مناطق تحتاج إلى حماية وخاصة أنها طرق شريانية للمنطقة فبدونها تنقطع صلة بدو الوادي بالمناطق المحيطة بهم إلى جانب أن كل متطلباتهم يحصلون عليها من تلك الطرق.

(أ-٢) مراحل المعالجة والتحليل:

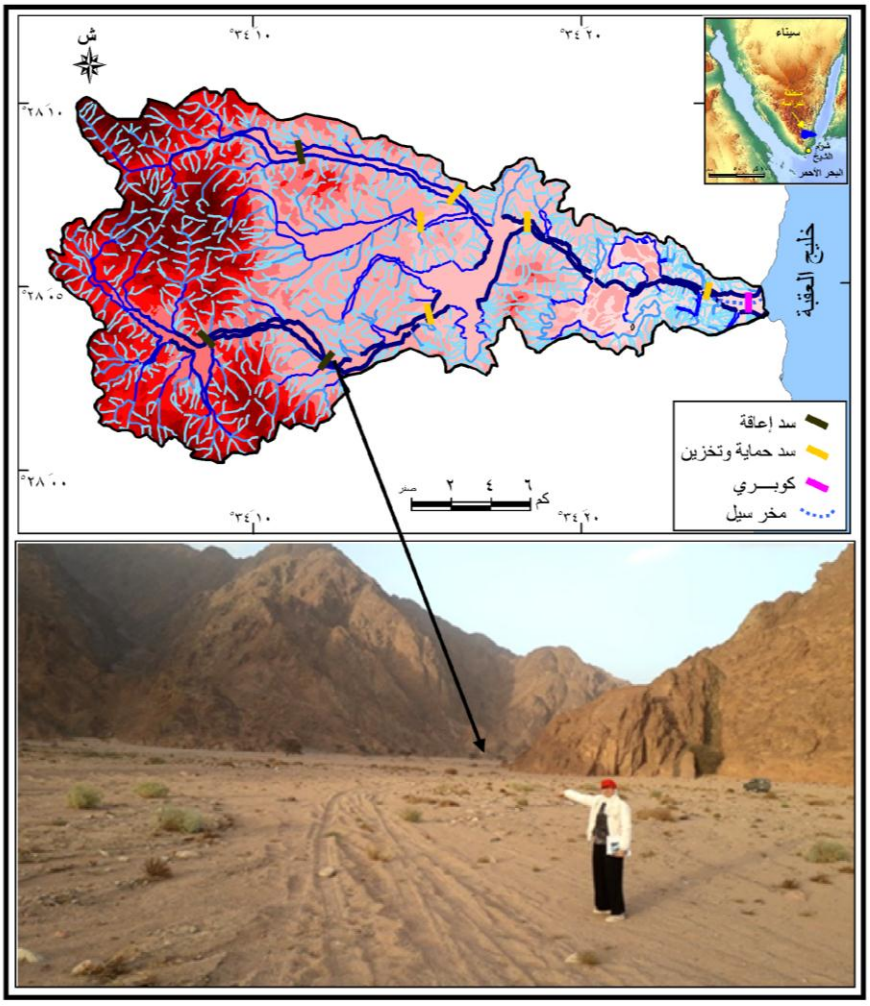
تم إتباع أساليب التحليل المكاني لتحديد أنسب المواقع لإقامة السدود وذلك بالاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية بأداة Spatial Analyst، وذلك في ضوء نموذج يعبر عن البيانات بصورة مجمعة. وفيما يلي توضيح مراحل المعالجة على النحو التالي:

- **الخطوة الأولى:** توحيد صيغ الملفات المُدخلة إلى النموذج وذلك من خلال إنشاء ملف شبكي Raster تمثل فيه قيم الخلايا المسافة إلى أقرب موضع لإنشاء السدود (السطحية،٢٠١٨، ص١٨٨)، ووفقاً للمعايير التي تم وضعها وأفضلية المواضع بناءً على المسافة، وتحويل الطبقات من polygonإلى Raster وذلك لتوحيد كل الطبقات المُدخلة إلى النموذج، وذلك لأن البيانات الشبكية تتميز بقدرة عالية في التعامل مع أسلوب النمذجة.
- **الخطوة الثانية:** إعادة تصنيف الخرائط المدخلة للنموذج، نظراً لأنها ذات وحدات تمييز مختلفة فالانحدار بالدرجة، والجريان بالمتر المكعب، والهيدروجيولوجى والتربة والتكوينات الجيولوجية والعمران بالكيلو متر المربع، والطرق وشبكة التصريف بالكيلو متر، لذا تم تصنيف البيانات إلى ست فئات يتم فيها إدخال عدد الفئات ومدى كل فئة وهذا من خلال Reclassify، وبالتالي يصبح هناك مقياس موحد يمكن عمل التطابق بينها.

- **الخطوة الثالثة:** تحديد الوزن النسبي للخرائط المدخلة للنموذج وذلك بإعطاء كل معيار وزنا حسب درجة تأثيره وأهميته في تحديد الموقع المناسب لإقامة السد، ثم تجميع تلك الخرائط لإنتاج خريطة جديدة بأنسب المواقع لإقامة سدود بمنطقة الدراسة.

(أ-٣) تحليل مخرجات نموذج مواقع السدود:

يعد الهدف من استخدام النموذج السابق تحديد أنسب المواقع لإقامة السدود، وبالفعل نتج عنه اختيار٢٤موقعاً، وقد تم التحقق من نتائج النموذج عن طريق العمل الميداني وذلك من خلال مقارنة الخرائط الناتجة عنه بنفس المواقع في الميدان، وقد تبين دقة مخرجات النموذج بشكل كبير، فجميع المواقع مناسبة جداً لإقامة السدود، والجدير بالذكر أنه تم تحديد ٨ سدود فقط (شكل٢١)، وإلغاء الباقي لأنها قريبة جداً من بعضها البعض.



المصدر: نتائج نموذج إقامة السدود والدراسة الميدانية ٢٠١٩

شكل (٢١): وسائل الحماية من السيول بحوض وادى أم عدوى

وقد قامت الباحثة بتصنيف مواقع تلك السدود الثمانية على حسب ما تتطلبه منطقة الدراسة ويتناسب مع احتياجات المقيمين بالحوض (شكل ٢١):

- **سدود إعاقة:** عبارة عن سدود حجرية أو خرسانية، والهدف منها إضعاف قوة السيل وتقليل سرعته، كما تعمل على حجز المياه وتخزينها لفترة مؤقتة أمام السد، وإذا زادت كمية المياه فإنها تمر من فوقه، مما يتيح الفرصة لرفع مستوى المياه الجوفية في منطقة السد. وتتوزع تلك السدود في مناطق

المنابع (شكل ٢١) وعددها ثلاثة سدود اثنان منها في وادى لتحي وواحد في وادى عدوي، وهدفها هنا تقليل سرعة السيل نظرا لحجم الجريان في هذه الروافد والحد من وصول مياه الجريان منها إلى المجرى الرئيس وبالتالي إلى التجمعات السكنية والطريق بكامل قوتها. ويميز السد المقترح إنشائه في المنابع العليا لوادي لتحي في إنه يتيح الفرصة لتغذية الخزان الجوفي نتيجة لتجمع المياه أمامه، والتربة الذي يقع عليها ذات نفاذية عالية جدا، كما يمكن بنائها من المواد الأولية الموجودة بالحوض.

- **سدود الحماية والتخزين:** الهدف من هذه السدود حماية الأنشطة البشرية خلف السد ومحاولة تخزين أكبر قدر من المياه وتوصيلها إلى التجمعات العمرانية واستغلالها في عمليات الشرب أو الاستخدامات المنزلية أو للري أو للمحاجر، لذا تقترح الدراسة إنشاء خمسة منها: الأول في مصب وادى عدوي، والثاني بالقرب من مصب وادى مندر، والثالث في مصب وادى لتحي، والرابع في نهاية مصب أودية مندر، وعدوى، و لتحي، وتتميز هذه المواقع بأنها سوف تحجز كمية كبيرة من المياه (أكبر أودية حوض وادى أم عدوى)، مما يوفر مياه كافية لإقامة خزان سطحي أمام تلك السدود، ويمكن منها نقل المياه عبر قنوات أو أنابيب تخدم التجمعات العمرانية خلف السد وتحميها، مما يقلل الضغط على مياه شرم الشيخ ووادي كيد، وتساعد في زراعة بعض المحاصيل التي تخدم سكان المنطقة، كما توفر الحماية للطريق القاطع لمجارى السيول، والخامس عند مصب الأودية الصغيرة (وادى الحمرا – عراق الميلح – لصفية – مريد أبو دبه – وبعض الروافد الأخرى)، وهدفها تجميع مياه هذه الروافد واستغلالها بدلا من ضياعها في مياه الخليج، كما إنها سوف تحمى المنشآت السياحية التي تقترح الدراسة إقامتها في مخرج الحوض كخطة مستقبلية لتنمية المنطقة.

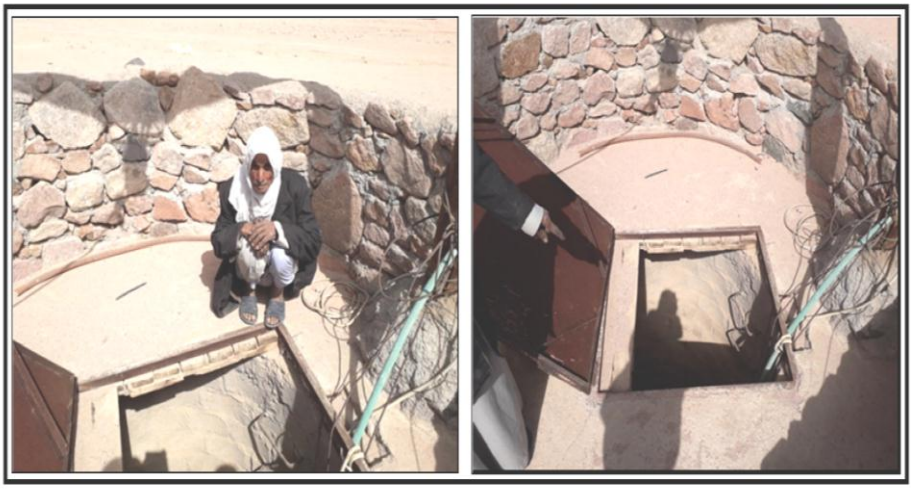
ب- إنشاء مخر سيل:

تقترح الدراسة إنشاء مخر سيل متسع فوق دلتا وادى أم عدوى، لحماية المحلات العمرانية التي قد تنشأ نتيجة عملية التنمية في المروحة الفيضية للوادي، حيث أن هذه المنطقة تعد الواعدة في التنمية السياحية، كما أن بها بئر نبق (لوحة٥)، والذي يتميز بمياهه العذبة إلا انه منخفض الإنتاجية لذلك تقترح الدراسة تغذيته صناعياً لخدمة النشاط السياحي والعمراني بالمنطقة، بالإضافة إلى ما سوف توفره سدود التخزين من مياه عقب إنشائها.

جـ - إنشاء كباري:

تقترح الدراسة إنشاء كوبري على مخر السيل بمنطقة مصب وادي أم عدوي لسهولة الانتقال ما بين جنوب المخر وشماله.

والجدير بالإشارة إذا تم إنشاء وسائل الحماية السابق ذكرها في حوض وادي أم عدوى، فسوف تأخذ التنمية مناحي أخرى سواء في السياحة أو الزراعة أو التحجير أو التجمعات العمرانية وزيادة نموها.



المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠١٩

لوحة (٥): بئر نبق جنوب مصب وادى أم عدوى

٢- استغلال مياه السيول في التنمية بحوض وادى أم عدوى.

يمتلك وادى أم عدوى العديد من الإمكانيات الطبيعية التي يمكن استغلالها في عملية التنمية الشاملة، منها الجبال العالية ذات المنظر الخلاب، وساحل خليج العقبة الذي يتميز بوجود الشعاب المرجانية، كما يقع بالقرب منه مناطق ذات طبيعة خاصة تتمثل في غابات المانجروف، والجرانيت بنوعيه والذي يستخدم في الإنشاء والتعمير والسدود البازلتية، وأراض فيضية يمكن استغلالها في عملية الاستزراع، إلا أن الظروف الراهنة والوضع الحالي لوادي أم عدوى والمتمثل في نقص المورد المائي لا يحقق أي تنمية، إلا إذا تم تنفيذ المقترحات السابق الإشارة إليها من إنشاء السدود والخزانات وغيرها والتي يمكن من خلالها توفير الموارد المائية التي تساعد على إقامة تنمية شاملة متكاملة، وفيما يلي توضيح أشكال التنمية المقترحة في وادى أم عدوى في حالة توافر المورد المائي على النحو التالي:

أ - تنمية النشاط الزراعي:

تعد الزراعة من أهم الأنشطة التي تساعد في توفير المواد الغذائية التي يحتاجها الإنسان، كما أنها توفر العلف والغذاء للحيوان وعلى أساسه تتحسن حالة الرعي بالحوض. وتقترح الدراسة دعم وتشجيع أهالي الوادي إلى زراعة بعض المحاصيل على المراوح الفيضية عند مصبات أودية عدوي ومندر ولتحي لأنها تربة جيدة صالحة للزراعة بالإضافة إلى اعتمادها على المياه التي سوف يتم تخزينها من إنشاء السدود السابق اقتراحها، والاستفادة من الآبار المحفورة بالحوض وخاصة بئر فراج بمندر (لوحة٦)، ولكن بعد تحسين خواصه الكيميائية من خلال التغذية الصناعية لتقليل ملوحة مياهه حتى تناسب ري تلك المحاصيل، ويفضل أن يتم زراعتها بالبرسيم، لأنه من نباتات المناطق الحارة الجافة، والذرة والشعير كعلف للحيوان، وبعض الخضروات التي يحتاجها أهالي الوادي لحاجتهم

الأساسية، مثل: البطاطا، والبطيخ، والطماطم، والباذنجان، والكوسة، والبصل، ويكون موسم الزراعة من شهر أكتوبر إلى شهر إبريل لاعتدال درجة الحرارة، كما يفضل زراعة بعض أشجار الفاكهة التي تتحمل ظروف البيئة الصحراوية كالمشمش والرومان.

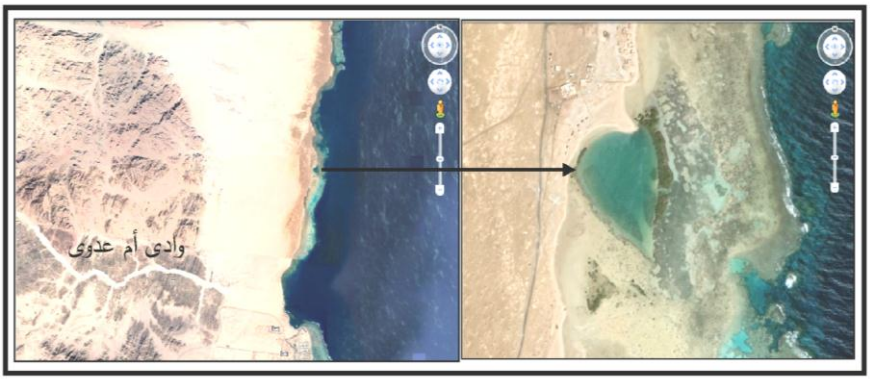
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠١٩

لوحة (٦): بئر فراج بوادي مندر بحوض وادي أم عدوي

ب- تنمية النشاط السياحي:

يقع جزء كبير من وادى أم عدوى داخل محمية نبق والتي تتمتع بمقومات سياحية وبيئية، وعلى ذلك تقترح الدراسة إنشاء عدد من القرى السياحية عند دلتا وادى أم عدوى معتمدة في ذلك على سياحة الغوص والسباحة في مناطق الشعاب المرجانية ذات الطبيعة الجذابة، كما أن المنطقة قريبة جدا من أخر نطاق لتجمع غابات المانجروف في منطقة الغرقانة (شكل٢٢) مما يساعد على تنشيط السياحة بها، وقد لاحظت الباحثة أثناء الدراسة الميدانية تجمع القرى السياحية جنوب منطقة الدراسة مباشرة بمسافة لا تزيد عن ٢٠٠م، كما تبين أيضاً وجود قرية صغيرة بمنطقة مروحة وادى أم عدوى، من الممكن تطويرها لتصبح نواة لتجمعات من القرى السياحية (شكل٢٣)، وهنا يمكن الاستفادة من

المياه المخزنة من السد المقترح إنشائه بمنطقة الدلتا بجانب بئر نبق، والذي سيكون لها مردود إيجابي على تنشيط السياحة. ويجب الإشارة هنا إلى أهمية الإعلان السياحي للمنطقة، فعلى الأقل يمكن الاعتماد في البداية على السياحة الداخلية والتي ستنعكس لاحقاً على السياحة الخارجية، وبسؤال أهالي الوادي، كانت تنتشر في الوادي استراحات للأجانب وسياحة سفاري وبعد ثورة يناير ونتيجة لنقص أعداد السائحين انتهى هذا النوع من السياحة تماما بالمنطقة، وقامت الحكومة بنقله إلى منطقة شرم الشيخ وبالخصوص منطقة الخروم (الشروم) في منطقة الرويسات.



المصدر: Google Earth 2018

شكل (٢٢): منطقة غابات الغرقانة شمال منطقة الدراسة

المصدر: Google Earth 2018

شكل (٢٣): القرى السياحية جنوب منطقة الدراسة

جـ- تنمية نشاط التحجير:

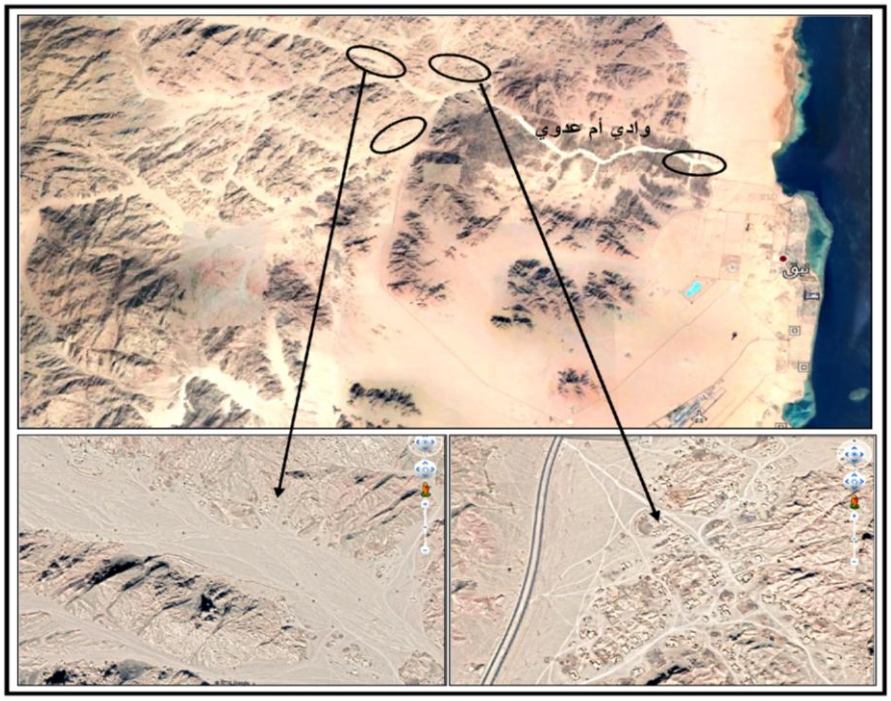
يوجد بحوض وادى أم عدوى عدد ٦ محاجر (لوحة ٧) منتشرة بالحوض تعتمد على الجرانيت الوردي لأغراض البناء، تم اغلاق ثلاثة منها، والثلاثة الأخرى تعمل ولكن ليس بنفس الطاقة الإنتاجية، ويرجع ذلك للعديد من المعوقات أهمها، نقص مياه الشرب وتعرض مناطقها لخطر السيول نتيجة عدم وجود وسائل للحماية، وقد ترتب على ذلك عزوف الكثير من أصحاب المحاجر من الاستمرار وغلق العمل بها، وعلى ذلك توصى الدراسة بتشجيع الحكومة للأهالي المقيمين بالحوض على مزاولة هذا النشاط والتوسع فيه ولكن مع تقنينه وتنظيمه حتى لا يتم بصورة عشوائية مما يهدر أو يعمل على استنزاف خام الجرانيت، وذلك نظرا لأهمية مثل هذه الأنشطة ودورها في تحقيق التنمية الاقتصادية وتحسين الحالة المادية لأهالي الحوض نتيجة العمل بها، ويجب الإشارة هنا إلى أن وسائل الحماية التي اقترحتها الدراسة ستساهم بشكل كبير في استمرار هذا النشاط، وستجعل من النشاط التعديني وزن وأهمية داخل الحوض.

المصدر: الدراسة الميدانية ٢٠١٩

لوحة (٧): محجر سليمان عيطوى بحوض وادى أم عدوى

دـ تنمية النشاط العمراني:

العمران بالحوض عبارة عن تجمعات بدوية صغيرة الحجم، يرتبط وجودها بالطريق الرئيس، لذا نجد أنها تتركز حوله على الجانبين كما سبق ذكره. وقد أقيمت أغلب هذه التجمعات السكنية على المصاطب النهرية في قيعان الأودية، عند التقاء الروافد بالوادي الرئيس، كما هو الحال في وادى مندر وعدوي ولتحي ومريد أبو دبه. ويعتمد اقتصادهم على حيوانات الرعي كالإبل والماعز، وساعدهم على ذلك تنوع النبات الطبيعي بالحوض، بالإضافة إلى اشتغال بعضهم بحرفة صيد الأسماك أثناء موسم الصيد. وتقترح الدراسة التوسع عمرانيا في تلك المناطق وتوفير كافة الخدمات والبنية التحتية بها، كما تقترح أيضاً إنشاء تجمع سكنى صغير أو بيوت شباب عند التقاء روافد أودية الحمرا ولصفية وعراق الميلح ومريد أبو دبة بوادي عدوى الرئيس (شكل ٢٤)، وتعتمد فيها على مياه السدود المقترح إنشائها بالمنطقة.



المصدر: Google Earth 2018

شكل (٢٤): التجمعات السكنية الحالية والمقترحة بحوض وادى أم عدوى

النتائـــج والتوصيـــات

- النتائـــج:

يمكن إيجاز أهم النتائج عن النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي أم عدوى بجنوبي سيناء وأثره في التنمية باستخدام برنامج WMS بتطبيق طريقة SCS-CN فيما يلي:

١. استخدم أسلوب النمذجة في تقدير حجم الجريان السيلى بالحوض من خلال العاصفة المطيرة (أكبر كمية مطر سقطت)، وذلك من خلال برنامج WMS كبرنامج متخصص في النمذجة الهيدرولوجية، وتم الاعتماد في هذا النموذج على كافة المعلومات الجغرافية والهيدرولوجية وخصائص التربة والغطاء الأرضي والاستخدامات على شكل طبقات كمدخلات رئيسية مطلوبة لتطبيق النمذجة.

٢. يعد نموذج الارتفاع الرقمي والجيولوجيا من أهم المُدخلات المطلوبة في تطبيق النمذجة وقد أتضح من تحليلها أن حوض وادى أم عدوى يظهر به مكاشف صخرية تتراوح أعمارها من صخور ما قبل الكمبري إلى رواسب الزمن الرابع، وتتراوح ارتفاعاته بين أقل من ٢٠٠م إلى أكثر من ١٢٠٠م، وهذا انعكس على هيدرولوجية الحوض، وجعل غالبية مساحته في المجموعة الهيدرولوجية للتربة D والتي تتميز بقلة نفاذية المياه وسرعة توليد الجريان.

٣. يمثل المناخ المُدخل الرئيس الثاني في تطبيق النمذجة وأتضح من دراسته أن حوض وادى أم عدوى يقع ضمن نطاق المناخ الصحراوي الذي يتسم بالجفاف، مما انعكس على خصائصه المناخية؛ والتي تمثلت في أمطاره القليلة وغير المنتظمة.

٤. تم الربط بين المدخلات ومراحل وخطوات العمل داخل البرنامج، وتم التطبيق على طريقة SCS، والتي تعد من أفضل الطرق في تقدير الجريان السيلى نظراً لما تتطلبه من بيانات تعد بمثابة متغيرات مؤثرة في تقدير الجريان السيلى.

٥.توصلت الدراسة لعدد من المخرجات من خلال تطبيق النموذج تمثلت في الأتي:

- تراوحت قيم الأرقام المنحنية الموزونة بين ٨٣ و ٨٤.٩، وكانت القيمة الأعلى في وادى مندر، مما يشير إلى أن ٨٤.٩٪ من إجمالي الأمطار الساقطة على وادى مندر تتحول إلى جريان.
- تعكس انخفاض معاملات احتفاظ التربة بالماء والمستخلصات الأولية بحوض أم عدوى خطورة السيول بالحوض، فقلة الفواقد ومحدودية قدرة الحوض على الاحتفاظ بالماء يدل على أن وادى أم عدوى ذو جريان سيلي مرتفع.
- اتفقت قيم عمق الجريان مع الأرقام المنحنية الموزونة، فبلغت أعلى قيمة لعمق الجريان بوادي مندر ٢٦.٦مم، والذي يمثل أعلى قيمة أيضاً في قيم المنحنى الموزون ٨٤.٩.
- أظهرت نتائج النموذج جوانب هيدرولوجية مهمة تتمثل في حجم الجريان، وذروة التصريف، والمدة الكلية للذروة، وهي ذات أهمية في تحديد المناطق الأكثر تضرراً من السيول، كما تساعد في تحديد سبل الوقاية ومواجهة المخاطر وطرق الاستفادة من مياه السيول بدلا من إهدارها وفق خطة متكاملة وشاملة.

٦.تم عمل نموذج لاختيار أنسب المواقع لإنشاء السدود ونتج عن النموذج ٢٤ سداً اختارت الدراسة منها ثمانية سدود وفقاً للدراسة الميدانية وعليه يجب الربط بين النماذج باستخدام أنظمة البرمجة والعمل الميداني والخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية للوصول إلى نتائج واقعية يمكن تطبيقها.

٧.اقترحت الدراسة تقسيم تلك السدود إلى أنواع، سدود إعاقة وتوجد في منابع الأودية، وسدود حماية وتخزين في مصبات الأودية الكبيرة للاستفادة من كمية

المياه الساقطة عليها، كما اقترحت وسائل أخرى للحماية كإنشاء مخر للسيل وكوبري عليه في مخرج الوادي، والهدف من هذه الوسائل، هو تحقيق التنمية الشاملة والمتكاملة داخل حوض وادى أم عدوى، بما يتناسب مع المياه المتوقع الحصول عليها، وذلك من خلال تنمية بعض الأنشطة مثل النشاط الزراعي والعمراني والسياحي والتحجير.

- التوصيات:

١. إشراك أهالي وادى أم عدوى في عمليات التنمية وفى إنشاء السدود لخبراتهم بأفضل المواقع، كما أن خبرتهم فى البناء ومعرفة تفاصيل الوادى تتيح الفرصة للتوسع العمراني وتحديد أفضل المحاصيل التي يمكن زراعتها وتتناسب مع احتياجتهم، فلا يوجد تنمية بدون التعاون مع أهالي الوادي.

٢. التوسع في استخدام وتطبيق برمجيات GIS والبرامج المتخصصة في الدراسات الهيدرولوجية للأودية ومحاولة التعرف على عدد كبير منها وذلك لمقارنة بعضها البعض والخروج بنموذج يكون الأفضل ويمكن تنفيذه على معظم الدراسات حتى وإن اختلفت التخصصات.

٣. إنشاء محطات مناخية إلى جانب محطات لقياس المطر من حيث الكمية والغزارة، ومحطات لقياس الجريان، وذلك لأن كلما زادت دقة البيانات التفصيلية المُدخلة للنموذج، زادت دقة النتائج وكانت أشبه بالواقع الفعلي، مع العلم أن هذه المشكلة لا تقتصر على وادى أم عدوى فقط، بل تمتد لتشمل معظم أودية سيناء، وكان لابد التنويه لذلك.

٤. التعاون بين الجهات البحثية والمراكز والجهات المتخصصة في النمذجة الهيدرولوجية، كمركز بحوث الصحراء ومركز بحوث المياه وغيرهم في تدريب الباحثين على مثل هذه التقنيات وبأسعار مدعمة وتذليل كل الصعوبات أمامهم، حتى يتسنى للباحثين مواكبة التطور في علم النمذجة.

٥.ضرورة إنشاء وسائل الحماية وخاصة السدود التي اقترحتها الدراسة، حتى تتحقق التنمية المستدامة الشاملة، والتي يسعى إليها البحث.

٦.محاولة تنفيذ إحدى نظم الإنذار المبكر التي تتناسب مع منطقة الدراسة، لذلك توصى الدراسة بعمل دراسات تفصيلية لمنطقة الدراسة والمناطق الأخرى في سيناء نظرا لأهمية هذا الجزء من أرض مصر والذي يحتاج إلى اهتمام خاص وسريع إن أردنا تنمية حقيقية.

المراجـــــع

المراجع العربية:

١- البغدادي، عبد الصاحب ناجى(٢٠١٤): الاستراتيجيات العامة لتنمية الموارد المائية السطحية في محافظة النجف الأشرف، مجلة كليـــة الآداب، جامعـــة الكوفة، المجلد ١، العدد٢٠.

٢- السطيحة، وائل عطية (٢٠١٨): رصد المخاطر الطبيعية على الآثار فـــي جنوب سيناء" باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عـــن بعـــد" دراسة في الجغرافيا الطبيعية التطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب ـــــ جامعة بنها.

٣- آل سليمان، فايز بن محمد(٢٠١٦): استخدام تقنيات الاستشعار عـــن بعـــد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية، مجلة منشورات علوم جغرافيـــة، تونس.

٤- الشاعرى، على بن محمد حسين (٢٠١٧): النمذجـــة الهيدرولوجيـــة فـــي المناطق الجافة باستخدام التقنيات المكانية: دراسة مرجعية، المجلة المصرية للتغير البيئي، المجلد التاسع (٢).

٥- العليمى، فاتن سامي أبو المحاسن (٢٠١٦): أثر الضوابط الطبيعيـــة علـــى كفاءة شبكة التصريف بمحافظة جنوب سيناء باســـتخدام نظـــم المعلومـــات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب ـــــ جامعة بنها.

٦- العمرى، عبدالمحسن صالح (٢٠١٩): تحليل الخصـــائص المورفومتريـــة والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقـــة كريتـــر عـــدن باســـتخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية(GIS)، رسالة دكتوراه، قسم الجيولوجيا الهندسية، كلية النفط والمعادن، جامعة عدن، اليمن.

٧- الغزاوي، على عبد عباس و الجبورى، زكريا يحى (٢٠١٢): النمذجة الهيدرولوجية لحصاد مياه السيح السطحي لوادي تارو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، المجلة العربية الدولية للمعلوماتية، المجلد الأول، العدد الثاني، العراق.

٨- الكبيسى، أحمد محمد جهاد(٢٠١٧): النمذجة الآلية للجريان السطحي لحوض وادى عظنيتين في الهضبة الغربية باستخدام التقنيات الجغرافية، مجلة آداب الفراهيدى، العدد ٣٠، الأنبار، العراق.

٩- الكفرى، عبد المجيد(٢٠٠٨): استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد المواقع الملائمة لإقامة سدود لتجميع مياه الأمطار والسيول، الملتقى الدولي جيوتوني، تونس.

١٠- النفيعى، هيفاء محمد(٢٠١٠): تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.

١١- علام، عبد الله علام عبده (١٩٩٢): حوض وادى أم عدوى جنوب شرق شبه جزيرة سيناء "دراسة جيومورفولوجية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب ـــ جامعة الإسكندرية.

١٢- خضر، صهيب حسن و فيصل، رائد محمود (٢٠١١): الدلالة الهيدرولوجية السطحية لحوض وادى العجيج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة التربية والعلم، المجلد ١٨، العدد (١)، الموصل، العراق.

١٣- درويش، إبراهيم عبد الله (٢٠١٧): النمذجة الخرائطية لمخاطر السيول فى حوض وادى منى (مكة المكرمة) باستخدام طريقة (CN)، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية ـــ الجمعية الجغرافية السعودية، مجلد ١٠، العدد (٢).

١٤- سلامة، زينب حسانين رزق محمد (٢٠١٦): المناخ وأثاره البيئية في جنوبي سيناء "دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب ـــــ جامعة القاهرة.

١٥- صالح، سحر أحمد سالم (٢٠١٤): تقييم ونمذجة السيول فى وادى فيران بجنوبي سيناء في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب ـــــ جامعة الزقازيق.

١٦- عبد المجيد، أشرف عمر عبد العزيز(٢٠١٢): منطقة رأس نصراني فيما بين وادى العاط الشرقي ووادي أم عدوى "دراسة جيومورفولوجية"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب ـــــ جامعة الإسكندرية.

- المراجع الأجنبية:

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 ,Global Journal of Researches in Engineering, Volume 19, Issue 4, version1.0.

2- Abdulla, F.A., Amayreh, J.A. and Hossain A.H., (2002): Single event watershed model for simulating runoff hydrograph in desert regions: Water Resources Management, 16:pp.221-238.

3- Abuzied, S., Yuan, M., Ibrahim, S., Kaiser, M., and Saleem, T., (2016): Geospatial risk assessment of flash floods in Nuweiba area, Egypt, Journal of Arid Environments 133, pp.54-72.

4- Al-Jabari, S. Abu Shark, M. Al-Mimi, Z., (2009): Estimation of Runoff for Agriculture Watershed Using SCS Curve Number and GIS, IWTC, Egypt.

5- Al-Qudah, KH. A., (2011): Floods As Water Resource and As a Hazard in Arid Regions, a Case Study in Southern Jordan: Jordan Journal of Civil Engineering, Vol. 5, No.1.

6- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W., (1988): Applied Hydrology: McGraw-Hill Book Company, New York.

7- Cool, J., Vanderkimpen, P., El Afandi, G., Abedelkhalek, A., Fockeddey, S., El Sammany, M., Abedallah, G., El Bihery, M., Bauwens, W. and Huygen, M., (2012): ANearly warning system for flash floods in hyper arid Egypt: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, pp.443-457.

8- Dawod, G.M. and Koshak, N. A., (2011): Developing GIS-Based Unit Hydrographs for Flood Management in Makkah Metropoltan Area, Saudi Arabia: Journal of Geographic Information Systems, 3,pp.153-159.

9- 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.

10- El-Sammany, M.S.,(2010): Forecasting of Flash Floods over Wadi Watier- Sinai peninsula Using the Weather Research and Forecasting (WRF) Model: World Academy of Science, Engineering and Technology 70 2010, pp.997-1001.

11- Fathy, I., Negm, A.M. and Nassar, M.A., (2015): Runoff Hydrograph for Arid Regions (Case Study: Wadi- Sudr-Sinai), International water Technology Journal, IWTJ, Vol. 5.No.1, pp.58-68.

12- Gabr, S., and El- Bastawesy, M., (2015): Estimating the flash flood quantitative parameters affecting the oil- fields infrastructures in Ras Sudr, Sinai, Egypt, during the January 2010 event, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 18,pp. 137-149.

13- Geriesh, M.H., El-Shamy, I.Z. and Abouelmagd, A.., (2001): Flash Floods Mitigation and Groundwater Augmenting in Wadi Feiran Basin, South Sinai, Egypt: proceeding of the 6th Conf. Geology of Sinai for Development, Ismailia, pp.303-319.

14- Gheith, H., asnd M. Sultan, (2002): Construction of a hydrologic model for estimating Wadi runoff and groundwater recharge in the Eastern Desert, Egypt: Journal of Hydrology, v. 263, pp.36-55.

15- Ismail, Y.L., Othman, A.A., Abdel-latif, R.M. and Ahmed, K. A., (2010): Impact of flash flood on development potentials of wadi Abu Ghusun, Eastern Desert, Egypt: Kuwait J. sci. Eng. 37(2A)pp. 111-134.

16- Masoud, A. A., (2011): Runoff modeling of the Wadi systems for estimating flash flood and groundwater recharge in Southern Sinai, Egypt: Arab Journal of Geosciences, Vol. 4: Issue 5-6, pp. 785-801.

17- Omran, A. F. A., (2013): Application of GIS and Remote Sensing for water resorce management in Arid Area- Wadi Dahab Basin- South Eastern, Sinai, Egypt (Case Study): phd. Dissertation, Mathemattisch- Naturwis-Senschaftlichen Fakultat der Eberhard Karls Universitat Tubingen, Germany.

18- Saber, M., Hamaguch, T. and Kojiri, T., (2008): Surface Runoff Modeling of Ephemeral Streams Considering Homogenization Theory in Arid Regions, Wadi Assiut in Egypt: Annals of Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ., No.51.B.

19- Taha, A.H., Ibrahim, E.H., Shalaby, A.S., and Shawky, M., (2013): Evaluation of Geological Hazards for Landuse Planning in Nabq Protectorate, Southeastern Sinai Using GIS Techniques, International Journal of Geosciences, 4, pp.816-836

20- USDA- TR55(1986): Urban Hydrology for Small Watersheds, Department of Agriculture, USA.

21- USDA –NRCS-(2004): Hydrologic Soil- Cover Complexes, part 630 Hydrology, National Engineering Handbook, USA.

22- Vanderkimpen, P., Rocabado, I., Cools, J., Al-Sammany, M. and Abdelkhalek, A., (2010): FlaFloM- an early warning system for flash floods in Egypt: Proc. Second International Conference on Flood Recovery Innovation and Response: FRIAR2010, Milan, Italy, pp.193-202.

23- Wahid, A. Madden, M. Khalaf. F. and Fathy, I., (2016): Geospatial Analysis for the Determination of Hydro-Morphological Characteristics and Assesment of Flash Flood Potentiality in Arid Castal Plains: Acase in Southwestern Sinai, Egypt, Earth Sciences research Journal. Vol.20 No.1.pp.E1-E9.

24- WMS7.1, (1997): Watershed Modeling System, Engineering Comuter Graphics Laboratory, Brigham Yong University, USA.