

الجريان السيلي وأخطاره في ابها الحضرية

الجريان السيلي وأخطاره في ابها الحضرية دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية

د/ منا محمد عصام العسال

أستاذ مساعد الجغرافيا الطبيعية (جيومورفولوجيا - جيواوركيولوجيا)

قسم الجغرافيا - كلية العلوم الإنسانية - جامعة الملك خالد - المملكة العربية السعودية

الملخص:

يعدّ الجريان السيلي من أهم المشكلات الجيومورفولوجية التي تهدد منطقة أبها الحضرية. ويهدف هذا البحث إلى إنتاج نموذج يوضح خريطة الجريان السيلي وأخطاره بمنطقة أبها الحضرية وتصنيف أحواض التصريف تبعاً لدرجة الخطورة حسب المعاملات الجيومورفولوجية والمورفومترية والهيدرولوجية، والمورفوهيدرولوجية. ومع التطور التقني والثورة المعلوماتية الحديثة وتماشياً مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030 تهدف هذه الدراسة إلى الاستفادة من كافة المقومات الجغرافية ومنها الأودية التي تعلق عليها الآمال للاستفادة من مياهها ومواردها في إرساء قواعد التنمية المستدامة داخل أي إقليم. والاعتماد قدر المستطاع على التقنيات الحديثة ونظم المعلومات الجغرافية ونظم إدارة أحواض التصريف في دراسة الجريان السيلي وأخطاره، هذا وقد عانت المملكة خلال السنوات الأخيرة من مخاطر السيول والأمطار؛ مما ألحقت أضراراً بالغة في الممتلكات والمنشآت الحيوية والمصالح العامة والخاصة، والتي تعود في المقام الأول إلى غياب مشروعات تصريف مياه السيول سابقاً وتأخرها، كما أن هذه الدراسة قد استخدمت نظم المعلومات الجغرافية التي تقوم على التحليل الكمي لخصائص المتغيرات المورفومترية للأحواض المائية لمنطقة الدراسة وعددهم ستة وأربعين حوضاً مائياً، ولدراسة الجريان السيلي بمنطقة الدراسة وتحديد مدى خطورتها وقوتها التدميرية ركزت الدراسة - أيضاً - على تأثير كل من الخصائص الجيولوجية والتضاريسية والمناخية والمساحية والشكلية، والمعاملات المورفومترية وهيدرولوجية وميزانية أحواض التصريف لمجاري الشبكة المائية على ظهور الجريان السيلي وأخطاره على الوسط البيئي بمنطقة الدراسة.

وأظهرت الدراسة نتائج المعاملات الهيدرولوجية المورفومترية التي لها علاقة لتقدير حجم الجريان السيلي وتصنيف الأحواض حسب درجات خطورتها إلى أحواض مرتفعة الخطورة

د / منا محمد عصام العسال

جدا ومرتفعة الخطورة وخطيرة ومتوسطة وضعيفة. وتم وضع خريطة للقيم المسموح بها لحرم الأودية من خمسين متراً إلى سبعمائة متراً، كما سلطت الدراسة الضوء على الجريان السيلوي وأثاره الناجمة على كل من المراكز العمرانية وعلى الزراعة وعلى الطرق والتعرف على أبعادها والعوامل المختلفة التي تتحكم في حدوثها وأخطارها وكيفية التغلب عليها. وختمت الدراسة ببعض النتائج والتوصيات لبيان الوسائل والمقترحات، مثل اقتراح مناطق مناسبة لإنشاء مجموعة من السدود وتغطية بعض مجاري الأودية كصرف مغطى لكي يحد من الجريان السيلوي وأخطاره.

**الكلمات المفتاحية:** أبها الحضرية، الجريان السيلوي، الهيدرولوجيا، أحواض التصريف.

تغطي منطقة الدراسة مجموعة كبيرة من أحواض التصريف وهي تمثل أبرز معالم منطقة الدراسة، ويمثل الجريان السيلي في أحواض تصريف شبكات أوديتها إحدى الظواهر الجيومورفولوجية التي ما تزال في حاجة إلى المزيد من الدراسات والأبحاث التطبيقية، التي تمكن من التعرف على سلوكها الهيدرولوجي تمهيدا لاستغلالها والاستفادة من مياهاها، ومحاولة درء أخطارها في حالة حدوث الجريان السيلي.

وقد زاد من خطورة هذه المشكلة حدوث الجريان السيلي بصورة فجائية وغير منتظمة إضافة إلى عدم إمكانية التنبؤ بحدوثها نظرا لقلّة محطات الرصد وعدم توفر وسائل إنذار مبكر إضافة إلى انتشار العمران العشوائي وغير المخطط واستخدامات الأرض المختلفة عند مخرات السيول ومجاريها الدنيا، مما أسهم بشكل مباشر في تفاقم أخطار الجريان السيلي. وتعد الدراسات الجيومورفولوجية لأحواض الأودية إحدى الجوانب الهامة والرئيسية لتحديد كمية السيول وأخطارها كما تعد القياسات المورفومترية قاعدة البيانات الكمية الضرورية لأي دراسة متعلقة بالجريان السيلي كما أن دقة التحليل المورفومتري تساعد في استقصاء العديد من البيانات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لأحواض التصريف وإعطاء دلالة كمية متعلقة بخصائص الشبكة المائية لأحواض التصريف وتقييم أخطارها.

وتم اتباع بعض طرق التحليل الكمي لدراسة خصائص أحواض التصريف في منطقة الدراسة، والتي تشمل التحليل المورفومتري لأحواض التصريف وتحليل شبكاتها بمنطقة الدراسة والتحليل الجيومورفولوجي والمورفوهيدرولوجي، بالإضافة إلى التحليل الهيدرولوجي لتلك الأحواض، ثم تصنيف أحواض منطقة الدراسة حسب المعايير المختارة إلى خمس فئات بكل معيار ومن ثم مطابقة تلك المعايير سويا من خلال نموذج Suitability Analysis في برنامج ArcGis Desktop 10.3 لإنتاج خريطة موحدة تشمل كل المعايير المأخوذة في الاعتبار وتلخص طبيعية الجريان السيلي وأخطاره بمنطقة الدراسة، وبالاعتماد أيضا على برنامج نمذجة أحواض التصريف WMS 8.3 لاستخراج قيم رقم المنحنى لتقدير عمق الجريان المائي السطحي وحجمه بأحواض منطقة الدراسة، وتم تصنيف أحواض منطقة الدراسة حسب درجة خطورتها وتبعاً لبعض المتغيرات المختلفة.

1. إبراز تأثير كل من الخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية والمورفومترية على ظهور مشكلة الجريان السيلي بمنطقة الدراسة.
2. بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض وشبكات التصريف في منطقة الدراسة.
3. تصنيف أحواض التصريف بمنطقة الدراسة حسب درجة خطورتها وتقييم مخاطر الجريان السيلي فيها من منظور جيومورفولوجي.
4. وضع حلول وسبل لمواجهة مخاطر الجريان السيلي.

#### منهج وأساليب الدراسة:

تتلخص الخطوات المنهجية لهذه الدراسة فيما يلي:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي وذلك لوصف الظاهرة وتحديد أخطار الجريان السيلي في منطقة الدراسة وتحليل الخرائط والصور الجوية واستخلاص النتائج منها، بالإضافة إلى استخدام المنهج التحليلي في تحليل البيانات وطبيعة المشكلة والعلاقة التي تؤدي لحدوث الجريان السيلي وأخطاره.

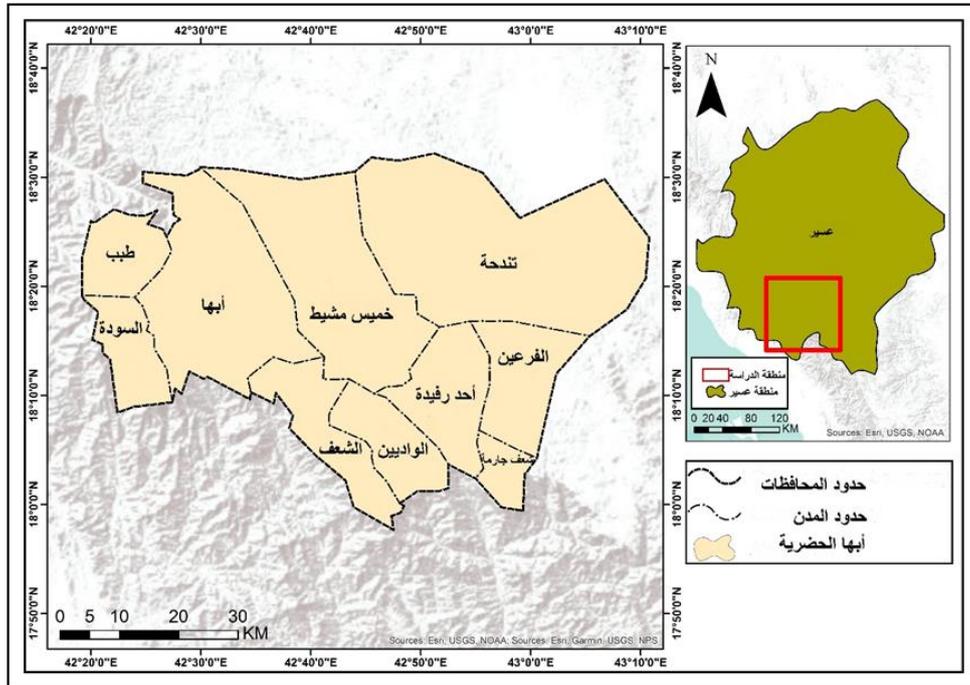
وقد اتبعت الدراسة عددا من الأساليب الكمية والكارتوجرافية لتحقيق أهدافها ومنها:

الأسلوب الاستقرائي الاستنتاجي وذلك لعرض البيانات ثم التوصل منها إلى نتائج واستقراء الظواهر والخصائص الطبيعية والمورفومترية والخروج باستنتاجات منها. الأسلوب الكمي وذلك لمعالجة البيانات إحصائيا واستخدام بعض المقاييس والقوانين مثل حساب مساحة وأبعاد أحوض منطقة الدراسة، باستخدام برنامج (ArcMap - ArcInfo.v.10.3)، باستخدام نماذج حساب المعاملات المورفومترية وبالاعتماد أيضا على برنامج نمذجة أحواض التصريف 8.3 WMS لاستخراج قيم رقم المنحنى لتقدير عمق الجريان المائي السطحي وحجمه بأحواض منطقة الدراسة. ومن المعلوم الأهمية الكبيرة التي تلعبها الخصائص المورفومترية في توقع الجريان السيلي.

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

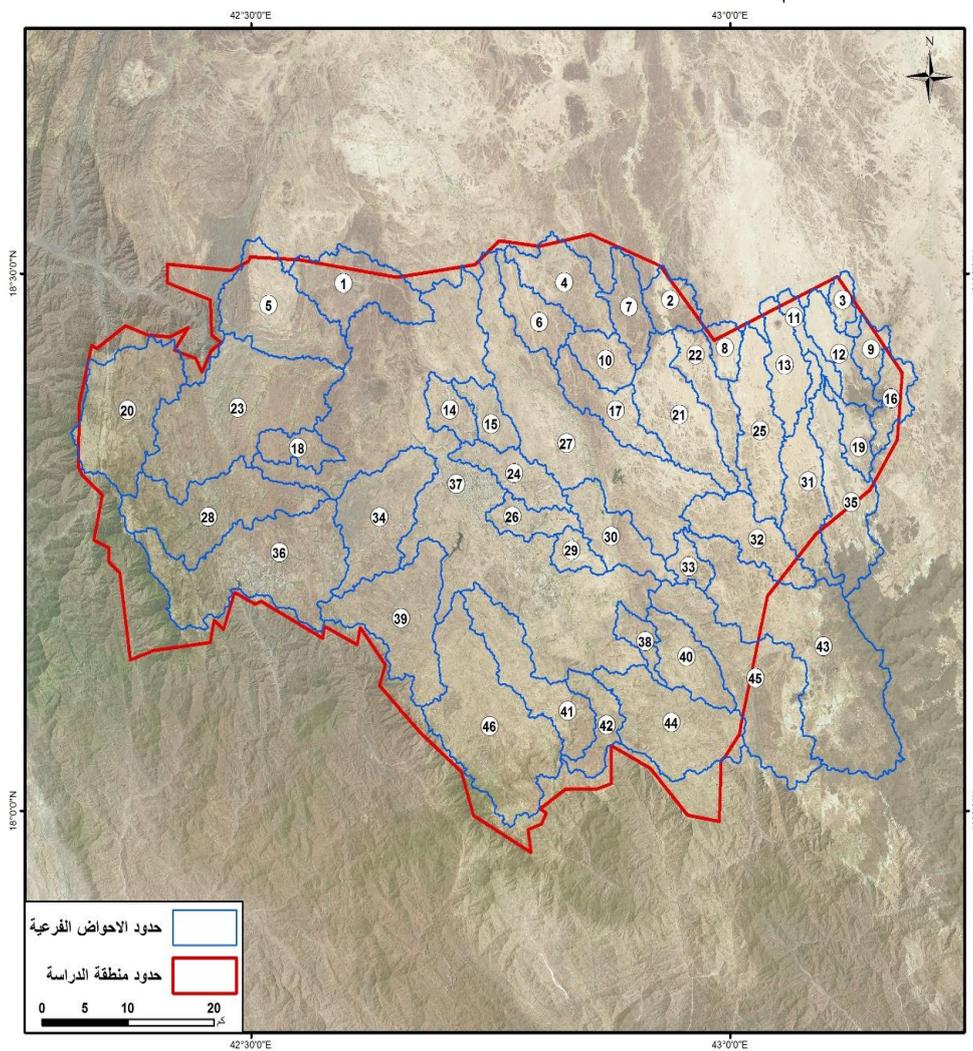
### منطقة الدراسة:

تقع منطقة أبها الحضرية بين دائرتي عرض (59 57 17 : 18 37 18) شمالاً، وخطى طول (39 16 42 : 30 2 43) شرقاً، شكل (1) يوضح موقع وحدود منطقة أبها الحضرية حيث تمتد المنطقة من الشمال للجنوب بطول 165 كم ويختلف عرضها من الشرق إلى الغرب حيث يتراوح من 6 كم و 64 كم، وتبلغ مساحتها الكلية 5692 كم<sup>2</sup>، وتأتي في المرتبة الخامسة من حيث المساحة حيث تمثل 6.8% من إجمالي مساحة منطقة عسير، شكل (2) يوضح حدود الاحواض الفرعية داخل منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

شكل (1) موقع وحدود منطقة أبها الحضرية.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج 8.3 WMS.

شكل (2) حدود الاحواض الفرعية داخل منطقة الدراسة.

الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

### التحليل والمناقشة

أولاً: الخصائص الطبيعية لمنطقة أبها الحضرية:

#### 1- الخصائص الجيولوجية للمنطقة:

تتكون منطقة الدراسة من صخور القاعدة المعقدة المنتمية للدرع العربي وهي عبارة عن كتله أرضية قديمة تكونت من الصخور النارية والمتحولة، التي ترجع إلى ما قبل الكمبري. وينتشر البازلت الذي يعود إلى منتصف العصرين الثلاثي والرباعي أي ما قبل 26 مليون سنة، حيث مر الدرع العربي بتاريخ تركيبى معقد شديد الطي والتصدع، وتغطي الدرع العربي بصورة جزئية الصخور الرسوبية من حقبة الباليوزوى، وكذلك رسوبيات الأودية (الوليعة، 1997، ص30)، ويمكننا عرض التكوينات الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث لمنطقة الدراسة:

#### 1-1 التكوينات الجيولوجية:

##### • الصخور النارية والمتحولة:

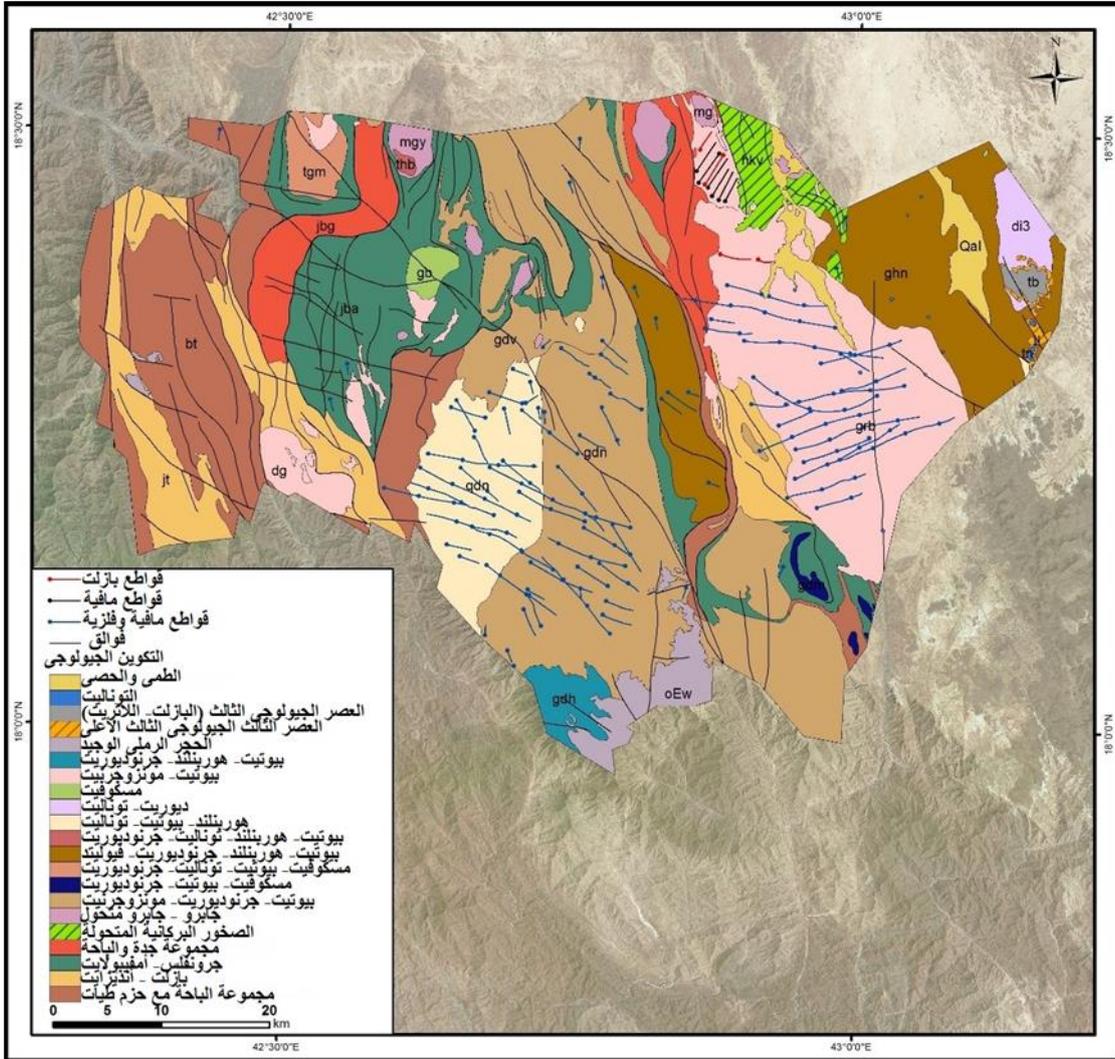
تنتمي الصخور النارية والمتحولة إلى ما قبل الكمبري، وتتكون جبال السروات من صخور جرانيتية، وبلورية بها عدد من القمم البركانية التي تغطيها الكتل البازلتية التي يرجع تاريخها إلى العصرين الثلاثي والرباعي، ويتواجد بها أودية جبلية تنسم بالعمق تغطي قيعانها التربة الوديانية الحصوية (أبو العلا، 1975، ص 19). ويوجد بها النتوات الصخرية حيث تتكون من صخور جرانيتية ذات منشأ كلسي - قلوي تشكلت بعد الحركات التكتونية ويقدر عمرها 600-650 مليون سنة، وصخور بركانية عبارة عن أنداسات لم تتمكن من الوصول الى السطح وقد أظهرتها الصدوع على هيئة تضاريس منتفخة (الايوبي، 2003، ص 137).

تغطي منطقة الدراسة في بعض أجزائها تربة حديثة غرينيه منقولة بعوامل التعرية، بالإضافة إلى الكثبان الرملية التي تكونت من ترسيب الرمال المحمولة بالرياح، وأيضا الترسبات الرملية عند مصبات الأودية ومناطق ارسابات الجريان السيلي.

#### 2-1 البنية الجيولوجية:

تتركز معظم الصدوع بأنواعها بمنطقة الدراسة حيث يتراوح اطوال الصدوع العادية ما بين 5 - 12.5 كم، وتأخذ في مجملها اتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي. أما الصدوع العكسية تأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي - الجنوب الغربي وهو الاتجاه الشمالي الجنوبي الموازي لاتجاه البحر الأحمر ويتراوح أطوالها ما بين 2.5 - 60 كم داخل منطقة الدراسة ونشأت تلك الصدوع بفعل قوى الشد والضغط المختلفة التي تعرضت لها المنطقة أثناء تكون اخدود البحر الأحمر، وكما تكثر القواطع والفوالق بالإضافة إلى التخطيطات البنائية في جميع الجهات (الخريطة الجيولوجية 1: 250000 لوحة أبها)، يوضح شكل (3) جيولوجية منطقة أبها الحضرية.

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على الخريطة الجيولوجية بمقياس 1:100000 الصادرة

عن البترول والثروة المعدنية في عام 1971 بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

شكل (3) جيولوجية منطقة أبها الحضرية.

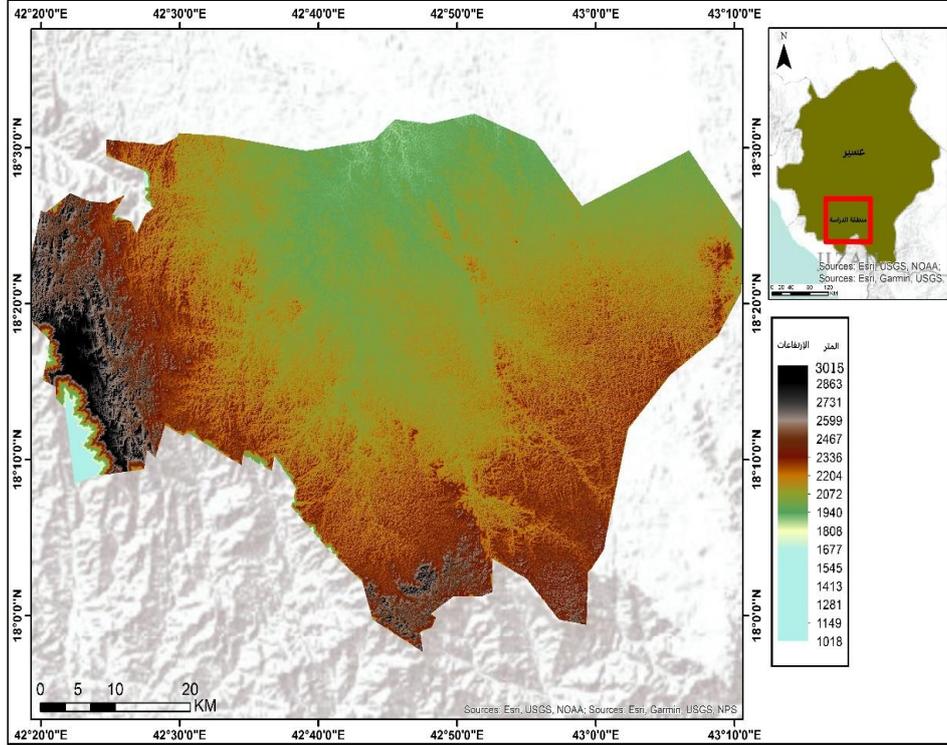
## 2- الخصائص التضاريسية للمنطقة:

تعد منطقة أبها الحضرية من أعلى المناطق ارتفاعاً بالمملكة العربية السعودية، حيث يزيد ارتفاع بعض أجزائها على أكثر من 3000 متراً فوق مستوى سطح البحر، ويتجاوز هذا الارتفاع بعض القمم الجبلية الشاهقة مثل جبل السودة الذي يقع في غرب مدينة أبها ببلغ ارتفاعه 3015 متراً فوق مستوى سطح البحر، ويبدو على شكل هضبة ذات سطح مموج ينحدر بشدة نحو سهل تهامة في الغرب و ينحدر نحو الشرق انحداراً هيناً وبالقرب منه جبل فارس، بالإضافة إلى جبل السعدى وهو جبل بركاني يبلغ ارتفاعه نحو 2700 متراً فوق مستوى سطح البحر، ويقع بالقرب من ممر شرغيب إلى الجنوب من مدينة أبها، وبين أبها والسودة يرتفع جبل تهلل وهو أقل ارتفاعاً ويغطي بالأشجار دائمة الخضرة مثل العرعر. وإلى الشمال من عقبة شعار تبدأ الجبال في الارتفاع والوعورة مع ظهور قمم كثيرة ومتباعدة. وتشكل المناطق المرتفعة من السلسلة الجبلية منطقة تقسيم للمياه وتتحد منها الأودية إلى المناطق المنخفضة (الأحيدب، 1992، ص 11). ومرتفعات منطقة الدراسة انكسارية تقطعها الأودية التي احتلت مواقع الانكسارات وزادت من تعميقها مقطعة بذلك الكتلة الجبلية إلى مرتفعات ونجود غاية في الوعورة (حبيب، 2005، ص 9).

تضم منطقة الدراسة 46 حوض مائى، وتعد أودية منطقة الدراسة جزءاً من أودية منطقة عسير، التي تتباين في صخورها ومورفولوجيتها، ودرجات الحت والتقطيع فيها، الأمر الذي أدى إلى إختلاف طبوغرافيتها وتعدد أنظمة الصدوع. وتتميز أراضي أحواض منطقة الدراسة بالتضرس والوعورة الناجمة عن ارتفاع كثافة الشبكة التصريفية وتعمق مجارى الأودية مما أدى إلى تقطع السطح.

يتضح مما سبق : أن منطقة الدراسة تأخذ انحدار عام من الجنوب صوب الشمال حيث تقع أقصى الارتفاعات في المنطقة الغربية، وهذه المرتفعات عبارة عن سلاسل جبلية طولية متوازية تقطعها في كثير من أجزائها الفوالق والانكسارات، يوضح شكل (4) نموذج الارتفاعات الرقمي DEM لمنطقة أبها الحضرية.

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3)

شكل (4) نموذج الارتفاعات الرقمي DEM لمنطقة أبها الحضرية.

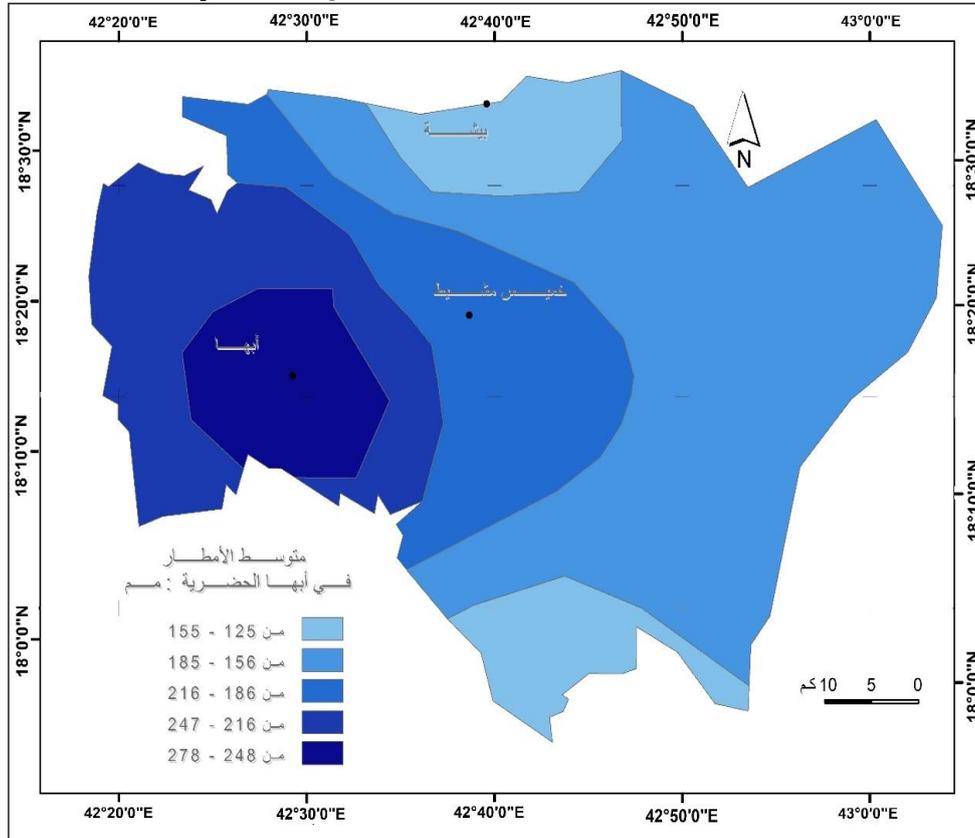
### 3- التباين المكاني والشهري للأمطار بمحطات منطقة الدراسة:

تعد الأمطار أكثر العناصر المناخية أهمية في منطقة الدراسة وعلى الرغم من أهميتها في مجال الزراعة وتوفير المياه والمصدر الأساسي لتغذية مياه الآبار، إلا أنه ينتج عنها الجريان السيلى الذي يؤدي لانجراف التربة وتهديد المزارع وتدمير الكثير من القرى والمنشآت الموجودة على ضفاف الأودية. وتختلف كمية الأمطار من منطقة لأخرى حيث يلاحظ أن الأمطار تزداد بصفة عامة بالاتجاه غربا كما في محطة أبها، ويرجع ذلك إلى تأثير عامل الارتفاع. ويتفاوت المتوسط العام لسقوط الأمطار من منطقة إلى أخرى ويحتل شهر أبريل المرتبة الأولى من حيث المتوسط السنوي لسقوط الأمطار حيث بلغ 45.8 ملم في محطة

أبها، وتليها محطة خميس مشيط بمتوسط سنوي 35 ملم، وأخيرا محطة بيشة ب 31.6 ملم، ويرجع ذلك لوقوعها شمال منطقة الدراسة مما يجعلها تتأثر بالرياح الشمالية الغربية التي تهب في فصل الشتاء. ونجد أن مجموع سقوط الأمطار السنوي على محطة أبها يصل 228.5 ملم، ويليهما محطة خميس مشيط 194.9 ملم، وأخيرا محطة بيشة 84.5 ملم (الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، الفترة من 1978 إلى 2017)، شكل (5) متوسط كميات الامطار بمنطقة الدراسة وملحق يوضح (1) كمية المطر السنوي الساقطة على محطات الدراسة خلال الفترة من 1978 - 2017م.

تعتبر الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية هي الرياح السائدة على المنطقة معظم شهور السنة، وهي تؤدي إلى سقوط كمية كبيرة من الأمطار خاصة في فصل الربيع وأوائل الصيف. كما تهب على المنطقة خلال فصل الشتاء الرياح الشرقية والشمالية الشرقية، خاصة على المناطق الشمالية والشرقية لمنطقة الدراسة، يصل معدل سرعة الرياح إلى 15.1 كم/ ساعة ويصل أعلاها في شهر يوليو 19.9 كم/ ساعة وأدناها في شهر يناير وتصل 10.1 كم/ ساعة (الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، الفترة من 1978 إلى 2017م).

## الجريان السيلوي وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، الفترة من 1978 إلى 2017 م. بالاعتماد

على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

شكل (5) متوسط سقوط الامطار بمنطقة الدراسة.

**ثانيا: الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف في منطقة الدراسة:**

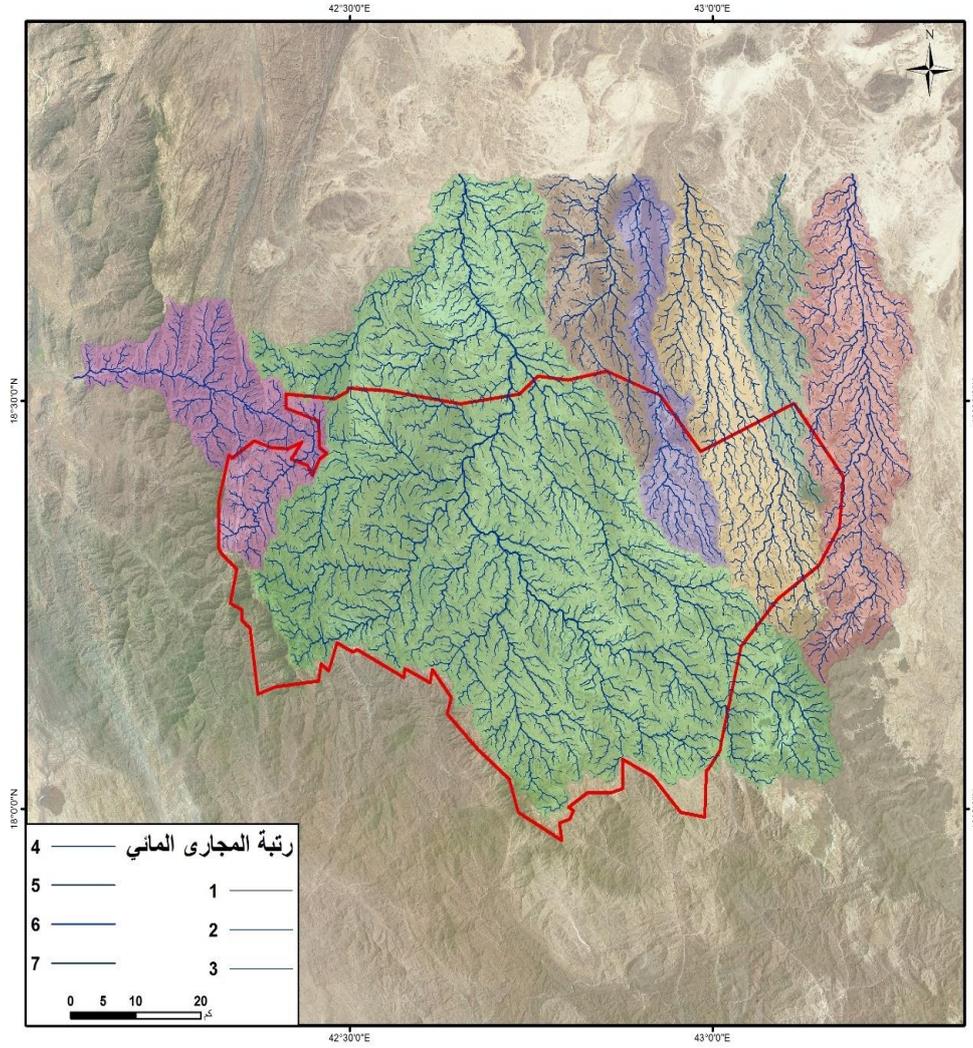
يطلق مصطلح مورفومتري على عملية التحليل الرقمي لظواهرات سطح الأرض من بيانات الخرائط الطبوغرافية التي يمكن حسابها من الصور الجوية والفضائية. تعتبر دراسة الخصائص المورفومترية ذات أهمية عند دراسة الأحواض المائية؛ لارتباطها المباشر بالعوامل الطبيعية، خاصة البنية الجيولوجية، والمناخ، والغطاء النباتي، وأيه تغيرات تطراً عليها، ومن شأن تلك الخصائص إعطاء صورة واضحة عن هيدرولوجية المجارى المائية ونتاجها الرسوبي (Sediment yield) ، ودورها في تطور الأشكال الإرسابية والحثية

المختلفة، وتلك الدراسات تشكل قاعدة ضرورية لاهتمامات ودراسات علمية لها علاقة بالمصادر المائية (سلامة، 1980، ص 9-34).

ويتم دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة من خلال توظيف التقنيات الحديثة وما يتبعها من دراسة الخصائص التضاريسية والمورفولوجية والمورفومترية شبكة التصريف للحوض المائي، من خلال الأساليب الكمية والمعادلات الرياضية، لتقدير أخطار الجريان السيلوي ومعرفة مدى خطورة الأحواض، ودرجات تأثيرها واثارها على منطقة البحث مما يفيد في عمل الاحتياطات اللازمة لدرء أخطارها والحماية منها. وتعد الخصائص المورفومترية للأحواض (المساحة والطول ومتوسط العرض والمحيط) من المعاملات المهمة في دراسة السيول، حيث تفيد نتائجها في التعرف على الخصائص الهيدرولوجية المؤثرة في حدوث السيول، ومعرفة مدى خطورتها ودرجاتها وتأثيرها على مظاهر العمران في المنطقة مما يفيد في عمل الاحتياطات اللازمة لدرء أخطارها والحماية منها (موسى، 2016، ص31).

ترجع أهمية دراسة الخصائص المساحية والشكلية إلى الخصائص الجيولوجية، وأنها تعطي انعكاساً للتكوينات الصخرية في أحواض التصريف، وخصائص شبكات التصريف، وكذلك الظروف المناخية وبصفة خاصة المناخ القديم التي توالى أحداثه على المنطقة، وتعد مساحة الأحواض مؤشراً لمرحلة الدورة التحاتية التي قطعتها الأودية داخل تلك الأحواض. فمن الطبيعي أنه كلما كبرت مساحة الحوض زاد حجم الأمطار المتجمع داخل مساحة التصريف مما يؤدي إلى زيادة تصريف الأودية مع افتراض ثبات باقي المتغيرات مثل نوع الصخر ونظامه والتضرس وشكل شبكة التصريف. وترجع الاختلافات في مساحات أحواض الروافد الرئيسة إلى العامل الجيولوجي بشاقية الليثولوجي والبنوي، وأيضاً الخصائص السطحية سواء من حيث الارتفاع أو الانحدار ويوضح شكل (6) الأحواض الرئيسية المؤثرة في منطقة الدراسة وشكل (7) خصائص الجريان السطحي للأحواض الفرعية بمنطقة الدراسة وملحق (2) أبعاد أحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

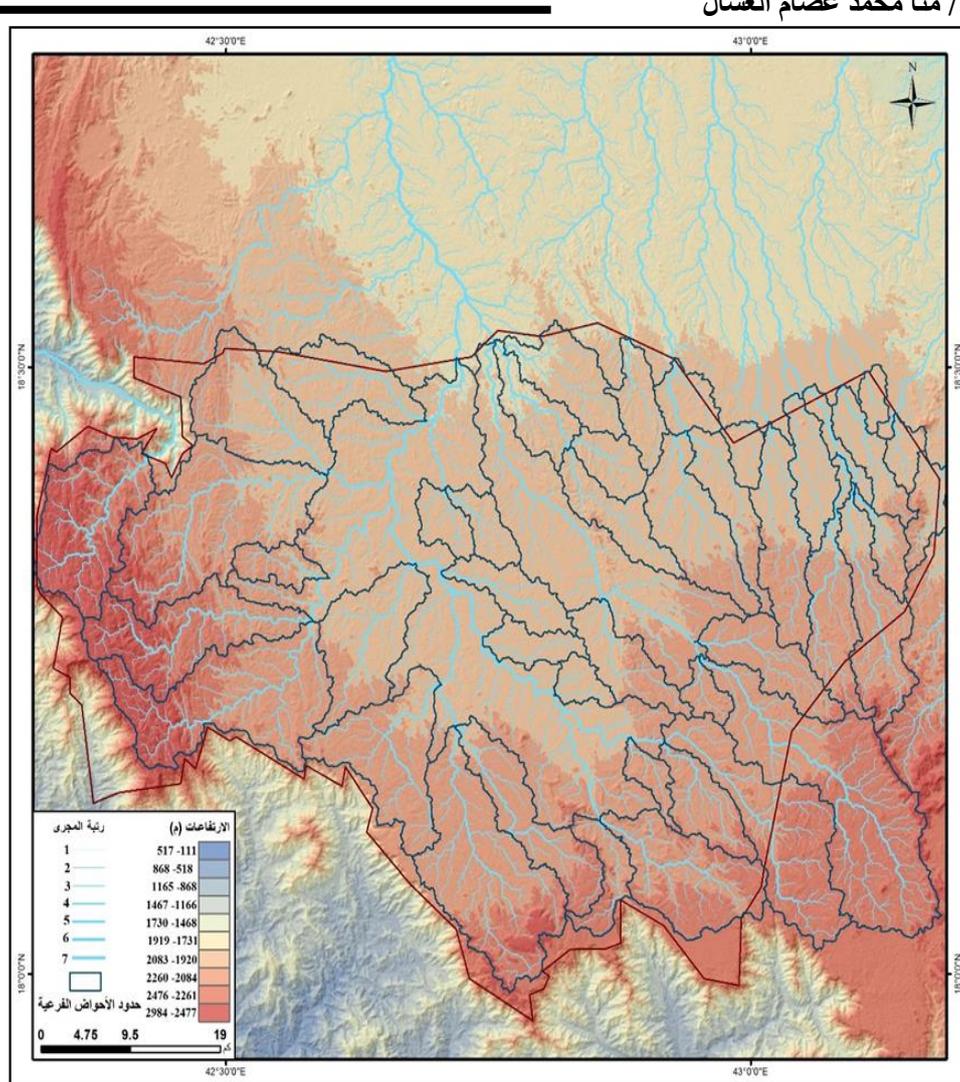
## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج WMS 8.3.

شكل (6) الأحواض الرئيسية المؤثرة في منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3) و برنامج WMS 8.3.

شكل (7) خصائص الجريان السطحي للأحواض الفرعية بمنطقة الدراسة.

1. مساحة الحوض Basin Area: تعتبر مساحة الحوض من أهم الخصائص المساحية المستخدمة كثيراً في النماذج الهيدرولوجية، وهي تعد كامل المساحة التي يحدها خط تقسيم المياه Water Divide Line، تستخدم مساحة الحوض المائي في حساب كثير

### الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

من المقاييس المورفومترية في تأثيره على كثافة التصريف وحجم التصريف المائي داخل الحوض، حيث توجد علاقة طردية بين المساحة الحوضية وحجم التصريف المائي، وتعكس مساحة الحوض بعض الخصائص به ومنها الصخور السائدة ودورها في تسهيل عملية النحت والتعرية بفعل مياه الأمطار والجريان السطحي؛ أو نسيج التربة التي تعكس كميات التسرب من مياه الأمطار، وهذا بدوره يؤثر في نشاط عمليات التعرية ومدى درجات خطورة الأدوية، وتتراوح مساحة الأحواض ما بين 527.5 كم<sup>2</sup>، و 13.3 كم<sup>2</sup>.

### 2. محيط الحوض **Water Divide Line**: يمثل طول خط تقسيم المياه للحوض (كم)، ولا

يعد طول الحوض مؤشراً على مدى خطورة الحوض المائي، ويعد طول محيط الحوض هو طول حدود الحوض المائي الذي يفصله عن الأحواض المائية المجاورة، وبتحديد محيط الحوض يتحدد شكله ومساحته إضافة إلى أن محيط الحوض هو متغير مستقل وأساسي في استخلاص الكثير من الخصائص المورفومترية الأخرى، ويتراوح محيط الأحواض المائية بين 354 كم و 23.7 كم.

### 3. طول الحوض **Basin Length**: يقصد بطول الحوض المائي بالمسافة المستقيمة التي

تفصل بين مصب الحوض وخط تقسيم المياه وتمر بمنبع المجرى الرئيس (Horton, 1932) ، ولا يمكن القول أن طول الحوض المائي مؤشر - بشكل مطلق - على مدى خطورة الحوض، وقد تم قياس طول الحوض المائي عبر برنامج نظم المعلومات الجغرافية من خلال إجراء عمل (Snapping) على أن يكون طول الحوض موازياً للقناة الرئيسية اعتماداً على المرئية في تحديد طول الحوض، وتتوقف هذه الطرق على طبيعة قناة مجرى الوادي إن كانت متعرجة أو غير منتظمة أو مستقيمة، وعادة ما تستخدم طريقة قياس الطول الموازي لخط التصريف الرئيسي من نقطة المصب إلى أعلى نقطة في الحوض، وتتراوح أطوال أحواض منطقة الدراسة بين 66.38 كم، و 7.28 كم.

### 4. عرض الحوض **Basin Width**: يقصد بعرض الحوض متوسط عرض المسافات

العمودية على طول الحوض وتؤثر العلاقة بين طول الحوض وعرضه على شكل

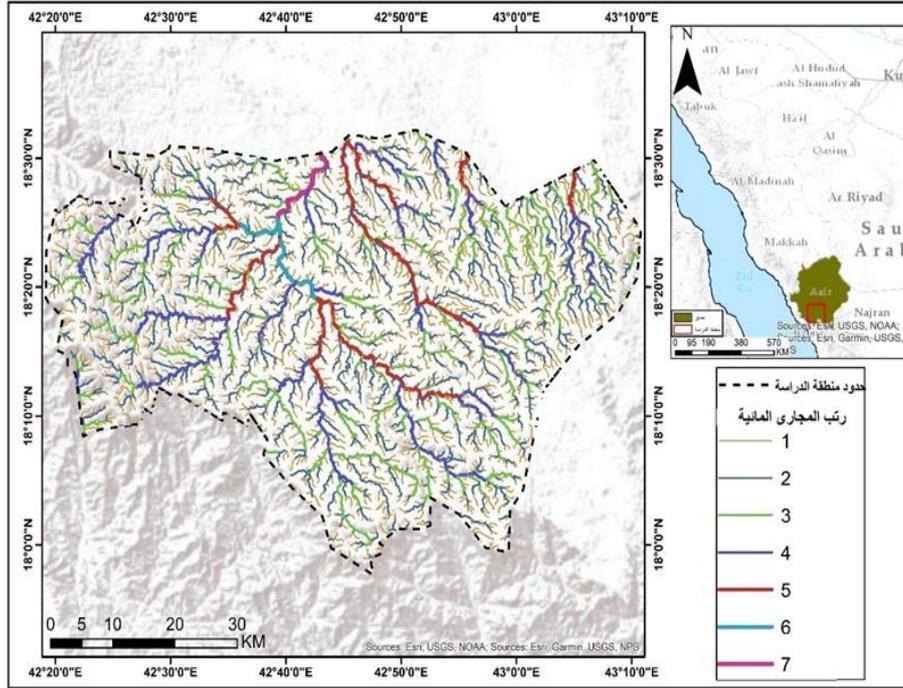
الحوض وسلوك الجريان السطحي به ومدى خطورته، أو أنه معدل طول مجموعة من الخطوط المتعامدة على الخط المستقيم الذي يمثل طول الحوض ، وليس هناك عدد محدد لهذه الخطوط، ويؤثر مقياس عرض حوض التصريف على كمية التلقي من التساقط والجريان والتسرب والتبخر والنتح وكلما زاد عرض الحوض زاد ما يتلقاه من التساقط وبالتالي زاد الجريان السطحي، ويتراوح عرض الأحوض المائية لمنطقة الدراسة بين (8.04) كم و (0.90) كم، وهذا يعني أن هناك زيادة في التساقط والجريان والتسرب وكذلك التبخر والنتح وذلك نظراً لزيادة عرض الحوض والذي بدوره أدى إلى زيادة الجريان السطحي.

**5.5. مجموع أطوال المجاري Stream Order Length:** تعد أطوال المجاري دلالة جوهرية على حجم التصريف وشكل الحوض النهري، فكلما ازدادت أطوال المجاري يعمل هذا على التقليل من سرعة التيار - لاسيما - في حالة اتساع المجرى، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كمية الرواسب المنقولة إلى منطقة المصب وأما إذا كان المجرى قصيراً فإن الحوض المائي يشهد قدرة عالية على ألحت نتيجة ارتفاع معامل الطاقة النهرية، والمرتبطة بشدة الانحدار والظروف المناخية (الأنصاري، 2014).

إن مجاري أنهار الرتبة الأولى لها في المتوسط أصغر طول، في حين أن طول المجرى يزداد مع زيادة رتبة المجرى النهري، وقانون أطوال المجاري النهرية مجموع متوسطات أطوال المجاري النهرية من الرتب المتتالية تميل إلى تكوين متتالية هندسية تبدأ بمتوسط طول مجاري الرتبة الأولى وتتصاعد تبعاً لنسبة طول ثابتة، وشكل (8) يوضح رتب مجاري أحواض تصريف منطقة الدراسة، ويتم حسابها بحسب المعادلة التالية:

$$\text{معدل أطوال المجاري في كل رتبة} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري في الرتبة}}{\text{عدد المجاري في نفس الرتبة}}$$

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



**المصدر:** عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3) و برنامج WMS 8.3.

**شكل (8) رتب المجاري والقنوات المائية في منطقة الدراسة.**

**ثالثاً: قيم المعاملات المورفومترية لشكل مجاري وأحواض التصريف بمنطقة الدراسة:**

ترتبط الخصائص المورفومترية لشكل مجاري وأحواض التصريف ارتباطاً قوياً بالعمول الطبيعية مثل البنية الجيولوجية والمناخ والغطاء النباتي، بالإضافة إلى عوامل مختلفة مثل الصخور نفاذيتها، والشقوق والفوالق والتراكيب الخطية وطبوغرافية الأرض، ونفاذية التربة ونوعيتها مما يؤثر ذلك على الخصائص المورفومترية لشكل مجاري وأحواض التصريف، وملحق (3) يوضح قيم المعاملات المورفومترية لشكل مجاري وأحواض التصريف بمنطقة الدراسة، وتم تناول التحليل المورفومتري لشكل مجاري وأحواض التصريف بمنطقة الدراسة على النحو الآتي:

1. تكرار المجاري (التكرار النهري Stream Frequency): يشير التكرار النهري إلى نسبة عدد المجاري المائية لجميع الرتب للحوض إلى مساحة نفس الحوض ( Horton, 1945)، وكلما كانت القيم عالية من التكرار النهري إما تعود لطبيعية الصخور التي تجرى عليها الجداول أو المجاري المائية التي تكون ذات نفاذية عالية أو أن الانحدار لسطح الأرض يكون قليل بالتالي كلما قلت قيمة التكرار النهري زادت خطورة الحوض المائي، وهي تدل بذلك على درجة تخدد الحوض بواسطة التعرية المائية، وعلى فإن زيادة عدد المجاري بواسطة عملية التخدد عن طريق التعرية المائية يؤدي بالضرورة إلى زيادة أطوالها ومن ثم إلى ارتفاع كثافة التصريف، ويمكن الحصول على تكرارية المجاري بالمعادلة التالية (أبو سمور وآخرون، 1999، ص 26):

$$\text{تكرار المجاري} = \frac{\text{عدد الروافد في الحوض}}{\text{مساحة الحوض}}$$

وعند تطبيق المعادلة نجد أن تكرارية المجاري لأحواض منطقة الدراسة بلغت أقصى قيمة حوالي (2.54) أي يجري في الكيلو متراً المربع الواحد أقل من ثلاثة روافد / كم<sup>2</sup>، وأقل تكرارية للمجاري المائية لأحواض منطقة الدراسة بلغت قيمة حوالي (1.42) أي يجري في الكيلو متراً المربع الواحد أقل من رافدين / كم<sup>2</sup>، وهي نسبة مرتفعة ويرجع ذلك لكبر مساحة الحوض وعرضها، والذي يتراوح ما بين (0.90 إلى 8.04) كم وهذا يدل أيضاً على كثرة الروافد الجارية و وجود عوائق تقلل من سرعة جريان الماء سواء كانت طبيعية أو بشرية و وجود غطاء نباتي كثيف خاصة في الروافد والمنابع العليا للمجاري المائية و وجود مصدات أو حواجز مائية تؤثر في سرعة المياه.

2. كثافة التصريف (الكثافة التصريفية Drainage Density): يقصد بها درجة التفرع وانتشار شبكة المجاري ضمن مساحة محدده (كورجي، 1979، ص74). وتقاس كثافة التصريف من خلال قسمة حاصل مجموع أطوال جداول المجاري المائية على المساحة الكلية للحوض، وترتبط الكثافة التصريفية لمنطقة الدراسة بطبيعية المناخ وبالخصائص الجيولوجية ومظاهر السطح السائدة، ونوع الصخر من أهم العوامل التي تتحكم في كثافة التصريف، فالصخور الصلبة تنخفض فيها كثافة التصريف والعكس صحيح ( Starhler, )

### الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

(1971, p.191). منطقة الدراسة يسقط عليها كميات كبيرة من الأمطار، ويقل فيها التبخر، مع وجود صخور قليلة النفاذية وسطح منحدر بشكل كبير فإن معدلات التسرب في هذه الأحواض تقل، ويزداد فيها حجم التصريف المائي السطحي، مما يؤدي إلى ارتفاع الكثافة التصريفية فيها، ونجد أن أعلى معدل للكثافة التصريفية بلغت 1.58 كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>، وأقل معدل للكثافة التصريفية 1.25 كم<sup>2</sup>/كم<sup>2</sup>.

### 3. مؤشر التعرج Sinuosity Ratio:

يتم حساب مؤشر التعرج من خلال المعادلة : الطول الفعلي بالمجرى المائي (بين بداية ونهاية المجرى) ÷ طول الخط المستقيم (الواصل بين بداية ونهاية المجرى)، ويستخدم هذا المعامل لإبراز درجة تعرج شبكة المجاري المائية بحيث إنه كلما زادت القيمة عن واحد صحيح دل ذلك على شدة تعرج المجرى المائي ومن ثم بطئ وصول المياه عند جريانها إلى المصب وزيادة في معدل التسرب والتبخر ومن ثم قلة خطورة الحوض، وكلما اقترب معامل التعرج من الواحد الصحيح دل ذلك على الاستقامة وقد يرجع ذلك لأسباب مثل طبيعية التركيب الجيولوجي وتتبع المجارى المائية للانكسارات أحيانا كما بمنطقة الدراسة، ونجد أن معامل التعرج بمنطقة الدراسة أعلى قيمة عند 1.15 ، وأقل قيمة للتعرج 1.10.

### 4. معامل الاستدارة الحوض ونسبة تماسك المساحة Circulation Ratio:

تعد نسبة الاستدارة دليلاً على شكل الأحواض المائية حيث يتراوح ما بين (0-1)، ففي حالة ارتفاع نسبة الاستدارة، واقتربها من الواحد الصحيح، يشير ذلك إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري، وانتظام خط تقسيم المياه، وسيادة عمليات النحت الجانبي والتراجعي، ويعكس بذلك تقدم الدورة التحاتية للحوض (طة، 2009، ص10). بينما في حالة تناقص نسبة الاستدارة والتي تقترب من الصفر، فهذا يعنى تعرج وعدم انتظام خط تقسيم المياه، وأن المساحة الحوضية في أصغرها وعدم تساوى عمليات الحت والتعرية، وأن الدورة الحنتية مازالت تقوم بدورها، أى ابتعاد الحوض عن الشكل المستدير (تيم، 2016، ص60).

د / منا محمد عصام العسال

ويتم حساب هذا المعامل من خلال تطبيق المعادلة (Miller, 1953, p. p 4-5) & (Gregory, K.J., and Walling, D.E, 1973, p.51):

حيث أن :

$$RC = 12.57 (A/p^2)$$

$$RC = \text{معامل الاستدارة}$$

$$12.57 \text{ رقم ثابت}$$

$$A = \text{مساحة الحوض كم}^2$$

$$P^2 = \text{مربع محيط الحوض}$$

إذن معامل الاستدارة = 12.57 (مساحة الحوض كم<sup>2</sup> / مربع محيط الحوض كم).

وكلما أقترب الناتج من الواحد الصحيح دل ذلك على أن الحوض يقترب من الشكل الدائري وانتظام خط تقسيم المياه، وسيادة عمليات الحت الجانبي والتراجعي وبذلك يعكس تقدم الدورة التحاتية للحوض، حيث أنه كلما اقترب من الصفر كان الحوض أقرب إلى الاستطالة، ودل على عدم انتظام وتعرج خطوط تقسيم المياه وقد يؤدي ذلك إلى حدوث عمليات الأسر النهري River capturer في المناطق المتجاورة أو المتداخلة بين أحواض التصريف، وصغر المساحة الحوضية وعدم تساوى عمليات الحت والتعرية، وأن الدورة الحتية مازالت تقوم بدورها، أي ابتعاد الحوض عن الشكل المستدير (تيم، 2016، ص 60). كما أن الأحواض المستديرة تتجمع فيها مصبات غالبية الروافد في منطقة مركزية واحدة، وإذا حدث جريان فإنه يصل في وقت واحد إلى المصب، وبالتالي يزداد خطر الجريان السيلبي، ويحدث العكس في الأحواض التي تميل إلى الاستطالة حيث يكون الجريان فيها أكثر انتظاماً. كذلك فإن اقتراب شكل الحوض من الشكل المستدير يدل على تقدم المرحلة المورفولوجية التي يمر بها الوادي حيث إن الأنهار عادة ما تقوم بحفر وتعميق مجاريها ثم تبدأ بعد ذلك في توسيعها (عبد الصمد، 2001، ص 89).

بلغ معامل أعلى نسبة الاستدارة في أحواض منطقة الدراسة 0.34 وأقل نسبة استدارة 0.05 مما يشير إلى ابتعاد أحواض التصريف عن الشكل الدائري، وزيادة استطالتها وهذا يؤدي إلى إطالة المجاري وخاصة الرتب الدنيا التي تقع قرب خطوط تقسيم المياه.

5. معامل الاستطالة ونسبة تماسك المحيط **Elongation Ratio**:

يدل معامل نسبة الاستطالة على مدى التشابه بين مساحة الحوض والشكل المستطيل ويتفق معظم الباحثين على: أن هذا المعامل من أكثر المعاملات المورفومترية دقة في قياس أشكال الأحواض التصريفية (جودة وعاشور، 1991، ص 316). ويتم حساب هذا المعامل من خلال تطبيق المعادلة التالية (Strahler, 1964, p.415):

معامل الاستطالة = طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض كم / أقصى طول للحوض كم

ويتضح أن أعلى معامل استطاله بلغ 0.33 وأقل معامل استطالة بلغ 0.06، مما يشير إلى اقتراب أحواض التصريف من الشكل المستطيل، ويدل ذلك على أن الأحواض المائية مائزلة في مرحلة مبكرة من دورتها التحتية، ويرى " سميث " أن الأحواض التي تخترق تكوينات جيولوجية متنوعة وغير متجانسة أو مناطق تأثرت بعمليات التصدع والالتواء، تميل إلى أن تأخذ الشكل المستطيل (القيشاوى، 1991، ص 53 - نقلاً عن (Smith, K.G, 1950, p.50).

6. معامل الشكل **Form Factor**:

وقد اقترح (Horton, 1945, p.275) معامل الشكل حيث يعطى مؤشراً لمدى تناسق أجزاء الحوض ومدى انتظام الشكل العام له (عبد الصمد، 2001، ص 90)، ويتم الحصول على هذا المعامل من العلاقة التالية:

$$\text{معامل الشكل} = \frac{(\text{مساحة الحوض كم}^2)}{(\text{طول محيط الحوض كم}^2)}$$

ويبرز معامل شكل الحوض العلاقة بين كل من الطول والعرض في الحوض، وتشير القيم المنخفضة إلى الانخفاض النسبي في بسط هذه العلاقة أي المساحة بالنسبة للطول مما يعنى ازدياد الطول النسبي لأحد بعدي الحوض على حساب الآخر وبالتالي اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث كما تشير القيم المرتفعة إلى ارتفاع قيم البسط (مساحة الحوض) على المقام (طول محيط الحوض) وبالتالي اقتراب شكل الحوض من الشكل

المستطيل. وتطبيق المعادلة السابقة على أحواض التصريف بالمنطقة تم تقسيمها إلى الآتي:

1. أحواض يقل معامل شكلها عن 0.10 وتضم 8 أحواض، وذلك بنسبة 17.4 % من جملة الأحواض المدروسة.
2. أحواض يتراوح معامل شكلها بين 0.10 إلى 0.20 وتضم 28 حوض، وذلك بنسبة 60.9 % من جملة الأحواض المدروسة.
3. أحواض يبلغ معامل شكلها أكثر من 0.20 وتضم 10 أحواض، وذلك بنسبة 21.7 % من جملة الأحواض المدروسة.

#### رابعاً: المتغيرات الجيومورفولوجية والمورفوهيدرولوجية لمجاري وأحواض التصريف بمنطقة الدراسة:

يتناول تحليل المتغيرات الجيومورفولوجية والمورفوهيدرولوجية لمجاري وأحواض التصريف بمنطقة الدراسة حيث أنها ذات صلة مباشرة بعمليات الجريان السيلي من حيث بدايتها ومدى استمراريتها، ملحق (4) يوضح المتغيرات الجيومورفولوجية والمورفوهيدرولوجية لمجاري وأحواض التصريف بمنطقة الدراسة وهذه المتغيرات هي كالتالي:

#### **1. التضاريس القصوى Maximum Relief:**

يطلق عليها المدى التضاريسي كما يطلق عليه أحيانا تضرس حوض التصريف وقد اقترح (Schumm, 1956, p.612) معادلة لقياس التضاريس القصوى وتعد من أبسط المعايير وتقدم صورة عن مدى التغير في الارتفاع والانخفاض بالحوض، وهو الفرق (المدى Range) بين أعلى وأدنى نقطة بالحوض وهي على النحو التالي: التضرس الأقصى = منسوب أعلى نقطة في الحوض - منسوب أدنى نقطة فيه.

- أحواض نقل تضاريسها القصوى عن 300 متراً وهي تمثل 26 حوض، وذلك بنسبة 56.6 % من جملة الأحواض المدروسة.

### الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

- أحواض يتراوح تضاريسها القصى بين 300- 600 متراً وهي تمثل 12 حوض، وذلك بنسبة 26 % من جملة الأحواض المدروسة.
- أحواض تزيد تضاريسها القصى على 600 متراً وتمثل 8 أحواض، وذلك بنسبة 17.4% من جملة الأحواض المدروسة.

ويوجد علاقة طردية بين التضاريس القصى ومعدل الانحدار، ومن ثم شدة خطورة الحوض من ناحية كمية المواد المنجرفة وشدة الجريان السيلى. كما نجد من التحليل: أن الأحواض ذات المساحات الكبيرة تتمتع بمدى تضاريسي أكبر، ونجد العكس كما فى الأحواض صغيرة المساحة تتميز بمدى تضاريسي أقل.

### 2. معدل التضرس Relief Ratio:

يعبر هذا العامل عن مدى تضرس الحوض بالنسبة لطوله وهو يشير بصورة مباشرة إلى درجة انحدار الحوض وتشير القيم المرتفعة لمعدل التضرس إلى زيادة خطورة حدوث السيول نتيجة لسرعة الجريان وانخفاض جملة الفاقد. فى حين أن انخفاض معدل التضرس يشير إلى أن الحوض استطاع أن يقطع شوطاً كبيراً فى دورة التعرية واستطاع أن يخفض من تضرسه. كما أن نوع الصخر وكمية المطر والمرحلة الجيومورفولوجية التي يعيشها الحوض من العوامل الهامة التي تساعد على قلة معدل تضرس الحوض.

ويعتبر معدل التضرس معامل يعكس مباشرة درجة انحدار سطح الحوض ويمكن حساب معدل التضرس لأحواض منطقة الدراسة من خلال تطبيق المعدلة ( Strahler, 1957, ) (p.918) وهي كما يلي:

$$\text{معدل التضرس} = \frac{\text{التضاريس القصى (م)}}{\text{طول الحوض (كم)}}$$

وبتطبيق المعادلة على أحواض منطقة الدراسة يتضح أن أحواض التصريف تنقسم إلى التالي:

- أحواض يقل معدل تضرسها عن 10م/ كم وهي تمثل 15حوض، وذلك بنسبة 32.6 % من جملة الأحواض المدروسة.

- أحواض يتراوح معدل تضرسها بين 10م / كم إلى 20م/ كم وهي تمثل 20 حوض، وذلك بنسبة 43.5 % من جملة الأحواض المدروسة.
- أحواض يزيد معدل تضرسها على 20م/ كم وهي تمثل 11 حوض، وذلك بنسبة 23.9 % من جملة الأحواض المدروسة.

### 3. زمن التباطؤ Lag Time:

نعنى به الزمن والوقت الفاصل بين بداية التساقط وبدء الجريان السطحي، ويعد هذا المعامل من المعاملات المؤثرة بقوة في تحديد كمية الفاقد خلال زمن التباطؤ، ويفيد زمن التباطؤ في التعرف على الوقت اللازم لبداية الجريان السطحي بكل حوض بالإضافة إلى حساب فاقد التسرب خلال هذا الزمن مما يفيد في حساب جملة الفاقد في أحواض التصريف.

حيث كلما زاد زمن التباطؤ كلما تسربت كميات كبيرة من المياه في ثنايا التربة خلال هذه المدة ومن ثم قلة خطورة الفيضانات وتباطؤ وصول المياه إلى مصباتها، ويتوقف طول زمن التباطؤ على نوع الصخور المكونة للسطح ومدى تأثرها بالشقوق والانكسارات، هذا بالإضافة إلى مدى تأثرها بالتعرية، ويمكن حساب زمن التباطؤ من خلال المعادلة التالية (Hichock, 1959,p.610):

$$(TL= K A^{0.3} /Sa/ Dd)$$

حيث  $TL =$  زمن التباطؤ، وأن  $Ki$  معامل ثابت تبلغ قيمته 0.4 للسطوح الجيرية و0.25 للسطوح الرملية، و  $A =$  مساحة الحوض، و  $Sa =$  متوسط الانحدار، و  $Dd =$  كثافة التصريف.

وتم تصنيف أحواض المنطقة وفقا لزمن التباطؤ إلى ثلاث فئات كما يلي:

- أحواض تصريف يقل زمن التباطؤ فيها عن 25 دقيقة، وهي تمثل 27 حوض وذلك بنسبة 58.6 % من جملة الأحواض المدروسة.
- أحواض تصريف يتراوح زمن تباطؤها ما بين 25 دقيقة و50 دقيقة وهي تمثل 15 حوض وذلك بنسبة 32.7 % من جملة الأحواض المدروسة.

#### الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

- أحواض تصريف يزيد معدل تباطؤها على 55 دقيقة وهي تمثل 4 أحواض وذلك بنسبة 8.7 % من جملة الأحواض المدروسة.

ويرجع التباين في نسب زمن التباطؤ للأحواض إلى التباين في مساحة الأحواض وانحداراتها الشديدة وارتفاع كثافة التصريف لبعضها مما يشير إلى مدى ارتفاع خطورة الأحواض.

#### 4. زمن التركيز Time of Concentration:

هو المدة الزمنية التي تستغرقها المياه في الحوض المائي من أبعد نقطة في محيط الحوض حتى تصل للمصب أو مخرج حوض الوادي، ويعرف باسم وقت الذروة (السلوي، 1989، ص 283)، ثم يتم انخفاض قيمتها وهي تعنى سرعة الوصول لأقصى تصريف بمصب الحوض وبالتالي يؤدي الى ارتفاع درجة الخطورة، ويتم حساب معادلة زمن التركيز من خلال المعادلة الرياضية التالية (Stephen, 1999, p.213):

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 Lp}{0.8 \sqrt{H up - H down}}$$

حيث أن:

1. مساحة الحوض كم<sup>2</sup>
2. Lp طول المجرى الرئيسي كم
3. H أعلى ارتفاع بالحوض
4. H أدنى ارتفاع بالحوض

يتضح : أن أعلى زمن تركيز بأحواض منطقة الدراسة إلى ساعة وعشرين دقيقة وأقل الأحواض بلغ زمن التركيز إحدى عشرة دقيقة، ويدل ذلك على أن معظم أحواض منطقة الدراسة ذات درجات خطورة.

يتم حسابها رياضياً من خلال قانون حساب السرعة لأي جسم متحرك، وذلك إذا تم معرفة المسافة التي تحركها الجسم بطول الحوض والزمن الذي استغرق هذه الحركة وهو زمن تركيز الحوض، وبناء على ذلك يمكن حساب سرعة المياه عن طريق قسمة طول الحوض على زمن التركيز م3 / ساعة (خضر، 1997، ص)، كلما زادت سرعة جريان العاصفة المطرية ارتفع مؤشر خطورة الحوض، حيث أن سرعة المياه تعكس قوتها التدميرية. وقد تم تصنيف الأحواض المدروسة بمنطقة الدراسة وفقاً لهذا المعامل إلى ثلاث فئات كما يلي:

1. أحواض تقل سرعة الجريان المياه بها بين 60 كم/ ساعة وتشمل 26 من أحواض منطقة الدراسة، وبذلك بنسبة 56.5%.
2. أحواض يتراوح سرعة الجريان المياه بها بين 60 - 120 كم/ساعة وتشمل 14 من أحواض منطقة الدراسة، وبذلك بنسبة 30.4%.
3. أحواض يزيد سرعة جريان المياه بها عن 120 كم/ساعة وتشمل 6 من أحواض منطقة الدراسة، وبذلك بنسبة 13%.

#### خامساً: تقدير صافي عمق الجريان السطحي السنوي وحجم الجريان السنوي بأحواض

##### منطقة الدراسة:

تهدف دراسة تقدير الجريان السطحي في أحواض التصريف إلى معرفة بعض التقديرات لكمية الماء السطحي والمتاح في المنطقة والذي يعتمد عليه في عملية التنمية لذا فإن حساب معدل الجريان في كل حوض تصريف يعنى أمراً مهماً خاصة لمعرفة كمية المياه السطحية الممكن صرفها في كل حوض تصريف عند حدوث أمطار غزيرة وذلك لعمل الاحتياطات اللازمة من حيث تخزين المياه والاستفادة منها بعد انتهاء السيل (موسى، 2016، ص35).

### الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

تم تقدير كميات صافي الجريان السنوي بالاعتماد على نموذج (SCS- CN) ويمثل النموذج فرضية صيانة والحفاظ على التربة soil conservation service، لتقدير عمق الجريان السطحي ومن ثم حجم الجريان السطحي للمياه من عاصفة مطرية ما، حيث تأخذ هذه الفرضية بالحسبان نوع التربة واستعمالات الأرض والغطاء الأرضي ورطوبة التربة وتحول تلك المتغيرات المتباينة مكانيا لرقم يعرف بالرقم المنحني Curve Number الذى يدل على مدى امتصاص التربة (الغطاء الأرضي) للمياه المتساقطة قبل عملية الجريان السطحي للمياه، حيث يصنف كل غطاء أرضى إلى أربع أنواع من التربة (A, B, C, and D)، ومن خلال تقاطع العلاقة بين الغطاء الأرضي ونوع التربة يعطى للنطاق المكاني (Zone) رقم CN يعبر عن طبيعية ذلك الغطاء الأرضي والتربة، وهو رقم معياري موحد، ويدخل هذا الرقم كمتغير لقياس صافي الجريان السطحي (عمق الجريان ملم)، وحجم الجريان (م<sup>3</sup>)، ولحساب عمق الجريان السطحي الفعلي Q (USDA, 1986) كما يلي :

$$Q = \frac{(P - la)^2}{(p + La) S}$$

حيث أن:

Q = عمق الجريان السطحي (بوصة).

P = الأمطار الساقطة (بوصة).

La = فواقد ما قبل بدء الجريان السطحي مثل التسرب والاستقبال من قبل النبات

والتبخر (بوصة).

S = التجمع السطحي بعد بداية الجريان السطحي (بوصة).

حيث أن La تعادل خمس (1/5) من قيمة S ويتم حسابها كالتالي:

$$La = 0.25$$

ويتم حساب S على النحو التالي:

$$S = \frac{1000}{cN} - 10$$

وبعد جبر قيمة S تصبح المعادلة للجريان السطحي كما يلي:

د / منا محمد عصام العسال

$$Q = \frac{(P - la)^2}{(p + 0.85)}$$

نرى أن مدخلات المعادلة بالبوصة، لذلك يجب إعادة صياغة المعادلة بالمقاييس المترية من خلال ضرب الأرقام الثابتة في المعادلة:

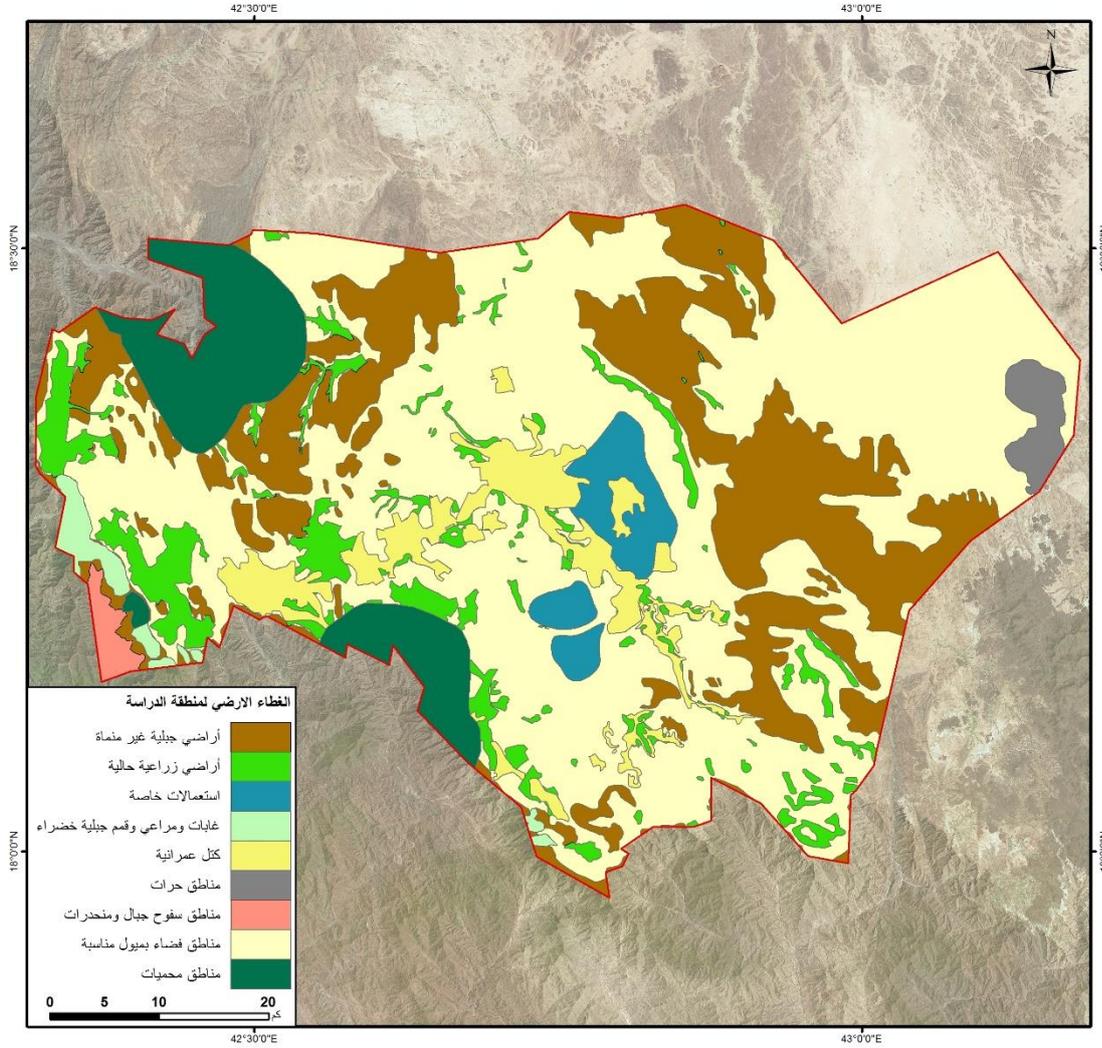
$$S = \frac{1000}{cN} - 10$$

ويتم ضرب المعادلة في 25.4 لتحويلها من بوصة إلى مليمترًا فتصبح صيغة المعادلة كالتالي:

$$S = \frac{25,400}{cN} - 254$$

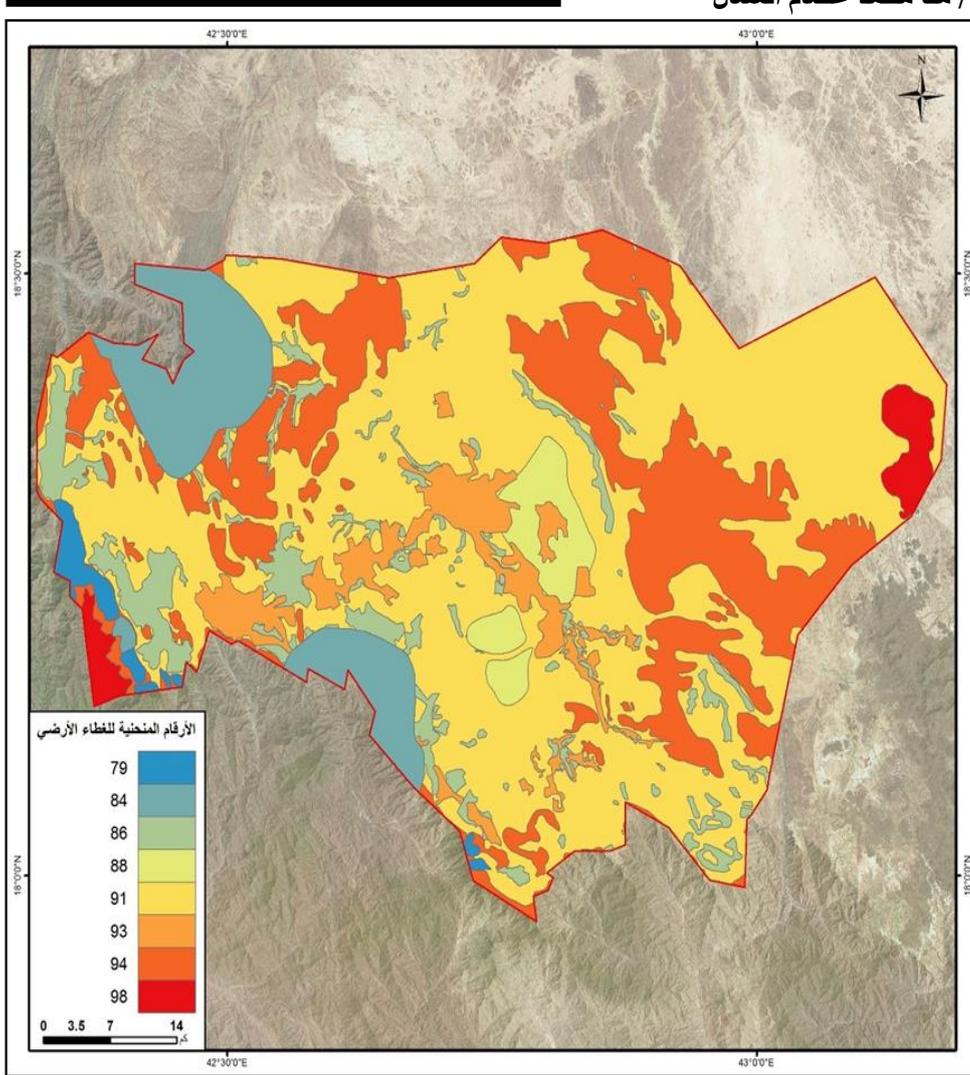
تم تقدير وحساب حجم الجريان السطحي (م3) وذلك عن طريق حساب صافي عمق الجريان السطحي، من خلال ضرب قيمة عمق صافي الجريان السطحي (الارتفاع) في مساحة الحوض (مع توحيد وحدة القياس للعمق والمساحة بالمتر والمتر المربع)، ويوضح شكل (9) استخدام الأرض في منطقة الدراسة، الذي تم الاعتماد عليه في تصنيف أنواع التربة، وتم تحديد قيم CNS لتلك الغطاءات الأرضية شكل (10)، ومن ثم تقدير متوسط قيم CNS للأحواض الفرعية (11)، ومن ثم حساب صافي عمق الجريان السطحي السنوي (ملم) شكل (12) وحجم الجريان السنوي (ألف م3) بعد تحليل محطة أبها وخميس مشيط وبيشة المناخية وبعد تقدير معدل التساقط السنوي الذي بلغ نحو 228.5 ملم سنويًا على محطة أبها ، و نحو 194.9 ملم سنويًا على محطة خميس مشيط ، ونحو 84.5 ملم سنويًا على محطة بيشة، وبالاعتماد على هذا المعدل كمدخل في معدلات حساب صافي الجريان السطحي Q ، وحجم الجريان السنوي (م3) والتي تدخل كأهم معايير لتصنيف درجة خطورة الأحواض بمنطقة الدراسة. ويوضح ملحق (5) صافي عمق الجريان السطحي السنوي (ملم) وحجم الجريان السنوي (ألف م3) لكل حوض من الأحواض الفرعية.

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

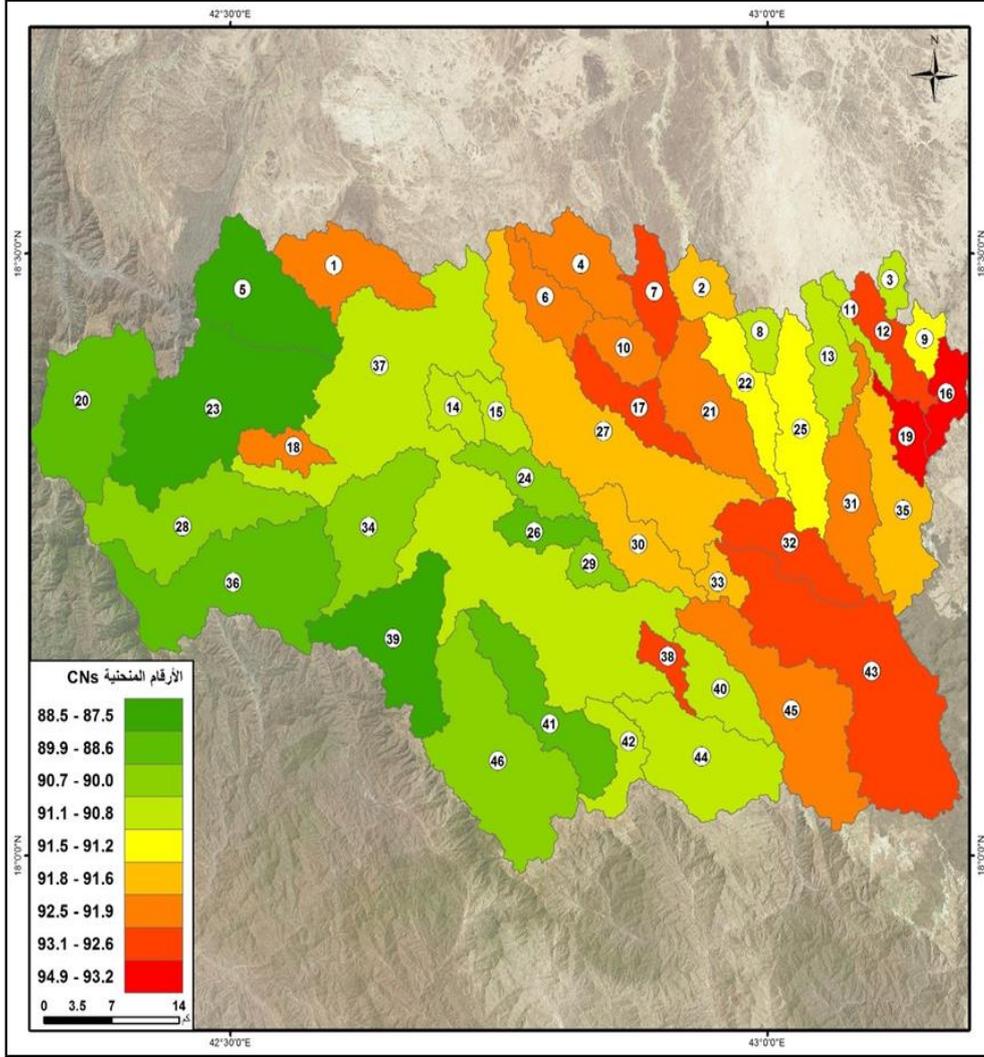
شكل (9) استخدام الأرض في منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج  
(Arc GIS 10.3).

شكل (10) قيم الأرقام المنحنية CNS للغطاء الأرضي ونوعية التربة.

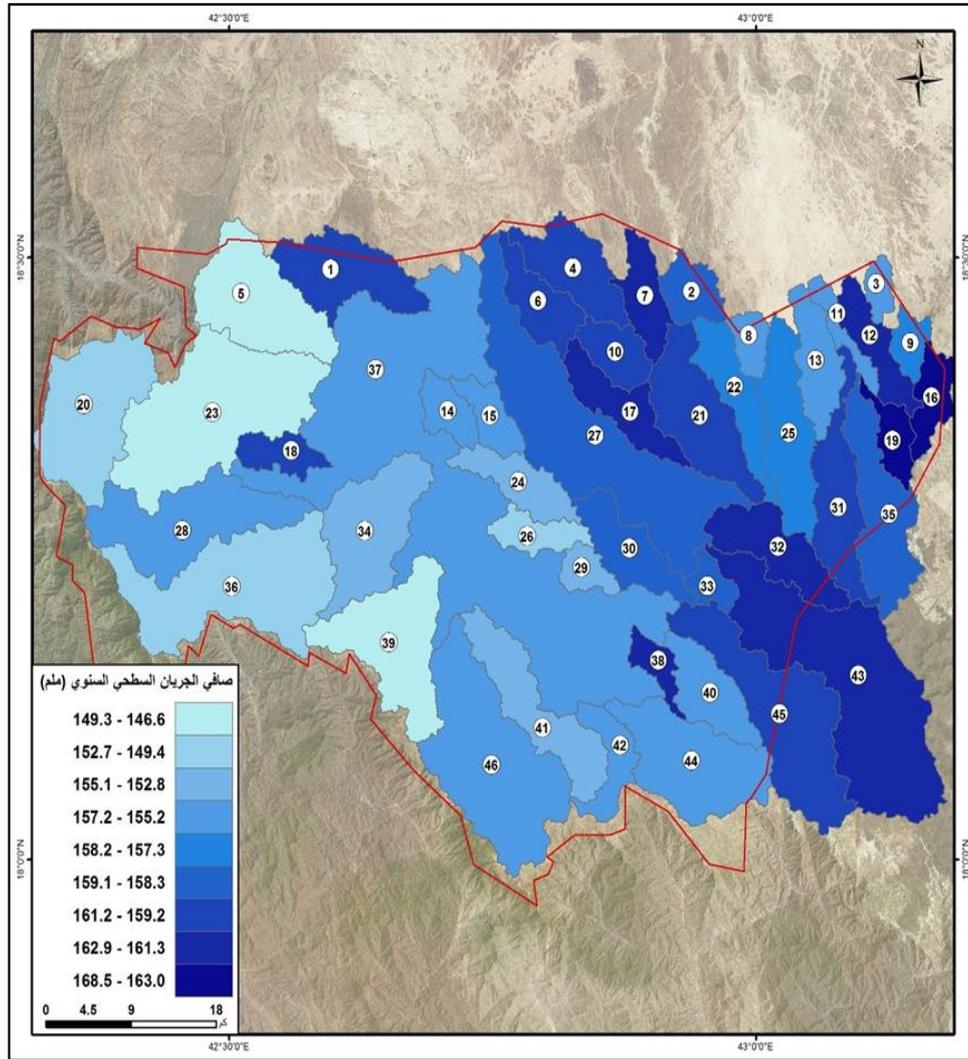
## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج 8.3 WMS.

شكل (11) متوسط الأرقام المنحنية لأحواض التصريف الفرعية في منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج  
(Arc GIS 10.3) و برنامج WMS 8.3.  
شكل (12) صافي الجريان السطحي السنوي للأحواض الفرعية في منطقة الدراسة.

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

### سادسا: تصنيف أحواض التصريف حسب درجات الخطورة:

ولتصنيف خطورة أحواض تصريف منطقة الدراسة، يوجد مجموعة من المتغيرات يجب أن تأخذ في الاعتبار، مع مراعاة أوزنها النسبية التي تراعى أهمية بعض المعايير عن الأخرى لتحديد خريطة دقيقة للأخطار السيلية، ومن ثم بناء نموذج كارتوجرافى Cartographic Model لكل تلك المعايير بعد تحويل كل معيار لطبقة خلية Raster Dataset ومطابقة تلك الطبقات جمعيا معا من خلال استخدام المطابقة الموزونة weighted Overlay فى برنامج ArcMap مع وضع وزن كل طبقة (معيار) داخل مدخلات أداة المطابقة الموزونة، لنتج لنا فى النهاية خريطة المخاطر السيلية لمنطقة الدراسة، وتم الأعتماذ فى الدراسة على مجموعة من المتغيرات وعددها 16 متغيرا، وملحق (6) يوضح المعايير المأخوذة فى الاعتبار لرسم خريطة المخاطر السيلية بمنطقة الدراسة واوزنها النسبية، واستخراج متوسط عام لتحديد درجة خطورة كل حوض من أحواض منطقة الدراسة وعددهم 46 حوض، وتم تحديد فئات درجات الخطورة للأحواض كالأتى:

الفئة الأولى: أحواض ضعيفة الخطورة وتشمل 11 حوض.

الفئة الثانية: أحواض متوسطة الخطورة وتشمل 13 حوض.

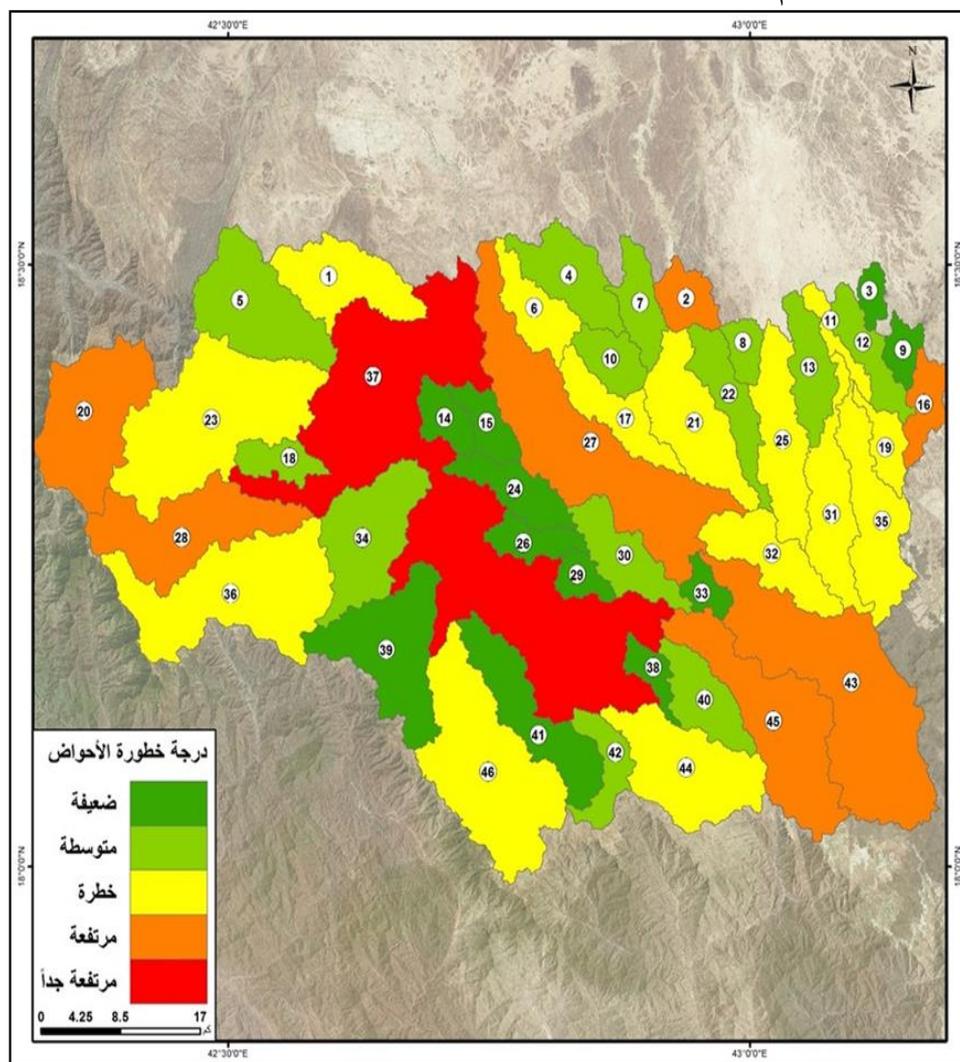
الفئة الثالثة: أحواض خطرة وتشمل 14 حوض.

الفئة الرابعة: أحواض مرتفعة الخطورة وتشمل 7 أحواض.

الفئة الخامسة: أحواض مرتفعة جدا الخطورة وتشمل حوض واحد وهو حوض بيشة.

ويوضح شكل (13) وملحق (7) درجات خطورة أحواض منطقة الدراسة، ويوضح شكل

(14) القيم المسموح بها لحرمة الأودية بمنطقة الدراسة.

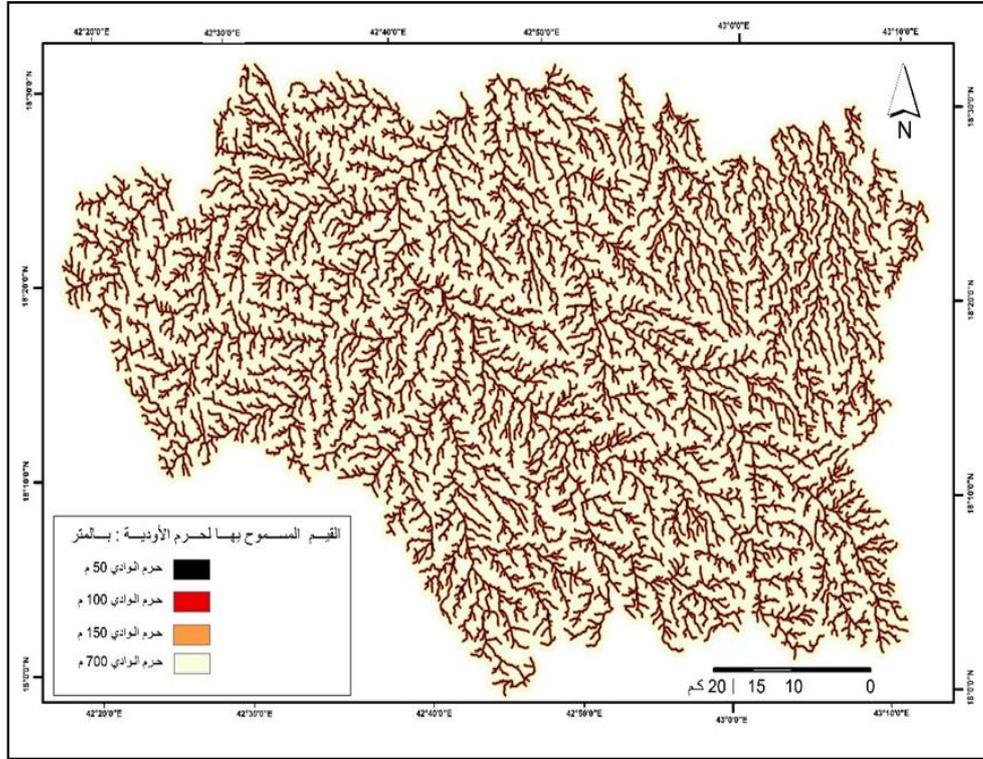


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج WMS 8.3.

شكل (13) مخاطر السيول لأحواض الفرعية في منطقة الدراسة.

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

شكل (14) القيم المسموح بها لحرم الأودية بمنطقة الدراسة.

سابعا: المشكلات الناجمة عن حدوث السيول بمنطقة الدراسة :

1. تأثير السيول على المراكز العمرانية:

نتيجة للزيادة السكانية ونشاط ظاهرة التوسع العمراني وعمليات البناء والتشييد، فقد أدى ذلك إلى التوسع على مناطق الأودية خاصة وأن التركيز السكاني في بدايته كان على ضفافها، وكما زاد التركيز على المنحدرات وفي المرواح الفيضيه وأدى هذا النمو إلى تركيز المجتمعات السكانية في شكل عمودي على مخارج الأودية وأهمهم مدن مثل (أبها - خميس مشيط- أحد رفيدة)، ولهذا تتعرض هذه المدن وغيرها من المدن والقرى داخل منطقة الدراسة لخطر السيول مما يؤدي إلى تدمير المباني وإحداث عملية تقويض سفلى للمباني نتيجة

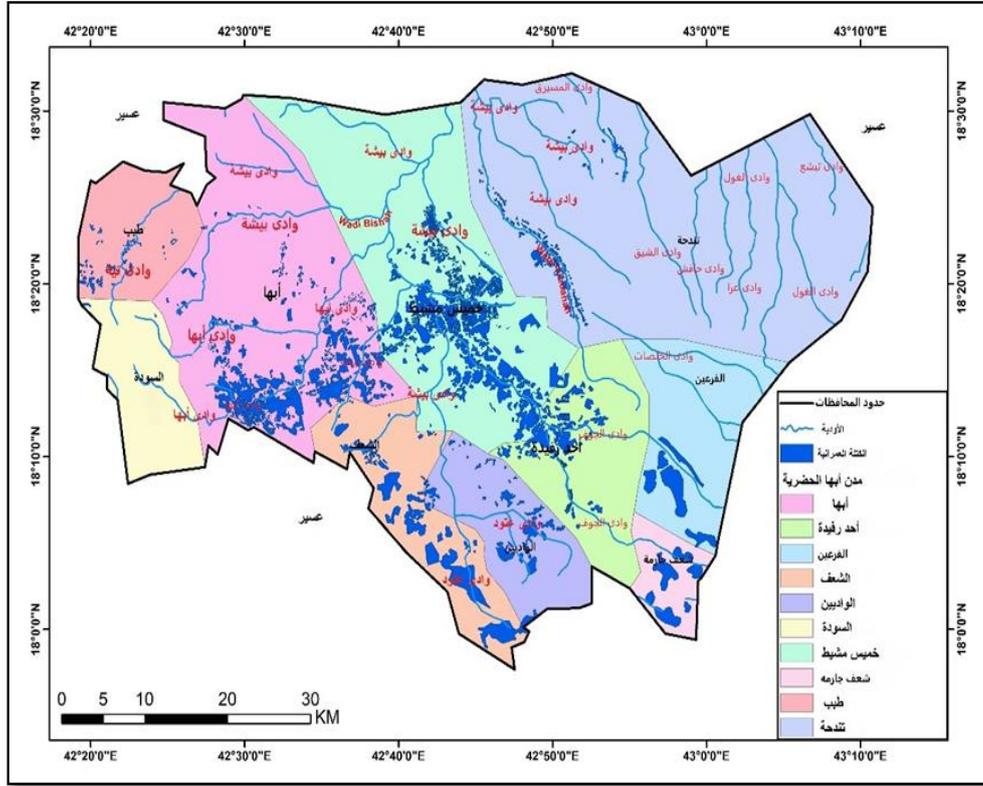
لعملية النحت، وتسبب أخطارا بالغة خاصة أن نسبة مساحة الأسطح غير المنفذه بداخلها كثيرة نظرا لوجود الشوارع الاسفلتية والابنية، مما يزيد من معدلات الجريان السطحي ويسبب مشاكل داخل المدن والقرى.

ومما زاد من مشكلة السيول أن سكان المناطق السهلية تناسوا الفيضانات السيلية نتيجة حدوث تذبذب بالأمطار في السنوات الاخيرة، فأخذوا يتعاشون مع وضع بيئي مؤقت، بل أن الكثير منهم يشيدون منازلهم في مناطق أخطار محتملة، بعضها لعدم الدراية والبعض الآخر لمستوى متدن. وتعتبر مدن أبها وخميس مشيط وأحد رفيده من المناطق المعرضة دائما لخطر الجريان السيلي لأن أغلب قرى هذه المدن تقع في بطون الأودية خاصة وادي أبها ووادي ببشة، وكثيرًا ما تتعرض للجريان السيلي وجرف المناطق السكنية والزراعية التي أمامها على الرغم من وجود سدود للأودية، ويوضح شكل (15) توزيع الكتلة العمرانية وعلاقتها بشبكة التصريف لأحواض أودية منطقة الدراسة.

تعامل سكان القرى والمدن داخل أحواض التصريف له دور كبير في حدوث السيول نتيجة لما يقومون به من إزالة الأشجار والحشائش واقتلاعها وإحلال المحاصيل الزراعية مكانها، إضافة إلى حفر المصارف مما يؤدي إلى زيادة التدفق المائي نحو الأحواض المائية الرئيسية والفرعية مما يزيد من فرصة حدوث السيول، وقد يؤدي القاء المخلفات وأنقاض المباني في مجاري الأودية وعلى جوانبها، مما يؤدي إلى ضيق المجرى وعدم استيعابه لكميات التساقط وحدوث سيول تدمر كل ما تمر به.

تؤدي إقامة الحواجز الخرسانية والترابية وهي العقوم التي يزيد ارتفاعها على 7 أو 8 أمتار من قبل السكان على مجاري الأودية، إلى ارتفاع المنسوب وغمر المباني والمزارع ويؤدي إلى حجز كميات كبيرة من المياه وإحداث انجراف كبير وخسائر أثناء حدوث الجريان السيلي.

## الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

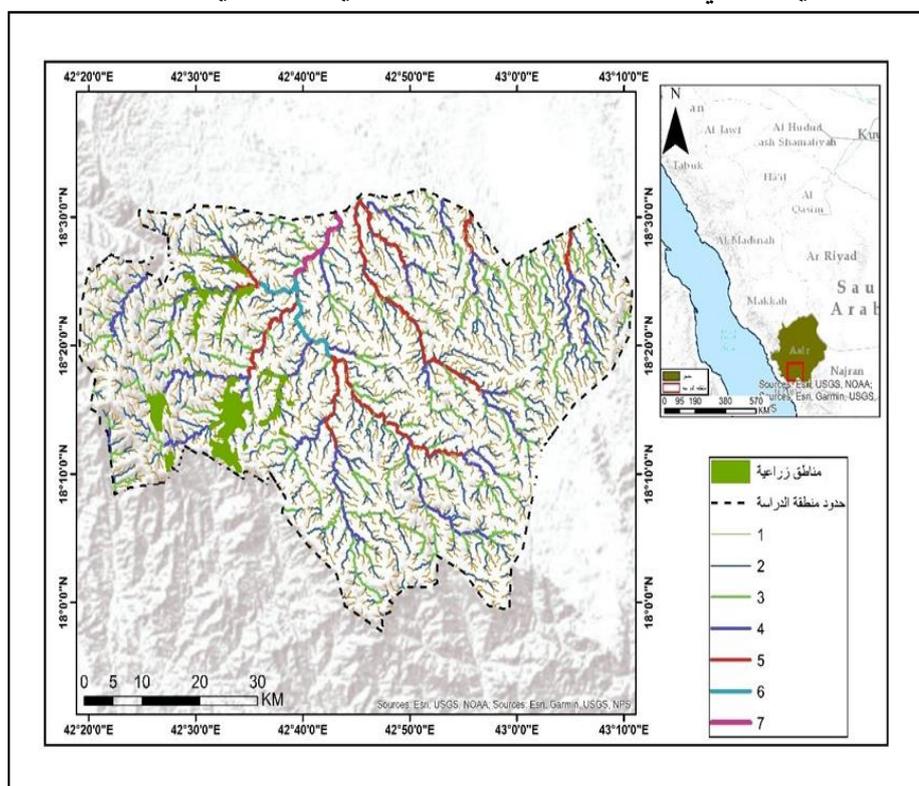
شكل (15) توزيع الكتلة العمرانية وعلاقتها بشبكة التصريف لأحواض أودية منطقة الدراسة.

### 2. تأثير السيول على الزراعة:

تنتشر الأراضي الزراعية في منطقة الدراسة بشكل واسع النطاق على ضفاف الأودية وفي مراوحها الفيضية إضافة إلى بطون ومخزات الأودية وجوانبها في قطاعات مختلفة، ويظهر أثر السيول في تجريف التربة الزراعية وإزالة التكوينات التي تغطي المجموع الجذري للأشجار وفقدان خصوبة التربة، وتعد الأراضي الزراعية الواقعة بالقرب وعلى مصاطب الأودية من أشد المناطق المتأثرة بعملية الانجراف المائي، بسبب شدة انحدار الحافات ومجاري الأودية. ويعمل الجريان السيلى على جرف العقوم التي تقوم على مجاري الأودية مما يعرض الأراضي الزراعية إلى حالة من الجفاف، وقد تستمر

عدة سنوات إلى أن يحدث جريان سيلى آخر، ويوضح شكل (16) الأراضي الزراعية وعلاقتها بشبكة التصريف لأحواض أودية منطقة الدراسة.

وقد يؤدى الجريان السيلى إلى تعرية السفوح مما يلحق أضرارًا كبيرة بالمدرجات الزراعية الأمر الذي يعرض الوضع الزراعي إلى أخطار كثيرة كانهجراف التربة، وردم حواجز المدرجات، كما يعمل الجريان السيلى على نقل كميات كبيرة من مفات التربة من أماكنها الأصلية إلى أماكن أخرى متفرقة مما يعرض الأراضي الزراعية للتعرية وتحدد التربة، مما يؤثر بشكل واضح على تغيير هذه الأراضي من تربة طينية إلى تربة رملية وحصوية كما في أغلب أودية منطقة الدراسة كوادي أبها ووادي بيثة.

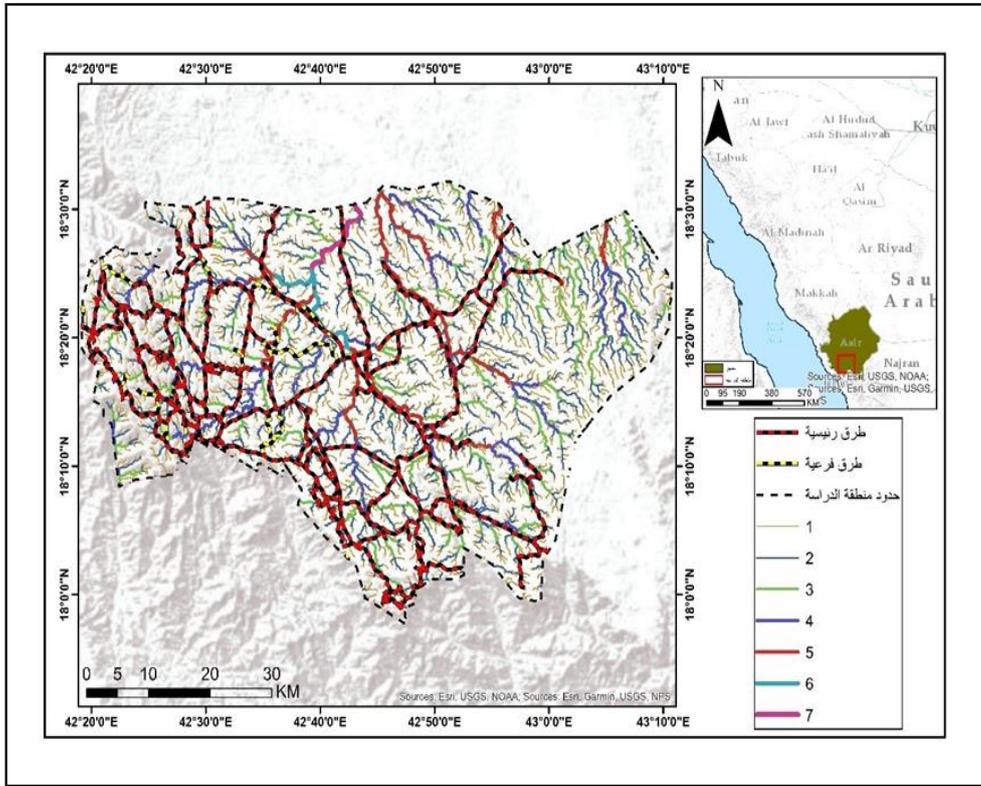


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

شكل (16) الأراضي الزراعية وعلاقتها بشبكة التصريف لأحواض أودية منطقة الدراسة.

تكمن مشكلة السيول على الطرق في أنها تحدث فجأة في كثير من الأحيان إضافة إلى أنه لا توجد كبار تربط بين ضفتي الوادي في كثير من أودية المنطقة مما يعرقل حركة النقل.

تعتبر الطرق الجبلية أكثر الطرق تعرضًا لأخطار الجريان السيلى، حيث إن كثيرًا ما ينقطع سكان المناطق الجبلية نتيجة لحدوث السيول وتساقط الصخور على الطرق. بالإضافة إلى ذلك يقوم الجريان السيلى بتغيير ملامح الطريق خاصة الطرق الترابية غير المعبدة. يؤدي رفع منسوب الطرق والكبار في مسارات السيول، خاصة في المناطق القريبة من مخارج الأودية إلى تكوين حاجز للسيل فيرتفع منسوب المياه في مجاري الأودية وتصل إلى القرى والمدن فتدمر المباني والمنشآت، ويوضح شكل (17) الطرق وعلاقتها بشبكة التصريف لأحواض أودية منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج (Arc GIS 10.3).

شكل (17) الطرق وعلاقتها بشبكة التصريف لأحواض أودية منطقة الدراسة.

1. إن شكل الأحواض يميل الاستطالة وبيتعد عن الشكل المستدير، ويتميز هذا الشكل بسرعة وصول الموجات الفيضانية من المنبع الى المصب وخطورتها، من حيث الجريان السطحي وإمكانية حدوث الجريان السيلى من خلاله في حالة سقوط الأمطار عليه حتى وإن كانت إعصاريه، وذلك بعكس أحواض الروافد الرئيسية به.
2. تم حساب صافي عمق الجريان السطحي السنوي (ملم) وحجم الجريان السنوي (ألف م<sup>3</sup>) بعد تحليل محطة أبها وخميس مشيط وبيشة المناخية وبعد تقدير معدل التساقط السنوي الذى بلغ نحو 228.5 ملم سنويًا على محطة أبها، و نحو 194.9 ملم سنويًا على محطة خميس مشيط، ونحو 84.5 ملم سنويًا على محطة بيشة، وبالاعتماد على هذا المعدل كمدخل في معدلات حساب صافى الجريان السطحي Q ، وحجم الجريان السنوي (م<sup>3</sup>) والتي تدخل كأهم معايير لتصنيف درجة خطورة الأحواض بمنطقة الدراسة.
3. قد بلغت أقصى درجة خطورة للأحواض المائية لمنطقة الدراسة نحو 3.33 درجة (مقياس من 1 إلى 5)، بينما تبلغ أقل درجة خطورة للأحواض المائية لمنطقة الدراسة نحو 1.77 درجة.
4. أثرت سرعة المياه وكميتها في تحديد حجم الفيضان للأحواض وحجم الآثار الناجمة عنه على استخدامات الأرض ومنها الاستخدام الزراعي، إلى جانب ذلك قد يصاحب انهيارات لبعض الطرقات والجسور بمنطقة الدراسة.
5. إن تقطع منطقة الدراسة بشبكة من الأودية والمسيلات كان له الأثر الواضح في عدم إمكانية مد طرق النقل بين أجزاء الحوض من الناحية الاقتصادية.
6. بالرغم من أهمية الأحواض المائية بمنطقة الدراسة، حيث تمثل المصدر المغذي للمياه الجوفية والسدود التي تعتمد عليه في مياه الشرب والزراعة، إلا أنه من جانب آخر يمثل مصدر خطر يهدد نمو الاتجاه العمراني بالمنطقة، حيث سجلت منطقة الدراسة أكبر

نسبة لتعرضها للسيول على مستوى المملكة العربية السعودية، وكان أثره على الاستخدام الزراعي والعمراني وشبكة الطرق.

#### التوصيات:

1. ضرورة توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية الطبيعية الجيومورفولوجية المتعلقة بالخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف الجافة في منطقة الدراسة ثم عسير بأكملها لما لها من نتائج دقيقة، وما توفره من جهد ووقت، والعمل على تحديث خرائط النظم الجغرافية لمخاطر الجريان السيلى بالمستجدات من المشروعات التي تنفذ والبيانات التي تستجد فيما يخص الجريان السيلى وأخطاره.
2. السعي لسرعة بناء وتأسيس محطات الرصد الهيدرومترية في منظومة متكاملة، وتصميمها في بيئة رقمية مرتبطة بنظم تقنية متطورة تتصل بمراكز المراقبة الرئيسية في وزارة البيئة والمياه والزراعة وغيرها من الوزارات والإدارات التي لها علاقة.
3. عمل سدود وحواجز ترابية ورملية وحصوية لحجز وتخزين مياه السيول والأمطار في بطون بعض الأودية الصغيرة وعلى بعض فروع الأودية الرئيسية وعلى الأحواض الكبيرة كالمجرى الأعلى للوادي (وادي أبها وبيشة، عتود)، للتقليل من خطر الفيضانات واستغلال مياهها في فترات الجفاف.
4. التوجه نحو زيادة مساحة أشجار (الغلب أو العريط والسدر) والمحافظة عليها ومنع الرعي الجائر للتخفيف من شدة التعرية المائية وتثبيت التربة.
5. ضرورة العمل على تكامل مخرجات الدراسة مع التوجهات العمرانية لمنطقة الدراسة بما يضمن الحفاظ على المواقع العمرانية التي ستخطط مستقبلاً من مجارى السيول والأودية، وتبني برامج توعية للمواطنين عن مخاطر الفيضانات وكيفية التعامل معها عند حدوثها.

1. الأحيدب، إبراهيم سليمان (1992)، توزيع الأمطار في جنوب غرب المملكة العربية السعودية، الرياض، جامعة الملك سعود.
2. الأيوبي، فضل محمد (2003)، الحوض الأدنى لوادي بيشة دراسة جغرافية، مجلة دار الملك عبد العزيز، العدد الرابع، جدة.
3. أبو سمور، حسن، وحامد الخطيب (1999)، جغرافية الموارد المائية، الطبعة الأولى، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.
4. القيشاوى، عاطف عبد الهادي(1991)، حوض وادي الطرفا، دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق.
5. الوليعى، عبد الله (1997)، تغييرات المناخ في المنطقة الجافة: دراسة حالة المملكة العربية السعودية، الكتاب الجغرافي السنوي، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، الرياض.
6. بوروبة، محمد فضيل (2007)، دراسة هيدرومورفومترية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية، سلسلة الإصدارات الخاصة، العدد (21)، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية، مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت، الكويت.
7. تيم، فيروز كامل محمد (2015)، حوض وادي زقلاب - دراسة جيومورفولوجية، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، الجامعة الإسلامية، غزة.
8. حبيب، بدرية محمد عمر (2005)، المناخ والحاجة إلى تكييف الهواء في وسط وجنوب غرب المملكة العربية السعودية، رسائل جغرافية، الجمعية الجغرافية الكويتية.

9. **خضر، محمود محمد (1997)**، الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادى النيل، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
10. **عاشور، محمود محمد (1986)**، طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد 15، القاهرة.
11. **كورجى، أر. جي. (1979)**، حوض التصريف كوحدة جيومورفولوجية أساسية، المدخل لدراسة العمليات الجيومورفولوجية ودراسات في الجيومورفولوجيا، ترجمة وفاق الخشاب، جامعة بغداد.
12. **سقا، عبد الحفيظ محمد (2004)**، الجغرافيا الطبيعية للمملكة العربية السعودية، دار كنوز المعرفة، جدة.
13. **سلامة، حسن رمضان (1980)**، التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، مجلة دراسات الجامعة الأردنية، المجلد 7، العدد 1.
14. **موسى، عواد حامد (2004)**، أخطار السيول في أحواض التصريف بمنطقة مرسى مطروح دراسة جيومورفولوجية، مجلة شعبة البحوث الجغرافية، مركز الخدمة للاستشارات البحثية واللغات ، كلية الآداب ، جامعة المنوفية، المجلد 1، الإصدار في عدد مارس.
15. **موسى، عواد حامد (2007)**، تقدير حجم الجريان السطحي في أحواض التصريف بمنطقة مرسى مطروح دراسة جيومورفولوجية، مجلة شعبة البحوث الجغرافية، مركز الخدمة للاستشارات البحثية واللغات ، كلية الآداب ، جامعة المنوفية، المجلد 1، الإصدار 1.

### الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

16. موسى، عواد حامد (2011)، السيول في منطقة الغردقة دراسة جيومورفولوجية، مجلة شعبة البحوث الجغرافية، مركز الخدمة للاستشارات البحثية واللغات، كلية الآداب، جامعة المنوفية، المجلد 1، الإصدار 1.

17. موسى، عواد حامد (2016)، السيول في منطقة القصور "دراسة جيومورفولوجية"، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنوفية، المجلد 1، الإصدار 23.

### المصادر:

- 1- الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة المملكة العربية السعودية (2018)، البيانات المناخية عن الفترة (1978 - 2017).
- 2- وزارة البترول والثروة المعدنية (1971)، الخريطة الجيولوجية، مقياس 1:100000.

### المراجع الاجنبية:

- 1- Chorley, R j, (1970) The application of statistical methods to geomorphology in: G. H. dury, essay in geomorphology heineman, education book LTD., London.
- 2- Gregory, K.J., and Walling, D.E., (1973) Drainage Basin Form Processes A Geomorphological Approach, London.
- 3- Horton, R.E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basin, hydrophysical Approach to quantitative morphology, Bull. Geol. Soci. Amer., Vol.56.
- 4- Schumm, S.A. (1954) The Relation of drainage basin relief to Sediment Loss, internal. Assoc. Sci. Hyd. Pub., Paper No. 36.
- 5- Schumm, S.A. (1956) Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Am. Bull.67.

- 6- **Sewidan, A.S. (2000)** Mophomet & Hazard, computer program of morphometric parameters and basins hazard degrees calculation, infiltration test calculation. Hydrology Department. Desert Research Center, Cairo, Egypt.
- 7- **Smith, K.G. (1950)** Standards for Grading Texture of Erosional topography, Amer. Jour. Sci., Vol.248, P.P. 655-668.
- 8- **Strahler, A. N., (1957)** Quantitative Analysis of watershed geomorphology, Amer. Geophys union trans, 38(6), p. 918.
- 9- **Strahler, A.N. (1964)** Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks; in a book of applied hydrology, edited by chow, V. T., McGraw-Hill, New York.
- 10- **Strahler, A. M. (1971)** Physical Geography, Wiley Eastern, New delh,3rd Ed.
- 11- **USDA-TR55. (1986)** Urban Hydrology for Small Watersheds, Department of Agriculture, USA.

الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

الملاحق:

ملحق (1) كمية المطر السنوي الساقطة على محطات الدراسة خلال الفترة من 1978-

2017

بيشة	خميس مشيط	أبها	المحطة السنة
93.6	216.4	188.9	1978
108.9	255.4	262.0	1979
28.8	191.4	193.6	1980
46.0	204.3	261.8	1981
144.5	160.3	420.3	1982
38.8	231.1	639.5	1983
46.4	78.8	121.2	1984
189.6	207.5	275.4	1985
43.6	122.7	251.9	1986
102.5	204.8	253.6	1987
39.8	126.0	153.7	1988
118.3	239.0	225.8	1989
92.9	254.6	463.3	1990
30.0	185.5	142.2	1991
180.4	337.0	372.3	1992
63.6	249.1	238.7	1993
61.0	147.0	90.9	1994
74.1	177.2	259.2	1995
134.1	234.2	238.1	1996
184.9	355.9	582.1	1997
130.2	275.0	412.4	1998
105.8	140.0	180.8	1999
52.5	121.7	122.3	2000
75.3	216.0	123.7	2001
42.0	106.3	148.5	2002
35.6	51.0	87.5	2003
71.9	237.6	150.2	2004
97.6	140.1	233.3	2005
85.9	161.2	182.6	2006

د / منا محمد عصام العسال

بيشة	خميس مشيط	أبها	المحطة السنة
46.3	203.1	123.3	<b>2007</b>
41.1	94.7	96.3	<b>2008</b>
24.0	34.1	84.8	<b>2009</b>
43.3	246.6	184.9	<b>2010</b>
39.5	130.1	163.9	<b>2011</b>
69.3	104.2	104.3	<b>2012</b>
192.0	114.0	263.8	<b>2013</b>
22.7	58.3	113.7	<b>2014</b>
36.2	17.9	108.3	<b>2015</b>
190.0	99.6	368.6	<b>2016</b>
52.4	278.1	247.0	<b>2017</b>

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادًا على البيانات المناخية التابعة للهيئة العامة للأرصاد  
وحماية البيئة، المملكة العربية السعودية.

الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية

ملحق (2) أبعاد أحواض التصريف بمنطقة الدراسة

رقم الوض	المساحة (كج)	المنحيط (كج)	أقل ارتفاع	أعلى ارتفاع	تعدد الوض	متوسط الارتفاع	متوسط المنحيط الارض	عدد المنحوي المنقبة	أقل طول للمحوي (د)	أكثر طول للمحوي (د)	متوسط طول المحوي (د)	عرض الوض (كج)	مجموع أطوال المحوي (د)
103177	76.3	68.9	1913	2105	192	1997.7	3.7	107	43	12565	964	3.38	103177
43991	30.1	35.1	1912	2062	150	1959.7	3.9	38	30	9055	1158	0.90	43991
18716	13.3	23.7	1946	2006	60	1969.9	1.8	22	108	2882	851	1.79	18716
81253	59.4	60.1	1874	2046	172	1948.7	3.2	75	46	9505	1083	3.02	81253
152188	103.9	70.9	1984	2262	278	2078.3	4.7	121	65	9489	1258	4.52	152188
56133	43.2	52.6	1859	2096	237	1940.7	5.2	55	65	15117	1021	1.23	56133
51710	36.9	47.4	1869	2071	202	1975.8	5.6	41	65	6640	1261	2.31	51710
28201	18.3	26.2	1962	2079	117	1997.8	2.8	27	65	6051	1044	2.31	28201
24702	17.8	29.3	1971	2298	327	2020.2	3.9	29	65	3176	852	1.98	24702
44663	31.9	34.6	1944	2082	138	2010.7	3.9	45	65	4747	993	2.96	44663
26972	17.5	47.0	1949	2048	99	1992.6	1.7	17	65	12696	1587	0.42	26972
60753	38.4	54.9	1950	2292	342	2029.8	3.5	46	46	8202	1321	2.05	60753
73334	45.3	53.3	1939	2107	168	2014.6	2.0	41	65	11901	1789	2.23	73334
34766	25.7	34.6	1936	2028	92	1979.5	2.8	43	46	5367	809	2.92	34766
33453	26.8	37.4	1937	2040	103	1996.5	3.2	32	46	4648	1045	2.30	33453
44502	30.5	44.9	1955	2313	358	2069.4	8.0	39	22	9576	1141	2.15	44502
69243	48.9	61.7	1934	2138	204	2034.6	4.5	62	65	9485	1117	2.45	69243
35600	26.3	38.7	2021	2393	372	2115.3	6.3	47	65	5107	757	2.11	35600
36910	24.4	41.8	2022	2335	313	2102.7	5.1	33	65	5615	1118	1.69	36910
162783	121.5	75.4	1742	2904	1162	2506.8	10.8	171	65	12068	952	4.86	162783
128116	87.1	71.5	1956	2168	212	2051.2	2.8	94	46	11178	1363	3.60	128116
72722	48.6	68.3	1953	2192	239	2046.6	3.5	58	46	13932	1254	2.01	72722
264895	191.5	110.3	1987	2812	825	2217.0	7.5	238	46	29966	1113	5.24	264895
57598	42.6	56.4	1973	2075	102	2027.1	2.6	60	65	10801	960	2.48	57598
119973	77.0	79.3	1962	2220	258	2080.3	2.9	93	65	22073	1290	2.70	119973
39454	27.6	42.2	1990	2081	91	2038.2	2.4	39	65	9776	1012	2.03	39454
342830	224.0	157.6	1863	2183	320	2023.8	3.7	287	43	69585	1195	3.37	342830
156716	116.9	97.8	2054	2983	929	2430.6	9.5	143	43	28053	1096	3.34	156716
27536	18.4	28.9	2026	2096	70	2059.5	2.3	30	65	3396	918	2.53	27536
72632	53.1	60.3	2004	2253	249	2089.7	4.6	62	46	9698	1171	2.80	72632
113340	71.5	91.6	1996	2620	624	2157.9	4.2	84	43	21660	1349	2.14	113340
95202	63.6	65.9	2078	2369	291	2165.5	3.0	78	46	8332	1221	2.93	95202
23137	17.1	30.4	2091	2256	165	2154.9	4.2	26	65	3963	890	1.94	23137
134773	94.9	72.9	1963	2229	266	2061.3	3.6	114	46	13221	1182	4.03	134773
121017	84.0	85.7	2010	2647	637	2178.9	5.9	102	43	19067	1186	2.87	121017
237571	173.4	117.0	2053	2962	909	2323.7	7.9	220	43	25384	1080	4.57	237571
744608	527.5	354.0	1868	2393	525	2037.0	4.1	661	43	52155	1126	8.04	744608
23815	18.3	36.6	2067	2295	228	2180.0	6.1	25	43	4661	953	1.51	23815
150399	111.0	84.5	2015	2325	310	2135.9	4.2	128	43	15617	1175	4.34	150399
72871	50.2	50.7	2100	2334	234	2221.7	4.2	69	65	8599	1056	2.79	72871
118034	81.8	83.8	2027	2509	482	2203.9	4.0	99	46	18304	1192	2.63	118034
45438	33.7	55.0	2078	2503	425	2253.2	8.6	40	65	10473	1136	2.00	45438
317510	236.9	139.1	2094	2722	628	2310.9	5.2	321	43	11697	989	5.59	317510
155711	109.0	75.3	2078	2372	294	2245.3	5.9	146	46	14972	1067	4.60	155711
190566	141.7	105.2	2100	2488	388	2283.2	5.8	185	30	25562	1030	4.06	190566
243656	177.2	105.3	2024	2582	558	2242.4	5.4	216	65	18385	1128	5.16	243656

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج WMS 8.3.

## ملحق (3) قيم المعاملات المورفومترية لشكل مجاري وأحواض التصريف بمنطقة الدراسة

رقم الخوض	تكرار المجاري (مجموعياً)	كثافة التصريف	درجة انحدار الروافد	معدل بقاء المجري	متوسط مؤشر التعرج	معامل الاستدارة	معامل الاستطالة	معامل الشكل
1	1.82	1.35	2.40	0.74	1.13	0.34	0.22	0.15
2	1.73	1.46	2.18	0.68	1.13	0.31	0.09	0.03
3	2.18	1.41	1.35	0.71	1.12	0.30	0.28	0.24
4	1.57	1.37	1.90	0.73	1.12	0.21	0.22	0.15
5	1.43	1.46	3.08	0.68	1.15	0.26	0.25	0.20
6	1.69	1.30	2.76	0.77	1.11	0.20	0.11	0.04
7	1.46	1.40	2.92	0.71	1.12	0.21	0.21	0.15
8	1.75	1.54	1.49	0.65	1.14	0.33	0.31	0.29
9	2.30	1.38	2.18	0.72	1.12	0.26	0.26	0.22
10	1.94	1.40	1.88	0.71	1.12	0.33	0.30	0.28
11	1.26	1.54	1.49	0.65	1.11	0.10	0.06	0.01
12	1.64	1.58	2.34	0.63	1.13	0.16	0.19	0.11
13	1.17	1.62	1.68	0.62	1.15	0.20	0.19	0.11
14	2.34	1.36	2.20	0.74	1.10	0.27	0.32	0.33
15	1.68	1.25	2.04	0.80	1.12	0.24	0.25	0.20
16	1.71	1.46	4.49	0.68	1.14	0.19	0.22	0.15
17	1.64	1.42	2.66	0.71	1.13	0.16	0.20	0.12
18	2.54	1.35	3.55	0.74	1.11	0.22	0.23	0.17
19	1.89	1.51	2.28	0.66	1.13	0.18	0.19	0.12
20	1.91	1.34	4.99	0.75	1.11	0.27	0.25	0.19
21	1.42	1.47	1.79	0.68	1.13	0.21	0.22	0.15
22	1.54	1.50	1.77	0.67	1.15	0.13	0.16	0.08
23	1.58	1.38	3.75	0.72	1.14	0.20	0.21	0.14
24	1.90	1.35	2.08	0.74	1.11	0.17	0.21	0.14
25	1.52	1.56	1.63	0.64	1.15	0.15	0.17	0.09
26	1.85	1.43	1.82	0.70	1.11	0.19	0.22	0.15
27	1.61	1.53	2.20	0.65	1.13	0.11	0.13	0.05
28	1.52	1.34	5.09	0.75	1.13	0.15	0.17	0.10
29	2.33	1.49	1.96	0.67	1.10	0.28	0.33	0.35
30	1.58	1.37	2.54	0.73	1.14	0.18	0.22	0.15
31	1.54	1.58	2.41	0.63	1.13	0.11	0.14	0.06
32	1.62	1.50	1.97	0.67	1.13	0.18	0.21	0.13
33	2.16	1.35	1.68	0.74	1.10	0.23	0.26	0.22
34	1.52	1.42	2.02	0.70	1.12	0.22	0.23	0.17
35	1.49	1.44	3.43	0.69	1.13	0.14	0.18	0.10
36	1.57	1.37	4.16	0.73	1.13	0.16	0.20	0.12
37	1.60	1.41	2.44	0.71	1.13	0.05	0.20	0.12
38	2.08	1.30	3.11	0.77	1.10	0.17	0.20	0.12
39	1.45	1.36	2.32	0.74	1.14	0.20	0.23	0.17
40	1.79	1.45	2.02	0.69	1.16	0.25	0.22	0.15
41	1.54	1.44	2.15	0.69	1.12	0.15	0.16	0.08
42	1.63	1.35	4.04	0.74	1.12	0.14	0.19	0.12
43	1.78	1.34	3.09	0.75	1.12	0.15	0.20	0.13
44	1.74	1.43	3.15	0.70	1.14	0.24	0.25	0.19
45	1.64	1.35	3.64	0.74	1.14	0.16	0.19	0.12
46	1.51	1.38	2.77	0.73	1.12	0.20	0.22	0.15

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج 8.3 WMS.

**الجريان السيلبي وأخطاره في ابها الحضرية**  
**ملحق (4) المتغيرات الجيومورفولوجية والمورفوهيدرولوجية لمجري وأحواض التصريف**  
**بمنطقة الدراسة.**

رقم الحوض	التضاريس القصوى	معدل التضرس	زمن التباطؤ (دقيقة)	زمن تركيز الحوض (ساعة)	سرعة جريان المياه كم/ ساعة
1	192	8.49	0.31	0.51	44.12
2	150	4.51	0.75	1.25	26.62
3	60	8.07	0.23	0.39	19.12
4	172	8.76	0.29	0.48	40.88
5	278	12.10	0.26	0.43	53.15
6	237	6.75	0.43	0.72	48.86
7	202	12.67	0.18	0.30	52.95
8	117	14.78	0.22	0.37	21.59
9	327	36.31	0.13	0.22	41.07
10	138	12.82	0.22	0.37	28.81
11	99	2.36	0.72	1.20	35.00
12	342	18.30	0.14	0.23	79.95
13	168	8.27	0.32	0.54	37.78
14	92	10.45	0.19	0.31	28.44
15	103	8.84	0.21	0.34	34.09
16	358	25.26	0.09	0.15	95.42
17	204	10.21	0.25	0.42	48.13
18	372	29.84	0.11	0.19	66.95
19	313	21.72	0.16	0.27	54.33
20	1162	46.47	0.05	0.09	284.17
21	212	8.78	0.30	0.51	47.51
22	239	9.87	0.25	0.42	57.50
23	825	22.57	0.15	0.25	145.47
24	102	5.95	0.35	0.58	29.50
25	258	9.04	0.33	0.55	52.31
26	91	6.69	0.27	0.45	29.89
27	320	4.82	0.52	0.87	76.73
28	929	26.50	0.09	0.16	225.07
29	70	9.62	0.21	0.35	20.54
30	249	13.13	0.20	0.34	55.99
31	624	18.70	0.20	0.33	101.22
32	291	13.39	0.19	0.32	67.17
33	165	18.69	0.12	0.21	42.65
34	266	11.28	0.24	0.40	58.49
35	637	21.80	0.17	0.28	104.98
36	909	23.95	0.12	0.20	191.42
37	525	8.00	0.57	0.95	68.72
38	228	18.81	0.08	0.13	93.48
39	310	12.13	0.26	0.43	59.29
40	234	13.00	0.17	0.29	61.88
41	482	15.49	0.16	0.27	113.47
42	425	25.24	0.07	0.11	147.96
43	628	14.82	0.26	0.43	98.76
44	294	12.40	0.21	0.35	67.36
45	388	11.12	0.24	0.40	87.04
46	558	16.25	0.17	0.28	122.09

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج 8.3 WMS.

## ملحق (5) تقدير صافي عمق الجريان السطحي السنوي وحجم الجريان السنوي.

رقم الحوض	CN	S	La	صافي الجريان السطحي Q	مجموع الجريان (3م 1000)
1	92.29	21.22	4.24	160.58	12253.87
2	91.65	23.13	4.63	158.68	4777.81
3	91.00	25.12	5.02	156.75	2083.14
4	92.10	21.80	4.36	160.00	9498.39
5	88.04	34.49	6.90	148.04	15382.82
6	92.49	20.63	4.13	161.17	6962.28
7	93.04	19.01	3.80	162.81	6009.31
8	91.00	25.12	5.02	156.75	2872.54
9	91.42	23.84	4.77	157.99	2818.60
10	92.24	21.38	4.28	160.42	5115.64
11	91.00	25.12	5.02	156.75	2737.13
12	92.95	19.26	3.85	162.55	6239.47
13	91.00	25.12	5.02	156.75	7101.01
14	90.92	25.35	5.07	156.52	4015.63
15	90.95	25.27	5.05	156.61	4204.08
16	94.54	14.67	2.93	167.30	5096.38
17	92.63	20.21	4.04	161.59	7896.86
18	92.36	21.00	4.20	160.80	4233.51
19	94.93	13.56	2.71	168.47	4104.96
20	89.23	30.67	6.13	151.51	18414.97
21	92.20	21.50	4.30	160.30	13956.36
22	91.36	24.02	4.80	157.82	7664.87
23	88.46	33.13	6.63	149.26	28584.28
24	90.14	27.79	5.56	154.20	6562.52
25	91.49	23.64	4.73	158.19	12180.80
26	89.12	31.00	6.20	151.21	4179.12
27	91.80	22.69	4.54	159.12	35642.59
28	90.71	26.01	5.20	155.90	18230.45
29	90.45	26.81	5.36	155.13	2861.34
30	91.66	23.10	4.62	158.72	8434.70
31	92.09	21.82	4.36	159.98	11441.85
32	92.95	19.26	3.85	162.55	10336.99
33	91.70	23.00	4.60	158.82	2723.00
34	90.35	27.13	5.43	154.82	14696.20
35	91.59	23.31	4.66	158.51	13313.27
36	89.63	29.39	5.88	152.70	26480.17
37	91.06	24.93	4.99	156.93	82784.16
38	92.84	19.59	3.92	162.22	2968.12
39	87.54	36.15	7.23	146.56	16267.37
40	91.14	24.71	4.94	157.15	7882.65
41	89.87	28.64	5.73	153.40	12554.87
42	90.99	25.16	5.03	156.71	5282.58
43	93.07	18.92	3.78	162.90	38595.75
44	90.94	25.29	5.06	156.58	17074.86
45	92.46	20.72	4.14	161.07	22818.06
46	90.69	26.06	5.21	155.85	27614.89

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نماذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة برنامج

(Arc GIS 10.3) و برنامج 8.3 WMS.

الجريان السيلى وأخطاره في ابها الحضرية  
ملحق (6) المعايير المأخوذة في الاعتبار لرسم خريطة المخاطر السيلية بمنطقة الدراسة  
واوزنها النسبية.

الوزن	المعيار
20.00	حجم الجريان السنوي (1000 م3)
15.00	صافي عمق الجريان السطحي السنوي
10.00	زمن التباطؤ (دقيقة)
10.00	زمن تركيز الحوض (ساعة)
10.00	سرعة المياه كم/ ساعة
5.00	درجة انحدار الروافد
5.00	كثافة التصريف
5.00	متوسط مؤشر التعرج
2.50	تكرار المجاري
2.50	معدل بقاء المجرى
2.50	المساحة (كم2)
2.50	معامل الاستدارة
2.50	معامل الاستطالة
2.50	معامل الشكل
2.50	التضاريس القصوى
2.50	معدل التضرس
100	المجموع

المصدر: من عمل الباحثة

## ملحق (7) درجات خطورة أحواض منطقة الدراسة

رقم الحوض	مقياس الخطورة
1	2.38
2	2.54
3	1.94
4	2.15
5	2.09
6	2.25
7	2.15
8	2.05
9	2.02
10	2.11
11	2.33
12	2.19
13	2.16
14	1.94
15	1.90
16	2.45
17	2.21
18	2.15
19	2.31
20	2.47
21	2.28
22	2.13
23	2.31
24	1.96
25	2.29
26	1.77
27	2.77
28	2.45
29	1.94
30	2.14
31	2.27
32	2.23
33	1.86
34	2.08
35	2.25
36	2.41
37	3.33
38	2.00
39	1.95
40	2.13
41	1.98
42	2.05
43	2.72
44	2.29
45	2.48
46	2.31

المصدر: من عمل الباحثة