

## تحديد المناطق المعرضة للفيضانات في مدينة العقبة باستخدام الجغرافية الحديثة

سظام سالم الشقور\*

### ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على آلية حدوث الفيضانات في مدينة العقبة، وإنتاج خريطة للأماكن المعرضة للفيضانات في حال هطول أمطار بكثافة وديمومة عالية من خلال النمذجة الرقمية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وقد تم الحصول على البيانات المكانية من نموذج الارتفاعات الرقمية للقمر الصناعي ASTR بدقة مكانية 30م. وبينت الخريطة المنتجة أن نحو 15% من مساحة منطقة الدراسة تقع تحت خطر الفيضانات والسيول؛ بسبب وجود حوض صخري مرتفع يطل على العقبة من الشرق، تتجمع فيه مياه الأمطار ثم تجري من خلاله الروافد التي تتحدّر مصباتها باتجاه العقبة غرباً بشكل سريع؛ بسبب ضيق مقاطع الأودية وتلاقي روافد الأودية عند دخولها المدينة.

**الكلمات الدالة:** وادي اليتم، الجيومورفولوجيا، الهيدرولوجيا، التقنيات الفضائية والجغرافية.

\* قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة مؤتة.

تاريخ قبول البحث: 2021/10/12 م.

تاريخ تقديم البحث: 2019/12/2.

© جميع حقوق النشر محفوظة لجامعة مؤتة، الكرك، المملكة الأردنية الهاشمية، 2023 م.

## Determining the Flood-Prone Areas in the City of Aqaba Using Modern Geography

Sattam Salem Alshogoor\*

[sattamahaeda@yahoo.com](mailto:sattamahaeda@yahoo.com)

### Abstract

This study is a scientific approach to identify the occurrence mechanism of floods and flash floods in Aqaba city, by creating a function map for the major places that are prone to floods and torrential rains in the season of heavy rain, so that the main object of the study is creating a production map of flooding areas, which has already been produced through digital modeling of factors affecting data of flood using GIS, the spatial and geo-spatial data have been collected from elevation digital image of ASTER satellite with ground resolution around 10 meters.

The map function showed that there are about 15% of the study area is under the threat of floods, based on geomorphological, hydrological data the natural causes of flooding have been addressed for the study area, where it was noted that the eastern highlands of Aqaba city which considered geomorphologically as Basin rocky collected rainwater, in which about tributary valleys that branches estuaries toward Gulf Aqaba. When heavy rains occur, the water starts to mix with sand and valleys sediment and it became highly saturated, and therefore began to move across the valleys to west direction of Aqaba city.

**Keywords:** Wadi Al- Yatem, geomorphology, hydrology, space and geographical techniques.

---

\* Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Mutah University .

Received: 2/12/2019.

Accepted: 12/10/2021.

© All rights reserved to Mutah University, Karak, The Hashemite Kingdom of Jordan, 2023

## المقدمة:

تمثل الأمطار أهم مصادر الفيضانات، ويفقد كميات من هذه المياه بفعل التسرب خلال طبقات الأرض المنفذة للمياه، أو التبخر، أو الامتصاص عن طريق النباتات، أما الكمية المتبقية من المياه فإنها تغذي المجاري النهرية، وعندما لا يحدث هذه الفقد، بوساطة العوامل الطبيعية المختلفة، وتراكم الكتل المائية في المجاري النهرية، بصورة لا تتحملها القنوات أو المجاري المائية، فإنها تكون الفيضان.

وتشكل الفيضانات تهديداً مباشراً للسكان والممتلكات العامة نتيجة الهطولات المطرية في أعالي الأودية التي تزيد إيراداتها المائية ما يفوق طاقتها التصريفية فتخرج المياه من مجاريها وتسبب غمر مساحات واسعة من الأرض؛ وباختلاف العوامل والأسباب المحدثة للفيضان، فإنه من أهم الاخطار الطبيعية المباغته، سواء كان على مستوى المجال الحضري أم الريفي، لذا لقيت هذه الظاهرة عناية واهتمام من طرف الباحثين لفهم العوامل المسببة لها، وبالتالي اتخاذ الإجراءات والتدخلات الناجحة للتخفيف من حدتها والتقليل من الأضرار التي تخلفها (Xiao, 1999).

ويعد وادي اليتم المصدر الأساسي لفيضانات مدينة العقبة، إذ ينتهي من الناحية الجيومورفولوجية بوجود منخفض العقبة، ومن الناحية الهيدرولوجية فإن له قدرة كبيرة على تجميع المياه، ويتميز المقطع العرضي للوادي بمساحة كبيرة تصل إلى عدة كيلو مترات لتزيد نقطة اتساعه على مشارف موقع المدينة لينتج عنه شكل مروحة ترسيب باتجاه المدينة، إلى جانب أن الوادي يتغذى بالمياه من تشعبات متصلة من الناحية الشرقية والجنوبية الشرقية . وقد أدى جريان مياه الأمطار في هذه الأودية لحدوث فيضانات نتج عنها تدمير للطرق وتحطيم السيارات وتعطيل حركة السير .

وتُشكّل الفيضانات والسيول خطراً حقيقياً في مدينة العقبة تحدث في كل عام تقريباً في نفس الموقع بدون وجود حلول ناجعة تحول دون تكرار المشكلة، وأودت حوادث السيول والفيضانات في العقبة بحياة أشخاص أبرياء، وتضررت من خلالها الكثير من الممتلكات العامة والخاصة.

## مشكلة الدراسة:

شهدت مدينة العقبة أحداثاً متوالية من الفيضانات، حيث يقطعها وادي اليتم، الذي يدفع بكميات هائلة من السيول في كل فيضان، ومما يزيد من خطورتها الانحدار الشديد لسفوح الأودية

المنحدرة في حوض الوادي الذي يعد من حيث المساحة والطول وخصائص الجريان السطحي من أكثر أودية الأردن نشاطاً؛ الأمر الذي نتج عنه الكثير من الآثار البيئية السلبية، من غمر للمنازل وتدمير للأنشطة البشرية المختلفة، وأن هناك احتمال تكرر الفيضانات التي تتعرض لها مدينة العقبة مستقبلاً، خصوصاً مع بروز مؤشرات تغيرات مناخية جديدة في المنطقة، مما يتطلب وضع خريطة دالة على الأماكن المعرضة للفيضانات والسيول في حال تكرر حدوث أمطار وبذروة عالية، ومن هنا جاءت هذه الدراسة للتعرف على الحقائق المتعلقة بحدوث الفيضانات والسيول في المنطقة، وديناميكية حدوثها والعوامل التي أثرت في ذلك، وتحديد المناطق المعرضة لها.

### أهمية الدراسة:

تأتي أهمية هذه الدراسة في ظل ما تشهده مدينة العقبة من تسارع في مختلف جوانب التنمية الاقتصادية والصناعية والاجتماعية والعمرانية، مما يستوجب تحديد المخاطر التي قد تتعرض لها لاسيما مخاطر السيول والفيضانات، والعمل على الحد من تأثيراتها البيئية والتقليل من الخسائر التي تنجم عنها، وذلك بتحديد المناطق المهددة بها ووضع الخرائط المناسبة لها، وتعتبر هذه الدراسة ذات أهمية كبيرة كونها تفيده في التخطيط المسبق لمناطق النمو والتوسع العمراني إذ تتناول التحليل المكاني للمناطق المهددة بالسيول والفيضانات في مدينة العقبة لمساعدة المخططين في التخطيط العمراني لتفادي المخاطر الناجمة عن تدفق مياه السيول والفيضانات في المناطق العمرانية، والقابلة للنمو العمراني مستقبلاً، ويعد إنجاز خريطة لتحديد المناطق الأكثر عرضة لمخاطر الفيضانات في العقبة ضرورة هامة بالنسبة لقطاع الموارد المائية وكذلك بالنسبة لقطاع الآلات المختلفة.

### أهداف الدراسة:

1. التعرف على الأسباب المباشرة وغير المباشرة التي تؤدي إلى سرعة جريان المياه والسيول باتجاه العقبة.
2. تصنيف التربة في منطقة الدراسة هيدرولوجياً وفقاً لمقدرتها على تسريب المياه.
3. إنتاج خريطة تبيين المناطق المعرضة لخطر الفيضانات في مدينة العقبة.

### أسباب اختيار الموضوع:

1. يعد وادي اليتيم أكبر أودية منطقة العقبة وأعظمها جرياناً، وأشدّها خطراً على السكان والعمران.

2. تقع مدينة العقبة في منطقة تجمع السيول القادمة من جبال في الشمال الشرقي والمتجهة إلى الجنوب الغربي صوب البحر الأحمر مما جعلها عرضة لمخاطر السيول المدمرة.
3. بدأت مشكلة مخاطر السيول في مدينة العقبة تزداد حدة وقسوة سنة تلو أخرى، مما أدى إلى ارتفاع وزيادة الأضرار الناجمة عنها.

### منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي القائم على أسلوب التحليل الكمي للمعطيات الكمية والوصفية بالاعتماد على التقنيات الجغرافية الحديثة الممثلة في الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وذلك عن طريق المعالجة الرقمية لهذه البيانات وإنتاج خريطة تحدد المناطق المعرضة للفيضان في مدينة العقبة، وقد مرت الدراسة بالمراحل التالية:

### أولاً- مرحلة جمع البيانات

حصلت الدراسة على البيانات من خلال المصادر التالية:

1. تم الحصول على مرئية فضائية من سلسلة القمر الصناعي (8- Land sat) بدقة مكانية 30م من خلال الموقع الإلكتروني لهيئة المساحة العسكرية الأمريكية USGS.
2. تم الحصول على نموذج للارتفاعات الرقمية بدقة مكانية بلغت 30 متراً حيث أمكن من خلاله إنشاء خريطة لتضاريس منطقة الدراسة، واستخلاص شبكة التصريف السطحي لأودية الحوض، وحساب بعض المؤشرات الهيدرولوجية الخاصة بالكشف عن أخطار السيول في منطقة الدراسة، كحساب زمن التركيز، وسرعة الجريان السطحي، ومؤشر البلب الطوبوغرافي TWI .
3. تم الحصول على خرائط رقمية طبوغرافية لمنطقة الدراسة من سلطة المصادر الطبيعية، وخريطة رقمية لشبكة الطرق في مدينة العقبة صادرة عن المنطقة الاقتصادية.
4. تم الحصول على بيانات عن تطور أعداد سكان مدينة العقبة، من دائرة الإحصاءات العامة.
5. تم الحصول على بيانات مناخية لمنطقة الدراسة من دائرة الأرصاد الجوية ووزارة المياه.
6. تم الاعتماد على تقارير الدفاع المدني حول الحوادث المسجلة للسيول في منطقة الدراسة مزودة بخرائط رقمية لأماكن تجمع السيول من مديرية الدفاع المدني.

## ثانياً- طرق و أساليب معالجة البيانات الرقمية و إعداد قواعد البيانات

تمت مراحل إعداد البيانات ومعالجتها في هذه الدراسة على النحو التالي:

1. تم تصحيح المرئية الفضائية هندسياً من خلال توقيع 20 نقطة أرضية تقع على تقاطع الطرق الرئيسية والفرعية باستخدام برنامج ERDAS ، ثم تم تحديد منطقة الدراسة للتعرف على التوزيع المكاني للمناطق التي تتعرض للفيضانات في منطقة الدراسة، وبعد ذلك تم إجراء عمليات تحسين للصورة بالمعالجة الرقمية.
2. تم اقتطاع منطقة الدراسة من نموذج الارتفاعات الرقمية بواسطة برنامج Global Mapper ثم أجري التحليل الهيدرولوجي باستخدام برنامج Arc GIS لتحديد الأحواض ومخارجها، واستخراج شبكة التصريف المائي.
3. تم إعداد خريطة المجموعات الهيدرولوجية للتربة HSG بالاعتماد على لوحة منطقة الدراسة من الخريطة العامة للتربة وبيانات القمر الأمريكي إيكونس لعام 2010.
4. تم استخراج ثلاثة مؤشرات هيدرولوجية وهي:

أ- سرعة الجريان السطحي: Runoff Velocity وذلك بتطبيق المعادلة التالية (Al-Baroudi, 2012)

$$V = \frac{LM}{3.6 Tc (s)} \quad (1) \quad \dots$$

حيث أن:

$V$ : سرعة الجريان السطحي (م/ث)

$LM$ : طول المجرى الرئيسي بـ (م).

$Tc (s)$ : زمن التركيز بالثواني

ب- زمن التركيز : Time of Concentration وذلك بتطبيق المعادلة التالية:

$$Tc = 76.3 \sqrt{\frac{S}{i}} \quad (2) \quad \dots$$

$Tc$ : زمن التركيز بالدقائق

$S$ : مساحة حوض التغذية (كم<sup>2</sup>)

$i$ : معدل الانحدار (%)

## ب- مؤشر الرطوبة الطبوغرافي Topographic Wetness Index

تم حساب مؤشر البلل الطبوغرافي من خلال برنامج TauDEM في برنامج Arc GIS ، ثم أجري إعادة تصنيف للطبقة الناتجة باستخدام وظائف التحليل المكاني Spatial Analyst . ومن أجل تقدير كمية الهطول المساحي اعتمدت الدراسة طريقة مزلع ثيسين من خلال تحويل البيانات النقطية للمحطات المطرية إلى بيانات مساحية تمثل كمية الهطول Rainfall.

وتتميز طريقة ثيسين بأنها تعطي وزناً لكل المحطات، كما يمكن الاستفادة من محطات القياس خارج الحوض، ويستخرج معدل ثيسين Thiessen Average Method حسب المعادلة التالية:

$$\bar{P} = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)} = \frac{\sum_{i=1}^M P_iA_i}{A} = \sum_{i=1}^M P_i \frac{A_i}{A} \quad \dots \quad (3)$$

وقد تم توقيع المحطات المناخية باستخدام Arc MAP10.3، وتم إقامة المضلعات على الطبقة في منتصف المسافة بين كل محطتين، وتم حساب مساحة كل منطقة، وبالاعتماد على برنامج SMADA تم استخراج التوزيع الاحتمالي وبناء فترات الرجوع للتصريف المائي اليومي، واستخدام التوزيع Log Pearson Type III لاستخلاص فترات الرجوع المحتملة.

5- تم رسم الخرائط الموضوعية للمناطق المعرضة للفيضان وذلك بالحصول على قياسات رقمية دقيقة، ومن خلالها تمت دراسة كل العناصر الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للمنطقة، إضافة إلى الخصائص الطبيعية الأخرى ذات الصلة بموضوع الفيضانات والسيول. وقسمت الدراسة تبعاً للأحواض المائية الموجودة فيها ليتم التحليل المورفومتري ضمن أنظمة هيدرولوجية مستقلة. وعليه تم تحديد 3 أحواض مائية ذات الأبعاد المختلفة، تلقي مصباتها مباشرة باتجاه العقبة.

منطقة الدراسة:

الموقع والحدود

تقع مدينة العقبة في الجزء الجنوبي من المملكة الأردنية الهاشمية شكل (1)، وتمتد شواطئها بطول يبلغ حوالي 27 كم على خليج العقبة، وفلجيا تقع بين خطي طول 34.9° و 35° شرقاً، وبين دائرتي عرض 29.05° و 29.58° شمالاً، واكتسبت أهميتها من موقعها الاستراتيجي على رأس خليج

العقبة في البحر الأحمر، مما جعلها حلقة وصل بين قارتي آسيا وأفريقيا فضلاً عن موقعها الحدودي مع دول الجوار الجغرافي مصر وفلسطين والسعودية.



شكل (1) خارطة منطقة الدراسة

### الخصائص الطبوغرافية:

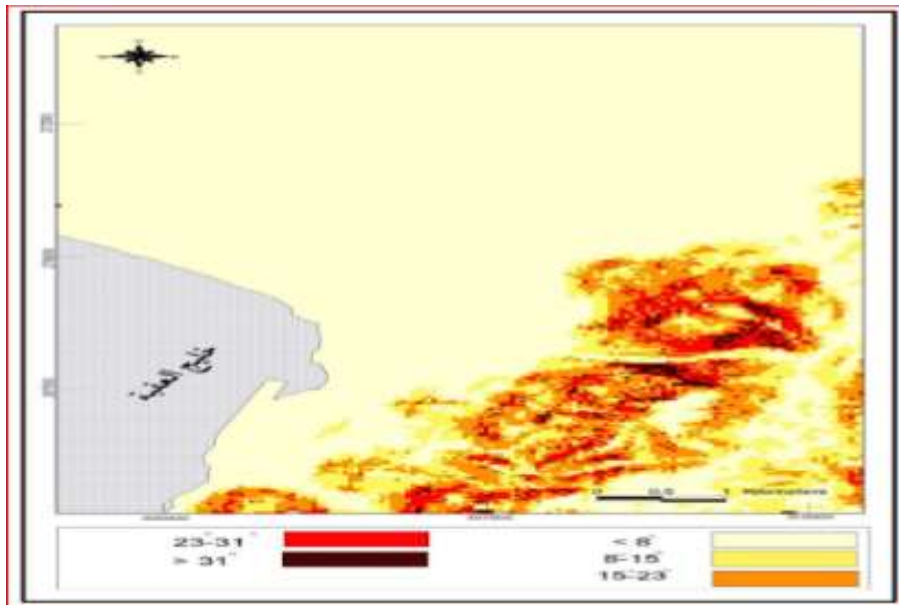
يتكون سطح منطقة الدراسة من سهل ساحلي مقعر، تحيط به كتلة جبلية من الجهة الشرقية تمتد بمحاذاة خط الساحل كما يبين الشكل رقم (2)، وتتحدر سفوح هذه الجبال انحداراً شديداً باتجاه منطقة الدراسة التي تقع على ارتفاع 20 متراً عن مستوى سطح البحر مقارنة بالمناطق المرتفعة المحاذية لها من الجهة الشرقية، والادوية التي تقع إلى الشرق تجري باتجاه الغرب نحو منطقة الدراسة بشكل متعامد مع خط الساحل، وهي ذات تربة غرينية أو رملية ويزداد اتساعها مع الاقتراب من خط الساحل لتكون بذلك مراوح مائية، انظر شكل (3) الذي يبين درجات الانحدار وتباين خطوط الارتفاعات المتساوية في حوض وادي اليتيم الذي يؤدي النقاءه بامتداد شرق - غرب، مع وادي عربة بامتداد شمال- جنوب لتكون مروحة مائية يقع عليها أجزاء كبيرة من مدينة



العقبة، وهي مصدر دمار وخراب للممتلكات والبنية التحتية في موسم الأمطار (Alshogoor, 2017).



الشكل (2) طبوغرافية سطح مدينة العقبة



شكل (3) درجة الانحدار لسطح المدينة والمناطق المحيطة بها

**الخصائص المناخية:**

يسود منطقة الدراسة المناخ شبه الجاف الذي يتميز بهطول الأمطار بمعدلات منخفضة وشدة عالية، حيث يبلغ معدل أمطارها السنوي حوالي 50 ملم، وتتأثر منطقة الدراسة عموماً بعوامل تقلبات المناخ، وتعتبر مدينة العقبة من المناطق الجافة في الأردن ويبلغ المعدل العام لدرجات الحرارة حوالي 24 م<sup>0</sup>، وتتجاوز درجة الحرارة صيفاً 24 م<sup>0</sup>، بينما لا تتجاوز شتاءً إلى أقل من الصفر المئوي (Department of Meteorology, 2015).

ويعتبر مناخ المدينة شبه صحراوي يميل إلى الجفاف كما وتتسم المنطقة بتدني معدلات الهطول المطري وتذبذبها. ونظراً لسيادة المناخ الجاف إلى شبه الجاف فإن العواصف المطرية تتميز بهطول الأمطار المفاجيء بمعدلات عالية تفوق قدرة امتصاص التربة لها فينشأ عنه جرياناً سريعاً ومباغتاً، وتعتبر التقلبات المناخية السريعة مسؤولة في معظم حالات حدوث الفيضانات (Chow & others, 1988).

**ثانياً- العوامل العمرانية والسكانية**

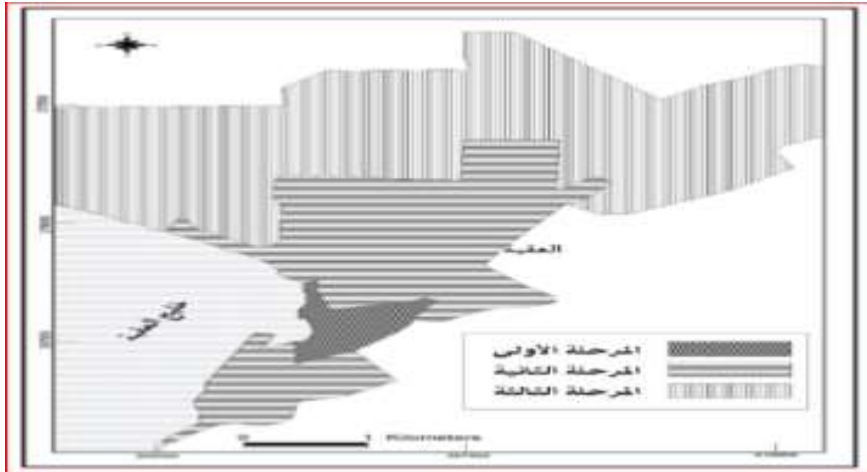
تتمثل في أنماط استعمالات الأرض، والازدياد المستمر في أعداد السكان بسبب الهجرة القادمة إلى المدينة بشكل كبير ومطرد، وقد تزايد الحجم السكاني للمدينة من خلال التعدادات السكانية من (2853) نسمة عام 1952 حتى وصل إلى (61.673) نسمة عام 1994، ثم وصل (150.000) نسمة عام 2015؛ مما أسهم في زيادة التوسع العمراني وتحول الأراضي إلى مناطق حضرية، وهذا أدى إلى تقليل فواقد التسرب وتعاضم كمية الفيضان فضلاً عن تعرض تلك المناطق للغمر المتكرر كونها تقع في مجرى مياه الفيضان (Department of Statistics, 2015).

وتأتي أهمية المدينة من خلال مكانتها المميزة على خارطة الأردن السياحية، فضلاً عن أهميتها الاقتصادية، كونها المنفذ البحري الوحيد الذي يربط الأردن بالعالم عبر البحر الأحمر، وقد توسعت المدينة بغرض الاستثمار وتحسين البيئة الحضرية، ثم جعلت منطقة اقتصادية خاصة عام 2000؛ مما وفر فرص عمل واستثمارات كبيرة في مشروعات إسكانية وسياحية وصناعية وتعليمية؛ مما شجع على الهجرة الداخلية والخارجية والاستيطان في المدينة، كما يبين الشكل رقم (4)، وقد نمت المدينة في اتجاهين: الأول شرقاً والثاني باتجاه الشمال نتيجة لتوقف الامتداد نحو الشرق لأسباب طبيعية، لم تشهد المدينة نمواً باتجاه الغرب بتأثير البحر، ومن الجنوب بتأثير جبل

البريچ، الأمر الذي حدد نمو المدينة مروحيأً يمتد من الجنوب باتجاه الشمال كما يظهر في الشكل (5) (Rawashdeh, 2016).



شكل (4) استعمالات الأرض في مدينة العقبة



شكل (5) مراحل توسع مدينة العقبة حتى عام 2014.

Aqaba Special Zone Authority, unpublished data, 2015

**الدراسات السابقة:**

في ضوء ما توفر من دراسات وأبحاث حول موضوع الدراسة الحالية أو المنهج المتبع فيها دون التقييد بالحدود المكانية أو الزمانية، فقد أمكن الاطلاع على عدد كبير من الدراسات الاجنبية والعربية التي ركزت على تحليل مخاطر السيول والفيضانات بشكل عام، أو تحديد المناطق المعرضة للفيضان، حيث ظهر العديد من الدراسات والأبحاث التي تهتم بالمناطق الحضرية المهدة بالغمر بسبب الفيضانات في الأحواض الطبيعية، مركزة على الكيفية الوقائية من خطرهما. وقد ركزت معظم الدراسات في معظمها على جانبين هامين: الأول يتعلق بتحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضانات من بيانات الأقمار الصناعية، والثاني استخراج مساحات هذه المناطق لتقييم آثارها على النظم المائية التي أفرزتها عمليات التحضر السريعة خلال فترة معينة من الزمن، ومن هذه الدراسات دراسة (Al-Halifi 2020) بعنوان خارطة مخاطر السيول باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: حالة دراسية "وادي نعمان"، هدفت الدراسة لتقدير مخاطر الجريان السطحي وكيفية إدارة الأزمات في حالة تكون الفيضانات بتطبيق أسلوب طريقة الأرقام المنحنية، ومن أهم نتائجها تصميم نموذج محاكاة بحوض وادي نعمان لكيفية سريان المياه والأحواض الفرعية به باستخدام برنامج HEC-RAS.

ودراسة (Cotton, 2019) بعنوان مخاطر الفيضانات على النمو العمراني بمدينة صلالة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، هدفت الدراسة لتحديد مسارات المياه والمناطق الخطرة التي يتواجد بها الفيضانات وتلك التي يمنع البناء فيها تحسبا لحدوث الفيضان بها، وأوصت الدراسة ببعض التوصيات منها وقف البناء في المناطق الخطرة التي يمر بها مسارات المياه ومعرضة لخطر الفيضانات كذلك عمل شبكات لسحب المياه في مناطق تجمع المياه في الأحياء السكنية.

كما توصلت دراسة (Al-Hamdani, 2015) التي كانت تحت عنوان التحليل المكاني لمخاطر السيول والفيضانات بحوض وادي تانجرو بمحافظة السلیمانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، إلى أن هناك حوالي مساحة 942.7 كم<sup>2</sup> معرضة لمخاطر السيول والفيضانات من مجموع مساحة الحوض البالغة 1865.5 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 50.54% من مساحة الحوض .

ومن الدراسات الأجنبية دراسة (Saleh Ur Rahman, 2014) بعنوان آثار الفيضانات على الأرواح وسبل عيش الناس في بنغلاديش: دراسة حالة لقرية في منطقة مانيكانج حيث هدفت الدراسة لتقييم الوضع والتاريخ والأسباب والعوامل الأكثر تأثيراً في خطر الفيضانات على المجتمعات المحلية كيفية تعامل هذه المجتمعات مع مثل هذه الظروف ووجدت الدراسة أن هناك أسباباً لمخاطر الفيضانات من أهمها سوء التصريف للمياه بدراسة الفيضانات في منطقة الدراسة في عامي 2000 و 2004 ووجدت تأثيراتها المدمرة سواء الطبيعية أو البشرية على منطقة الدراسة وتوصلت الدراسة بأنه يجب وجود نظام للتنبؤ المبكر للفيضانات لدرء تلك المخاطر .

ودراسة (Jaroslw Chormanski & others, 2008) التي هدفت تحسين عملية التنبؤ بكمية الجريان السطحي لأعالي نهر والوي في بروكسل، عن طريق تقدير المساحات المصمتة وتأثيرها المباشر على الجريان السطحي، باستخدام نوعين متباينين من الدقة المكانية من بيانات الأقمار الصناعية، الأول: بيانات إيكونوس 3م والثاني: بيانات لاندسات ETM 30م، وعمد الباحثون في هذه الدراسة إلى المعالجة الآلية من خلال تطبيق نموذج WetSpa الهيدرولوجي الذي يقوم على استخدام الكميات الثابتة لتوزيع الهيدرولوجية التضاريسية كمدخلات في النموذج ثم أخضعت هذه البيانات لثلاثة اختبارات مختلفة لتقدير السطوح المصمتة في المناطق الحضرية، ثم عمل مقارنة لنتائج هذه الاختبارات. ومن أبرز نتائج هذه الدراسة أن هناك إمكانية في الحصول على بيانات أكثر تفصيلاً عن التوزيع المكاني للسطوح المصمتة من خلال بيانات الاستشعار عن بعد، وإمكانية التنبؤ بالفيضانات من خلال عملية النمذجة للمياه في البيئات الحضرية.

أما دراسة (KafI and others, 2006) التي كانت بعنوان الربط بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ونماذج محاكاة مخاطر الفيضانات، لإنتاج خرائط مخاطر الفيضانات لنهر باجمتي في النيبال، الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تحقيق التكامل بين نماذج محاكاة الفيضانات وبيانات الاستشعار عن بعد ودمجها مع البيانات الطبوغرافية والبيانات الاجتماعية والاقتصادية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لرسم خرائط مخاطر الفيضانات للنهر إلى جانب توظيف استخدام النمذجة الهيدرولوجية وتحليل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في مراقبة وتحديد حدود الفيضانات وأعماقها. كما درس ( Yaug, Limin., et al., 2003)، الذين هدفوا من دراستهم إلى إنشاء خرائط للمناطق المعرضة للفيضان غرب جورجيا، من خلال مراقبة التغيرات التي تطرأ على غطاءات الأرض، ولهذا الغرض تم الاستعانة ببيانات اللاقط الأمريكي

لاندسات لتاريخين مختلفين، وباستخدام التصنيف الانحداري الشجري أمكن عمل مقارنة بين نتائج التاريخين.

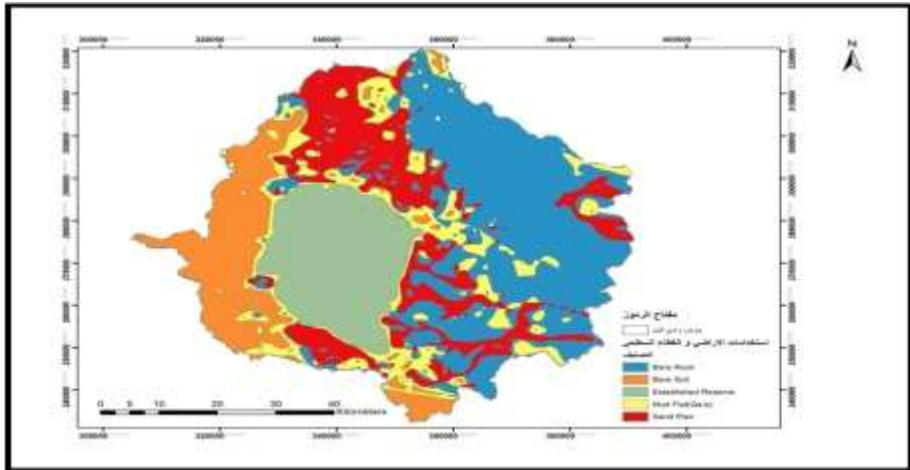
### تحليل النتائج ومناقشتها والتوصيات

#### تحليل الغطاء الأرضي

تم تحضير طبقة الغطاء الأرضي التي تغطي منطقة الحوض كما في الشكل (6) من أطلس الأردن وتوضح الخريطة خمسة أنواع تصنيفية للغطاء السطحي واستخدامات الأرض أمكن حصرها في وادي اليتيم هي (Jordanian Atlas, 2013):

1. تكشفات صخرية Bare Rock
2. تكشفات تربة Bare Soil
3. مناطق مستغلة Established Reserve
4. قيعان طينية Mud Flat
5. رمال Sand Plan

في حين يبين الجدول (1) النسب التصنيفية لمساحات استغلال الأراضي والغطاء السطحي في منطقة الدراسة. ونلاحظ من الجدول أن الجزء الأكبر من الحوض تشغله التكشفات الصخرية تشكل ما نسبته أكثر من 35 % فيما تتوزع باقي النسبة على حطامات الصخور والرمال والقيعان الطينية المحدودة في مجاري الأودية.



الشكل (6) خريطة أنواع الغطاء السطحي واستخدامات الأرض في حوض وادي اليتيم

Researchers work using Jordanian Atlas, 2013

### جدول (1) النسب التصنيفية لمساحات استغلال الأراضي والغطاء السطحي

ترتيب التصنيف	التصنيف	المساحة (م <sup>2</sup> )	نسبة المساحة %
1	Established Reserve	727845971.5	16.6
2	Bare Rock	1566938682.5	35.7
3	Sand Plan	875693911.0	20.0
4	Mud Flat(Qa'a)	579728613.1	13.2
5	Bare Soil	633493333.3	14.5
	المجموع	4383700511.3	

(Researchers work using Jordanian Atlas, 2013)

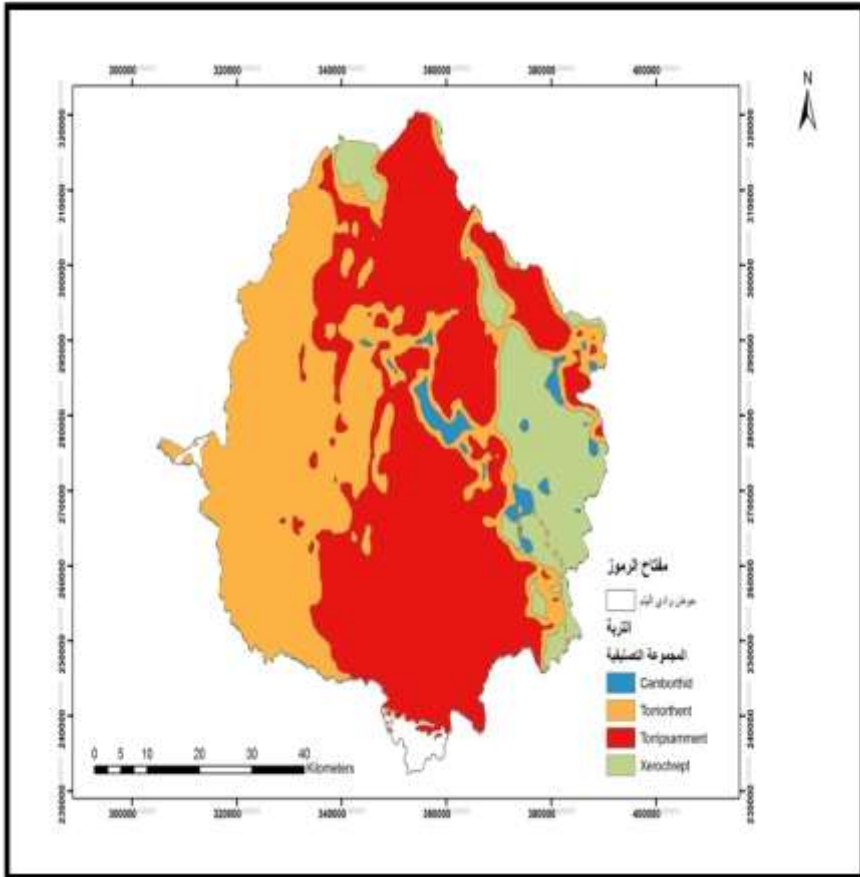
### المجموعات الهيدرولوجية للتربة:

تم إنتاج خارطة لتصنيفات التربة التي تغطي منطقة الحوض كما تظهر في شكل (7)، وتوضح الخريطة أربعة أنواع تصنيفية لتربة وادي اليتيم وهي كالتالي:

1. تربة من نوع كامبورتيد Camborthid وهي التربة (من النوع الجاف) تحتفظ بالرطوبة بشكل ضعيفة، تتكون من كربونات الكالسيوم والجبس والأملاح الأخرى.
2. تربة توروثينت Torriothent وهي تربة ضعيفة غير متطورة من حيث النسيج والتماسك ناتجة من حطامات الصخور الحديثة نسبياً وغنية بالحصى وحطامات الصخور الجرانيتية و الجيرية.
3. تربة توريب سامنت Torripsamnt وهي شبيهة بالتربة السبقة وتتبع لنفس المجموعة التصنيفية إلا أن وجود تكشفات صخرية معها تكون بنسبة أكبر وحجم الحطام أكبر.
4. تربة اكسيرو كريبت Xerochrept تربة أكثر نضوجاً من حيث النسيج وتماسك الحبيبات وحجم المسامات وهي تميل للون الأحمر غنية بالمعادن الطينية ومركبات كربونات الكالسيوم الثانوية.

وتم حساب البيانات الوصفية للتربة وتصنيفاتها الهيدرولوجية وتقسيمها إلى أربعة مجموعات اعتماداً على خصائص تسرب الماء خلال التربة وخصائصها التركيبية، وهذه المجموعات هي A، B، C و D. (USDA,1985).

- أ- المجموعة التربة (A) تشمل التربة الرملية، الرمل الطفيلي، حيث لديها قدرة عالية على تسريب المياه عندما تكون مبللة تماما، وهي تربة عميقة، ومعظم مكوناتها من الحصى.
- ب- المجموعة التربة (B) هي الطميية أو الطمي، ولديها قدرة معتدلة على تسريب المياه عندما تكون مبللة تماما، عندما مبلل تماما وهي تربة متوسطة العمق إلى عميقة، وقوامها خشن.
- ج- المجموعة التربة (C) التربة الرملية الطينية. لديها قدرة منخفضة على تسريب المياه عندما تكون مبللة تماما.
- د- مجموعة التربة (D) تشمل تربة الصلصال، الغرين والطين الرمي والطين الغريني ولديها أعلى احتمال جريان للمياه، ومعدلات تسرب منخفضة جداً عندما تكون مبللة تماما.



الشكل (7) خريطة أنواع الغطاء السطحي واستخدامات الأرض في حوض وادي اليتيم  
 Researchers work using Jordanian Atlas, 2013



والجدول (2) يبين تصنيف التربة وفق رقم منحنى التسرب والعامل الهيدرولوجي والمساحة في حوض وادي اليتم.

### جدول (2) تصنيف التربة

حسب رقم منحنى التسرب والعامل الهيدرولوجي والمساحة في حوض وادي اليتم

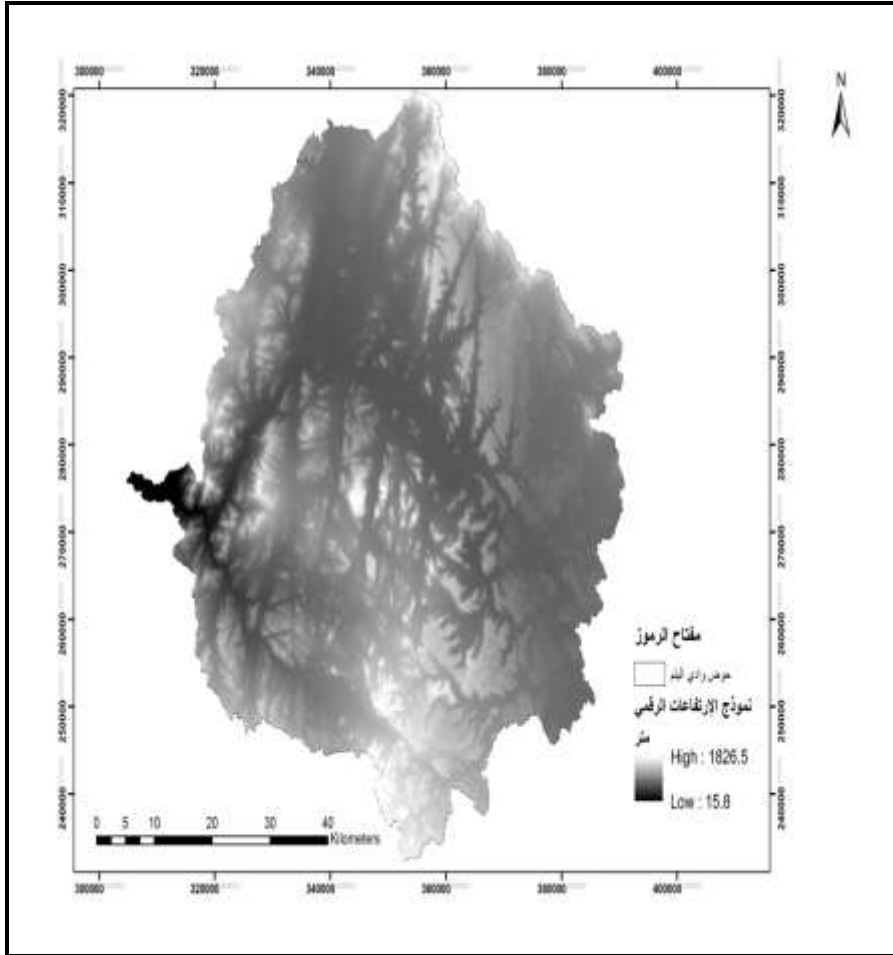
التربة	تصنيف التربة	المساحة (م <sup>2</sup> )	نسبة المساحة %
Camborthid	B	77821092.7	1.8
Torriorthent	C	1681953932.1	38.7
Torripsamment	B	2067590234.9	47.6
Xerochrept	D	515856928.8	11.9
المجموع		4343222188.5	

Researchers work.

نلاحظ من الجدول أن التربة الحمراء والكلسية هي الأقل في منطقة الحوض وأن حطامات الصخور غير الناضجة والضعيفة المفككة والتكشفات الصخرية الصلبة تشغل الحيز الأكبر من غطاء التربة في منطقة الدراسة حيث تشكل نسبتها أكثر 85%. وتعتمد هذا الطريقة على توفير قاعدة بيانات ومعلومات عن كمية الأمطار وحساب رقم منحنى الحوض المائي (CN:Curve Number) حيث يتم من خلاله تحديد قدرة السطح على خزن التساقط. ويتراوح معامل المنحى من 85 إلى 90.

نموذج الارتفاعات الرقمي:

تم استخلاص نموذج الارتفاعات الرقمي من القمر الصناعي (STRM) بدقة مقدارها 30 متر كما هو واضح في الشكل (8) استخدمت ضمن أدوات نظم المعلومات الجغرافية لحساب رقم منحنى حوض وادي اليتم، حيث تراوحت الارتفاعات عن سطح البحر بين 16 متر و 1826 متر.



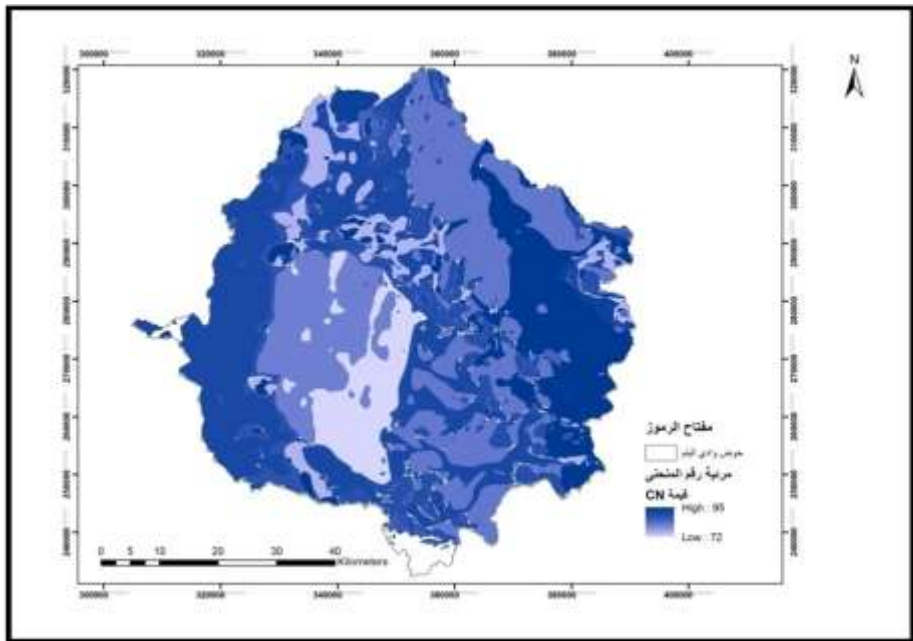
الشكل (8) خريطة نموذج الارتفاعات الرقمي لمنطقة الدراسة

حساب رقم منحني CN لحوض وادي اليم:

تم إدخال طبقة تصنيفات التربة واستخدامات الأراضي ونموذج الارتفاعات الرقمي بالإضافة لقيم المنحني القياسية للأراضي الموضحة في جدول (3) إلى قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية في أدوات الهيدرولوجي Hydro Tools ليتم استخلاص نموذج رقمي لقيم منحني الحوض بعد أن تم دمج طبقتي التربة واستخدامات الأراضي حيث تم إنتاج مرئية رقم الحوض Curve Number لوادي اليم كما يظهر في شكل (9).

**جدول (3) قيم المنحنى القياسية للأراضي في منطقة الدراسة**

التصنيف الهيدرولوجي				التصنيف للأراضي	LUValue قيمة
D	C	B	A		
90	81	72	60	Established Reserve	1
95	95	82	70	Bare Rock	2
93	75	91	85	Sand Plan	3
85	88	89	75	Mud Flat(Qa'a)	4
94	91	86	77	Bare Soil	5



**شكل (9) خريطة تبين Curve Number لوادى اليتم**

حيث تراوحت قيمة CN بين 72 إلى 95 والقيمة المرتفعة تظهر جريان أكبر من القيمة المنخفضة حيث بلغت القيمة المتوسطة للحوض الكلي: 86.1 وهذا قيمة مرتفعة تعود أسبابها لطبيعة التركيب السطحي من تكشفات صخرية صلبة وطبيعة التربة وارتفاع نسبة الأنحدارات في الحوض (Young, 1972).

ويعد عامل رطوبة التربة قبل الهطول (محتوى التربة من الرطوبة: Soil Antecedent Moisture) عاملاً محددًا لنموذج تمثيل كمية الجريان السطحي الذي يعرف اختصاراً بـ (AMC) وقد تم وضع ثلاثة نماذج للتعامل مع أنظمة الجريان السطحي اعتماداً على قيمة محتوى التربة من الرطوبة وهي موضحة في الجدول (4):

**الجدول (4) يبين نماذج أنظمة تشبع التربة بالرطوبة**

قيمة الرطوبة قبل التساقط	الفصول غير الممطرة	الفصول الممطرة
النموذج الأول AMC-I	أقل من 12.7	أقل من 35.6
النموذج الثاني AMC-II	12.7 - 27.9	35.6 - 53.3
النموذج الثالث AMC-III	أكبر من 27.9	أكثر من 53.3

Cepuder, P., et. al. 2001

وفي حالة حوض وادي اليتيم فقد تم الاستعانة بنموذج الظروف العادية نظراً لقلة الأمطار في تلك المنطقة حتى في الفصول الممطرة ولطبيعة غطاء التربة والتكشفات الصخرية التي تمتاز بخصائص ضعيفة للاحتفاظ بالرطوبة لفترات طويلة وهذا النموذج يستخدم المعادلات التالية لحساب كل من كمية الهطول الساقط على الحوض من المعادلات التالية:

تقدير عمق الجريان السطحي من عاصفة مطرية =

$$[ \text{الهطول المطري بالملم} - 0.2 \times \text{القدرة التخزينية للحوض بالملم} ] \div 2^A \div [ \text{الهطول المطري} + 0.8 \times \text{التجمع السطحي للحوض} ] \dots (4)$$

بشرط أن يكون الهطول المطري بالملم أكبر من 0.2 × التجمع السطحي للحوض

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (p > 0.2S).$$

...

.....(5)

حيث تمثل متغيرات المعادلة كالتالي :

(Q) : عمق الجريان المباشر

(P) كمية الهطول المطري بالملم

## التجمع السطحي للحوض

ويحسب التجمع السطحي للحوض (S) من خلال المعادلة التالية:

$$\text{التجمع السطحي للحوض للحوض} = (1000 \div \text{رقم منحني الحوض CN}) - 10$$

علماً أن رقم منحني الحوض (CN) هو معامل أبعاد الحوض الذي يتم استخلاصه من خلال أدوات نظم المعلومات الجغرافية بناء على قاعدة معلومات تصنيفات التربة واستخدامات الأراضي ونموذج الارتفاع الرقمي وجداول التصنيف المرتبطة ويأخذ القيم من 1- 100 حيث تمثل القيمة الأكبر  $CN=100$  قيمة منحني الحوض ذي إحتفاظ منخفض جداً بالماء وذي خصائص جريان سطحية عالية جداً.

تمت عملية حساب عمق الجريان السطحي لحوض وادي اليتم من خلال المراحل التحليلية التالية:

أولاً: تم حساب رقم منحني الحوض لوادي اليتم (CN) Curve Number باستخدام أدوات التحليل الهيدرولوجي ببرمجيات نظم المعلومات الجغرافي بناء على طبقات رقمية للتربة ونموذج الارتفاعات الرقمية وطبقات استخدامات الأراضي ومعاملات الهيدرولوجية القياسي.

ثانياً: تم حساب التجمع السطحي لوادي اليتم من المعادلة الثانية بناء على رقم حوض وادي اليتم المحسوب في الخطوة السابقة.

ثالثاً: تم حساب عمق الجريان السطحي من المعادلة الأولى بناء على قيمة التجمع السطحي من الخطوة السابقة.

رابعاً: تم تقدير كمية حجم الماء الناتج من العاصفة المطرية من عمق الجريان السطحي من الخطوة السابقة.

حساب التجمع السطحي (S) من المعادلة:

$$\text{التجمع السطحي للحوض للحوض} = (1000 \div \text{رقم منحني الحوض CN}) - 10 \dots (6)$$

$$\text{التجمع السطحي لحوض وادي اليتم} = (1000 \div 86.1) - 10 = 1.61 \text{ ملم}$$

$$\text{حساب مقدار الجريان السطحي من المعادلة (عند هطول المطري مقداره 5 ملم)}$$

يعتبر تقدير كمية الجريان السطحي في الأحواض المائية الجافة من أكثر القضايا الهيدرولوجية تشعباً، نظراً لأنها تعتمد على بناء قاعدة بيانات رقمية ورياضية وإحصائية لتشكل نموذج هيدرولوجي مبني على العلاقة الرياضية بين معامل رقم المنحنى للحوض (Curve Number) وكمية الهطول باستخدام طريقة (SCS,1972) والمعروفة بـ (Hydrologic Soil Cover Complex Method) وقد تم تطوير الطريقة من قبل دائرة المحافظة على التربة الأمريكية (SCS) لتقدير كمية السيول في الأودية والأحواض المائية .

عمق الجريان السطحي من عاصفة مطرية =

[ (الهطول المطري بالملم - 0.2 × القدرة التخزينية للحوض بالملم ) ÷ 2<sup>2</sup> ] ÷ [ الهطول المطري + 0.8 × التجمع السطحي للحوض ] (7) .....

$$[ 1.61 \times 0.8 + 5 ] \div 2^2 [ 1.61 \times 0.2 - 5 ] =$$

$$[6.3] \div [21.88] =$$

= 3.47 ملم معدل الجريان السطحي لكل 1 م<sup>2</sup> من أصل 5 ملم / م<sup>3</sup> من كمية الهطول المطري

وهذا يعني أن الفاقد بالحوض من التسرب والتبخر والتسرب بالتربة والشقوق الصخرية يقدر بـ 1.53 ملم / م<sup>3</sup> من الحوض

تقدير حجم الجريان السطحي عند معدل هطول مقداره 5 ملم

$$= ( 3.47 \text{ ملم} / 1000 \text{ م}^3 ) * ( \text{مساحة الحوض} 4381760519.4 \text{ م}^2 )$$

= 15204709.002318 متر مكعب ما يعادل 15 مليون متر مكعب من الجريان السطحي عند هطول تقديري مقداره 5 ملم من العاصفة المطرية. وبتطبيق الخطوات السابقة ( 6 و 7 ) على معدل تساقط مطري خلال عاصفة مطرية متغيرة من 1 ملم إلى 15 ملم نحصل على حجم وعمق الجريان السطحي كما يظهر بالجدول (5).

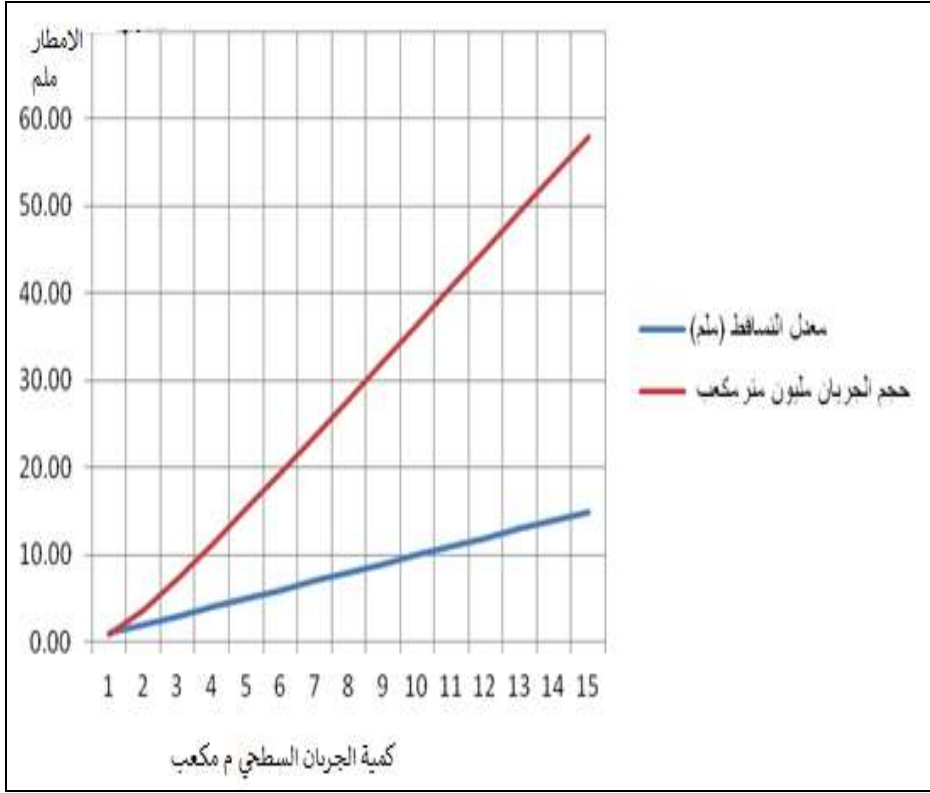
### جدول (5) حجم وعمق الجريان السطحي

خلال عواصف مطرية أمطارها من 1 ملم إلى 15 ملم

التجمع السطحي S	عمق الجريان السطحي	معدل التساقط (ملم)	حجم الجريان الكلي م <sup>3</sup>	حجم الجريان مليون مترمكعب
1.61	0.20	1.00	876709.09	0.88
1.61	0.85	2.00	3744380.95	3.74
1.61	1.67	3.00	7317671.39	7.32
1.61	2.56	4.00	11196533.71	11.20
1.61	3.48	5.00	15235261.40	15.24
1.61	4.42	6.00	19368079.97	19.37
1.61	5.38	7.00	23560945.89	23.56
1.61	6.34	8.00	27794471.37	27.79
1.61	7.32	9.00	32056804.07	32.06
1.61	8.29	10.00	36340290.30	36.34
1.61	9.27	11.00	40639767.12	40.64
1.61	10.26	12.00	44951625.32	44.95
1.61	11.25	13.00	49273265.86	49.27
1.61	12.23	14.00	53602769.59	53.60

Researchers work .

ويوضح الشكل رقم (10) طبيعة العلاقة بين كمية الهطول وعمق الجريان السطحي لوادي اليتم تظهر العلاقة الطردية بينهما الذي يشكل نموذج لحساب حجم الجريان السطحي من خلال معدل الهطول، حيث يلاحظ من الشكل أنه كلما زاد معدل التساقط في المحور الصادي تزيد كمية الجريان السطحي (Salama, 1980).

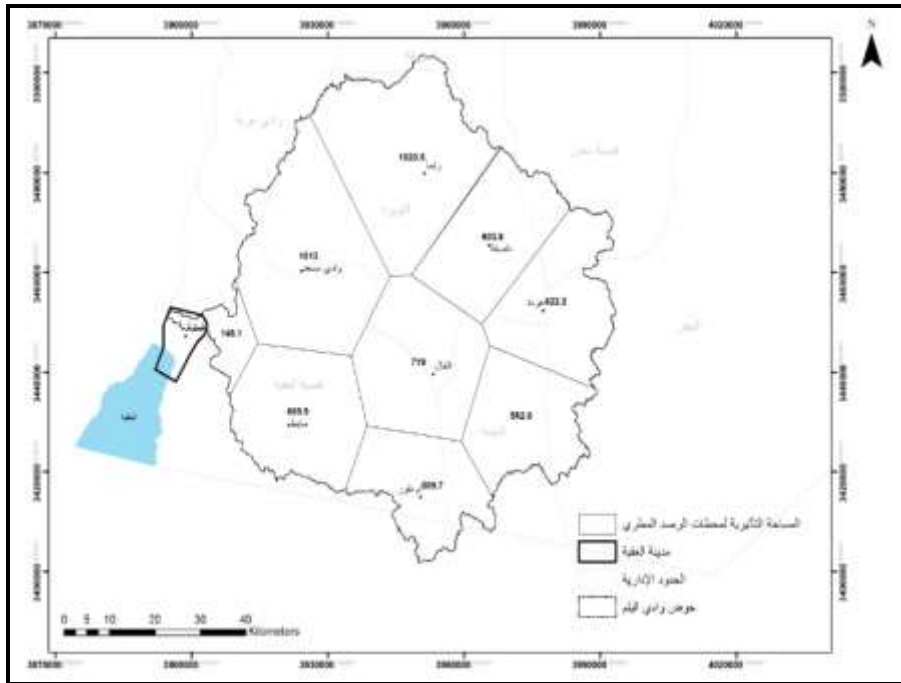


الشكل رقم (10) طبيعة العلاقة بين كمية الهطول وكمية الجريان السطحي لوادي اليتم

#### التوزيع المساحي للهطول المطري:

لتقدير الهطول المساحي للأمطار الساقطة استخدمت طريقة مضلع ثيسين من خلال تحويل البيانات النقطية للمحطات المطرية إلى بيانات مساحية تمثل كمية التساقط في منطقة الدراسة. ومن خلال طريقة ثيسين رسمت مواقع محطات الأمطار، وتم تشكيل شبكة من خلال ARC GIS 10.3 على طبقة أساسية في منتصف المسافة بين كل محطتين لإقامة مضلعات منصفة، وبعدها حسبت مساحة كل منطقة كما موضح في الشكل (11) و الهطول المطري المساحي الموزون لكل منطقة.





الشكل (11) خريطة للأمطار المساحية حسب طريقة شبكة مضخات تيسين لمنطقة الدراسة

### التحليل الهيدرومناخي

تلعب العوامل المناخية لمنطقة الدراسة دورا كبيرا في الخصائص الهيدروجية حيث إن زيادة كمية الأمطار تؤدي الى زيادة في حجم التصريف المائي لاحظ شكل رقم (10) الذي يبين اعلى المعدلات المطرية اليومية في منطقة الدراسة خلال الفترة من 2015/12/1 - 2015/3/31، وبالتالي زيادة الجريان السطحي وتكوين السيول، ولذلك سنقوم بتحليل بعض العناصر الهيدرولوجية ذات العلاقة المباشرة بالجريان السطحي (Chorley, 1985):

### حساب زمن التركيز:

يعرف زمن التركيز بأنه الفترة الزمنية اللازمة لمياه الأمطار الساقطة على الحوض من أبعد نقطة في محيط الحوض حتى تصل إلى مخرج حوض الوادي (السلوي، 1989).

$$Tc = 76.3 \sqrt{\frac{S}{i}} \dots\dots (7)$$

$Tc$ : زمن التركيز بالدقائق

$s$ : مساحة المنطقة (كم<sup>2</sup>)

$i$ : معدل الانحدار (%)

وتم حساب زمن التركيز الذي بلغ 2.06 ساعتين و 6 دقائق، وبما أن زمن التركيز قصير في منطقة الدراسة وسرعة الجريان عالية جداً، فإن الزمن الذي يحتاجه الماء للوصول إلى من منطقة الدراسة قصير، حيث تساعد طبيعة السطح التضاريسية على ذلك. وقد عمقت أثر الجريان السطحي داخل منطقة الدراسة ليصبح أكثر خطراً؛ ضعف البنى التحتية وسوء التخطيط العمراني وتكدسه بالإضافة إلى ضعف عمليات شبكات تصريف السيول. مما كون مناطق مهددة بخطر السيول تقع في معظمها في مناطق مأهولة.

#### تقدير حجم وسرعة الفيضان حسب نموذج سنايدر لوادي اليتم:

تم تطبيق نموذج سنايدر (Snyder's Model) لتقدير حجم الفيضان في حوض وادي اليتم حيث يعتمد على معادلات رياضية تتعامل مع الخصائص المورفومترية للحوض، وبناء نموذج رياضي لتمثيل حجم الفيضان وسرعة الجريان السطحي من خلال شكل وأبعاد الحوض المائي والخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي عندما لا تتوفر بيانات من محطات مطرية، أو أن البيانات المتوفرة لا تكفي لدراسة حالة الفيضانات في تلك المناطق وخاصة الأودية الجافة وشبه الجافة (Subyani & Bayumi, 2001).

#### تحضير البيانات الأساسية لنموذج سنايدر:

قبل البدء ببناء نموذج الفيضان وحركة المياه في حوض وادي اليتم لا بد من إعداد الحسابات الأساسية للخصائص المورفومترية للحوض التي تتمثل بما يلي:

- مساحة الحوض المائي ل وادي اليتم وبلغت 4404.20 كم<sup>2</sup> وتمثل قيمة A في نموذج سنايدر.
- طول المجرى المائي وبلغت 163 كم وتمثل قيمة المتغير Lb في نموذج سنايدر.
- المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقل بوحدة (كم) وتمثل قيمة Lca في نموذج سنايدر وهُنا حسبت بـ (50) كم.

- ثابت الشكل المورفومتري للحوض الذي يمثل قيمة Ct في نموذج سنايدر وتتراوح قيمته (من 0.2 إلى 2.2) حيث يتم تحديدها بقيمة (1.2 للأحواض الكبيرة الجبلية و 0.72 للأحواض الهضبية وقيمة 0.35 لأحواض الأودية) حسب تصنيف (Linsley و Kohler) كما أن هنالك طريقة أخرى لاحتسابه التي استخدمها (Taylor and Swarz) التي تعتمد على درجة انحدار الحوض المائي وتحسب من المعادلة التالية (Raghunath,1991, P150).

$$....(8) Ct = \frac{0.6}{\sqrt{s}}$$

حيث s تمثل درجة إنحدار الحوض المائي و Ct ثابت الشكل المورفومتري .

وفي هذا النموذج لحوض وادي اليتتم اعتماد قيمة  $Ct = 1.2$  في الحسابات الخاصة بنموذج سنايدر- ثابت قيمة Cp الذي يتعلق بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه وتتراوح قيمته من 2 - 6.5 وتم اعتماد قيمة  $Cp = 2$  حسب الخصائص المورفومترية التي تتوزع بها شبكة التصريف.

أولاً: حساب التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي:

يتم حسابه من المعادلة الرياضية رقم (1) التالية: 492.46

$$.... (9) Qp = \frac{Cp * A}{tp}$$

حيثُ :

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة ( م<sup>3</sup> / ثانية )

A : تمثل مساحة الحوض بوحدة (كم<sup>2</sup>)

Cp : معامل يرتبط بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه وتم تحديده هنا بقيمة (2) من الفترة الأساسية له (2.0-6.5).

tp : وتمثل فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (بالساعة) ويتم حسابها من المعادلة رقم (2) :

$$..... (10) tp = Ct * (Lb * Lca)^{0.3}$$

حيثُ :

Ct : معامل الحوض وتم حسابه سابقاً بقيمة (1.2) من أصل الفترة الأساسية له (0.2 - 2.2).

Lb : طول المجرى الرئيسي بوحدة (كم) وتم حسابه بقيمة (163) كم لحوض وادي اليتيم.

Lca : المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقله بوحدة (كم) وتم حسابه بقيمة (50) كم لحوض وادي اليتيم.

وبتطبيق المعادلة رقم (2) نجد أن قيمة  $tb = 17.89$  ساعة التي تمثل الفترة الزمنية لاستمرار هطول الأمطار بالساعة التي يبدأ معها الجريان السطحي للحوض المائي وبتعويض قيمتها في المعادلة رقم (1) نجد أن كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض بلغت (492.46) م<sup>3</sup>/ثانية بعد هطول مطري يستمر لمدة (17.89) ساعة وهي تمثل قيمة Qp.

ثانياً: الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار:

يتم حسابها من المعادلة:

$$tr = \frac{tp}{5.5} \dots (11)$$

حيثُ :

tr : الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (الساعة).

tp : وتمثل فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (بالساعة)

ويتعامل نموذج سنايدر مع هذه المعادلة في حالة أن الحوض تعرض سابقاً أو يتعرض بالعادة لعواصف مطرية لا تقل سماكة المطر فيها عن 25-26 ملم أو 1 بوصة وهذا النموذج ملائم لحوض وادي اليتيم كونه يتعرض لعواصف مطرية أعلى من هذا المعدل غالباً.

وبتطبيق المعادلة نجد أن الفترة المثالية للهطول بلغت 3.25 ساعة

ثالثاً: فترة الأساس (زمن القاعدة) للسيل في المجرى داخل الحوض

تحسب من المعادلة (4) (Raghunath,1991,page 153)

$$Tb = 3 + \left(\frac{tp}{8}\right) \dots (12)$$

حيثُ :

Tb: الفترة الأساسية لحدوث السيل (باليوم)

$tp$  : وتمثل فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (بالساعة)

وتم حسابها فكانت (5.24) يوم وهي الفترة الأساسية بالأيام اللازمة لاستجابة الحوض كاملاً لحدوث السيل به.

رابعاً: الارتفاع التدريجي لتدفق السيل

وتحسب من المعادلة

$$Tm = \frac{1}{3} * Tb \quad (13) \dots$$

حيثُ :

$Tm$  : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (بالساعة)

$Tb$  : الفترة الأساسية لحدوث السيل (باليوم)

وبالتعويض في المعادلة (5) نجد أن فترة الارتفاع التدريجي بلغت 41.89 ساعة ليصل إلى أقصاه

خامساً: الانخفاض التدريجي للسيل

ويحسب من المعادلة

$$Td = \frac{2}{3} * Tb \quad (14) \dots\dots$$

حيثُ

$Td$  : الانخفاض التدريجي للسيل بالساعة

$Tb$  : الفترة الأساسية لحدوث السيل (باليوم)

وبعد تطبيق المعادلة (6) وجد أن الانخفاض يتم بعد 83.77 ساعة ليعود إلى وضعة الطبيعي في الحوض

سادساً: التدفق الأقصى لفترة الارتفاع التدريجي

وتحسب من المعادلة

$$..... (15) QTm = Qp * \left(\frac{T}{Tm}\right)^2$$

حيثُ :

QTm : كمية التدفق الأقصى لفترة الارتفاع التدريجي للسيل وتحسب بوحدة (م<sup>3</sup> / ث)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م<sup>3</sup> / ثانية)

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (بالساعة)

T : الفاصل الزمني المقترح لتقدير الارتفاع التدريجي للسيل وهنا تم إقتراح (1) ساعة للنموذج

بعد تطبيق المعدلة وجدنا أن كمية التدفق كانت (0.28) م<sup>3</sup> / ثانية بعد (1) ساعة من بداية السيل.

سابعاً: التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي للسيل

تحسب من المعادلة

$$..... (16) QTd = Qp * \left(\frac{Td-T}{Td}\right)^3$$

حيثُ :

QTd : تمثل التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي (م<sup>3</sup> / ث)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م<sup>3</sup> / ثانية)

Td : الانخفاض التدريجي للسيل بالساعة

T : الفاصل الزمني التقديري للانخفاض التدريجي بالساعة وهنا قدر بعد (24) ساعة

حيث وجد أن التدفق الأقصى لفترة الانخفاض كان 178.88 م<sup>3</sup> / ثانية.

ثامناً : تدفق الذروة النوعي للحوض المائي

ويتم حسابة من المعادلة

$$..... (17) qp = \frac{Qp}{A}$$

حيثُ :

qp : تدفق الذروة بوحدة ( م<sup>3</sup>/ث )

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة ( م<sup>3</sup> / ثانية )

A : مساحة الحوض با ( كم<sup>2</sup> )

حيث وجد أن تدفق الذروة كان (0.11) م<sup>3</sup> / ثانية بكامل الحوض

(Al-Baroudi, 2012)

تاسعاً: حساب الفترة الزمنية المناسبة لإرتفاع منسوب السيل الهيدروغراف عند مستوى 50%

ويحسب من المعادلة

$$\dots (18) W_{50} = \frac{5.6}{(qp)^{1.08}}$$

حيثُ:

qp : قيمة تدفق الذروة النوعي م<sup>3</sup>/ثانية لكل 1 كم<sup>2</sup> من مساحة الحوض

ووجد أن الفترة الزمنية المناسبة ارتفاع السيل عند مستوى 50% كانت 59.68 ساعة وهي اقصى فترة زمنية مناسبة ليصل لهذا المستوى.

ومن المعادلة يتم حسابها عند مستوى 75%

$$\dots (19) W_{75} = \frac{3.21}{(qp)^{1.08}}$$

لنجد أنها تساوي (34.21) ساعة عند نفس ظروف النموذج .

عاشراً: حساب تركيز الأمطار المناسب لإحداث تدفق الذروة في السيل داخل الحوض بوحدة الملم

من المعادلة

$$\dots (20) i = \frac{1}{tr} * 10$$

حيثُ :

tr: الفترة الزمنية المثالية التي تم حسابها سابقاً ووجدت أنها (3.25) ساعة

وبعد التعويض وجد أن تركيز المطر اعتماداً على نموذج ستاير يصل لحدود (3.07) ملم على الأقل ضمن فترة زمنية مثالية قدرها (3.25) ساعة ليبدأ نشوء أول جريان سطحي بالحوض

حادي عشر: حجم تدفق السيل في الحوض

ويقدر بوحدة (مليون م<sup>3</sup> / الثانية) ويجسب من المعادلة رقم (13)

$$Al = Qp * Tm * 10^{-6}$$

حيثُ :

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة ( م<sup>3</sup> / ثانية )

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (بالساعة)

وبالتعويض في المعادلة نجد أن حجم تدفق السيل = (148.52) مليون م<sup>3</sup>/الثانية

ثاني عشر: سمك أو عمق الجريان السطحي المناسب لذروة السيل في الحوض المائي

تحسب من المعادلة

$$E = Qp * Tm * 10^{-3} * A$$

حيثُ :

E: عمق الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيل في الحوض (ملم)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة ( م<sup>3</sup> / ثانية )

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل ( بالساعة )

A : مساحة الحوض ب (كم<sup>2</sup>)

حيث وجد أنه يساوي (16.86) ملم

ثالث عشر: قوة السيل في الحوض المائي

تحسب من المعادلة رقم (15)

$$A' = \frac{Qp}{\sqrt{A}}$$

A' : معامل قوة السيل



A : مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م<sup>3</sup> / ثانية)

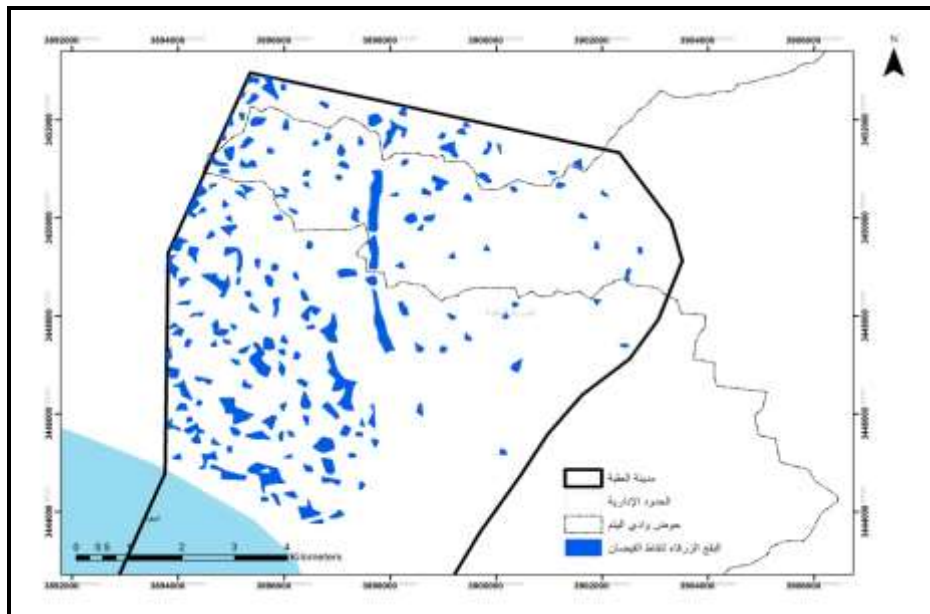
وبالتعويض وجد أن قوة السيل في الحوض المائي بلغت 7.42

### احتمالية حدوث الفيضانات

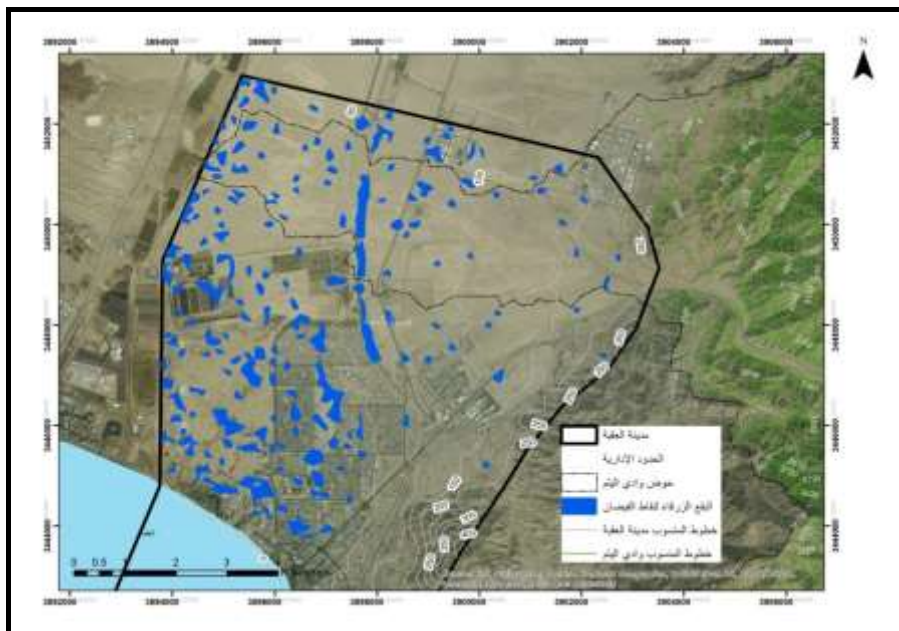
#### تحديد المناطق المهددة بالفيضان في منطقة الدراسة

نظراً لاحتمالية تكرار الفيضانات في منطقة الدراسة مع بروز مؤشرات التغيرات المناخية الجديدة في المنطقة كافة، فمن الضروري وضع خريطة دالة على الأماكن التي هي عرضة للفيضانات والسيول في حال تكرار حدوث أمطار وبذروة عالية، وبذلك كان المحور من الدراسة متعلقاً بإنتاج خريطة المناطق تحت خطر الفيضانات التي تم إنتاجها بالفعل من خلال نمذجة Modeling المعطيات المتعلقة بالعوامل المؤثرة في وقوع الحدث والأخذ بعين الاعتبار التقييم الذي تم عمله في الدراسة فيما يتعلق بالخصائص والهيدروفومترية. واتبعت الدراسة هنا طريقة استخدام المؤثرات التي أثرت فعلاً في الفيضانات باعتماد المعدل المطري الساعي الذي أسهم في حدوث الفيضانات سابقاً، وعليه تم بناء خريطة تحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضان.

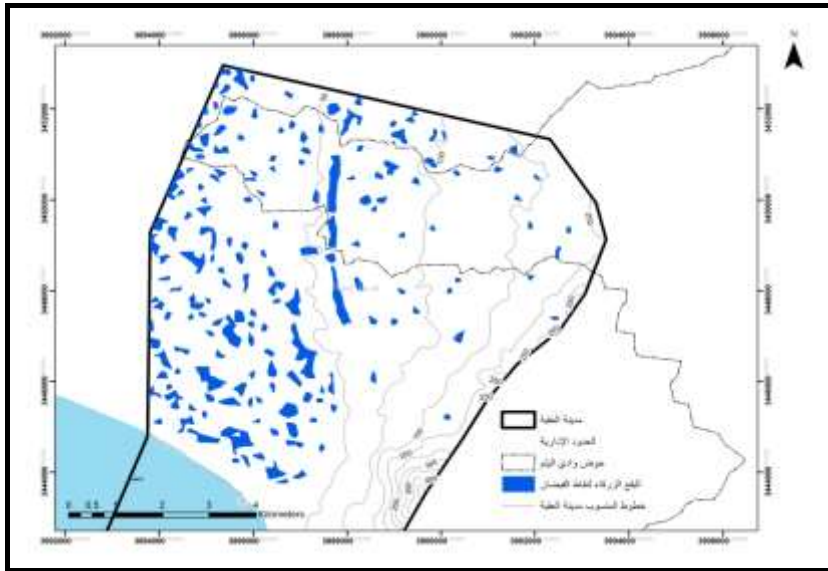
وتبين من خلال الشكل رقم(12) أن هناك نحو 15 % من مساحة منطقة الدراسة عرضة للغمر بمياه الفيضان إذا كان الهطول المطري 15 ملم / الساعة، حيث تنتج هذه الحالة 47 مليون م<sup>3</sup> حيث تصل هذه الكمية من المياه إلى أول منطقة الدراسة بعد مرور ساعتين وست دقائق تقريباً.



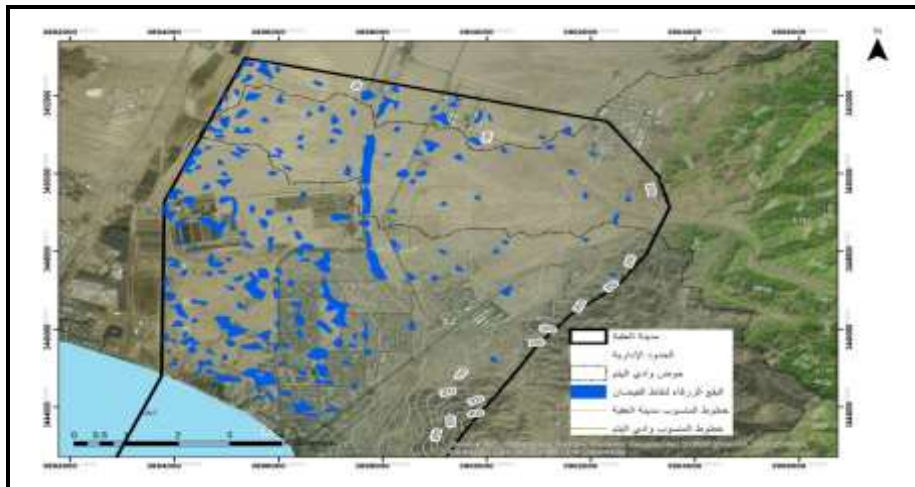
شكل رقم (12) خارطة المناطق المعرضة للفيضان في مناطق الدراسة



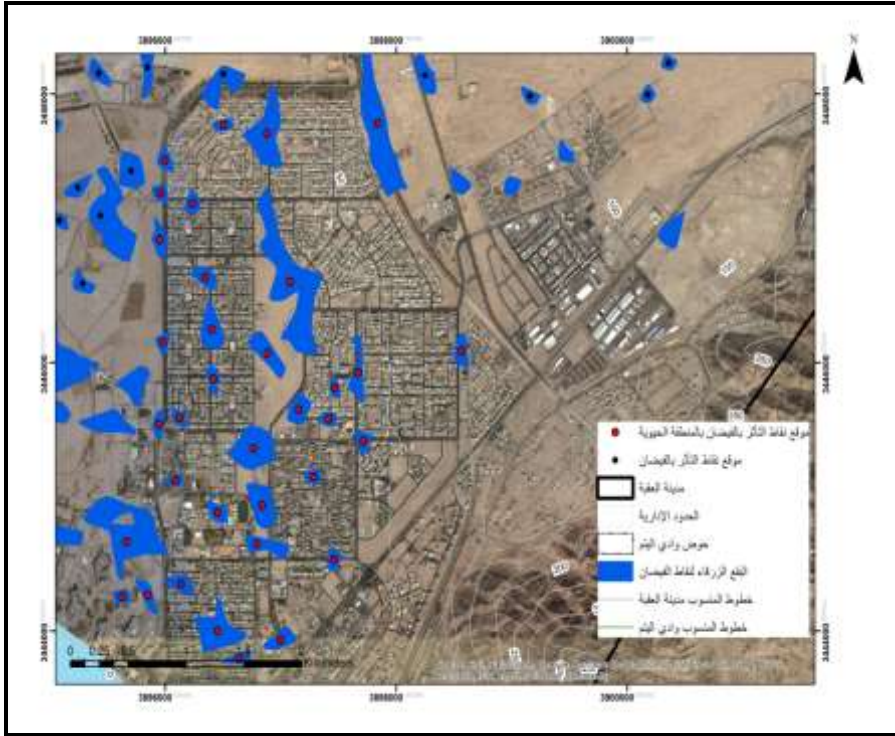
شكل (13) خارطة المناطق المعرضة للفيضان في منطقة الدراسة حسب المنسوب



شكل (14) خارطة كنتورية لمستوى  
الارتفاعات والمناطق المعرضة للفيضان لسطح مدينة العقبة



شكل (15) خارطة جوية للمناطق المعرضة للفيضان في مدينة العقبة مع صورة فضائية من  
القمر الصناعي بدقة مقدارها 30 م LAND Sat 8



شكل رقم (16) خارطة تبين المناطق الحيوية المعرضة للفيضان في مدينة العقبة



شكل (17) خارطة تبين الشوارع المعرضة للفيضان في مدينة العقبة

## الخلاصة:

تم التعرف على الحقائق المختلفة المتعلقة بحدوث الفيضانات والسيول في المنطقة وآلية تمددها إلى المناطق السكنية والعوامل التي أثرت في حدوثها، ويمكن تلخيصها كما يلي:

- 1- قُدرت مساحة المناطق المتضررة بنحو 15% من المساحة الكلية للعقبة موزعة بين مناطق تعرضت للسيول المشبعة بالطمي والرسوبيات وأخرى غُمرت بالمياه.
- 2- كشفت الدراسة أنه بناء على المعطيات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، تم تحديد الأسباب الطبيعية والبشرية وراء وقوع الكارثة وبهذا الحجم، حيث إن المنطقة المرتفعة والواقعة شرق العقبة تعتبر تشكيلا جيومورفولوجيا لحوض صخري يتم فيه تجميع مياه الأمطار، حيث تكثر فيه روافد الأودية التي يفتح الجزء الأكبر من مصباتها باتجاه العقبة. وعند هطول الأمطار بغزارة تبدأ المياه بالاختلاط مع الرمال والرسوبيات الموجودة في الأودية لتصل إلى درجة التشبع، وبالتالي تبدأ بالتحرك عبر الأودية الموجودة باتجاه العقبة غرباً.
- 3- يرجع السبب الرئيس للطاقة العالية لجريان السيول كما شهدته المنطقة، إلى ضيق مقاطع الأودية نسبة لحمولة الكتل المائية والسيول الموجودة ضمنها، ووجود الرمال غير المتماسكة والسميكة في بعض الأودية (تصل إلى عدة أمتار)، إضافة إلى تلاقي روافد الأودية المختلفة، ووصول المياه والسيول إلى المناطق المحصورة كالطرق الضيقة وما بين الأسوار.
- 4- أدت ديناميكية التصادم ما بين الجروف المائية مع المناطق السكنية، فعند التقاء السيول مع هذه المناطق على مشارف مدينة العقبة خفت طاقتها بسبب تصادمها بالمنشآت العمرانية ومن ثم بدأت المواد المحمولة (خصوصاً الرمال والرسوبيات) بالتجمع عند هذه المناطق. أما المياه المتسربة فبدأت بالجريان باتجاه المناطق المدنية السهلية المجاورة، خصوصاً مع ممرات الطرق.
- 5- كما أن غياب الأعمال الاحترازية الضرورية في المنطقة وما تبعه من تمدد سكاني عشوائي كان له الأثر الأكبر في تقادم الوضع.

**التوصيات:**

- 1- بناء السدود الاحترازية مختلفة الأبعاد الهندسية.
- 2- إنشاء البرك الجبلية للاستفادة من المياه المتجمعة وكذلك تخفيف سرعة جريان المياه، إضافة إلى وضع المصدات الصخرية على مشارف المناطق السكنية والمنشآت ذات الأهمية لصد زحف السيول باتجاهها.
- 3- بناء أنظمة قنوات تصريف المياه وأهمها قناة مياه موازية للساحل في المنطقة بين العقبة والتلال الجبلية، نقل الكتل الرملية من الأودية ذات حمولة الترسيب الكبيرة، اتباع سياسة التشجير في مناطق الصخور والتراب ضعيفة التماسك.
- 4- اتباع نُظم الأعمال الهندسية المختلفة التي من أهمها أعمال الصرف الصحي وحيطان الدعم والحواجز الإسمنتية وإلى ما هناك من أعمال احترازية مناسبة.

## References:

- Al-Halifi, F. (2020). *Floods Risk Map Using GIS: A Case Study "Wadi Numan"*, Master's Thesis, King Abdulaziz University.
- Al-Hamdani, K. (2015). Spatial analysis of torrential rains and floods in the Tangro Valley Basin in Sulaymaniyah Governorate, *Geographical Information Systems and Remote Sensing, Anbar University Journal for Human Sciences*, Anbar University - College of Education and Human Sciences, p. 2, pp. 51-75.
- Al-Rawashdeh, M. (2016). The City of Aqaba Between the perspectives of spatial expansion and pressing areas Study crisis, *Studies of human and social sciences, Journal*, 43, (3), 1375-1390.
- Koch. A. (2001). Experiences with different soil water measuring system on diverse locations in Lower Austria. Project number 302-D1- AUS-11184.
- Chorley, R., Shumm, S.& D. Sugden, S. (1985). *Geomorphology*, Methuen Inc., NY, USA.
- Chow, V., David R. & Lary W. (1988). *Applied Hydrology* ,Mc GRAW-Hill, International Editions.
- Cotton, Saeed (2019). Floods Risks in Urban Growth in Salalah City Using GIS and Remote Sensing, *Journal of Human Sciences*, Center for Research and Development of Human Resources - *Ramah*, 2(18), 146-172.
- Department of Meteorology, *Information Directorate*, (2015).
- Department of Statistics, *General Population and Housing Census*, several years.
- Directorate General of Civil Defense*, unpublished data. 2015.
- Horton, R. (1933). "The role of infiltration in the hydrologic cycle" *Trans.Am.Geophys. Union*.
- IPCC, (2001). *3rd assessment report* ,Cambridge University Press. Also at [http:// www.grid.a.no/climate/ipcc tar/wg1/](http://www.grid.a.no/climate/ipcc_tar/wg1/)
- Kundzewicz, Z. & Kaczmarek, Z. (2000). "Coping with hydrological extremes" ,Water International.
- Michand, I. (1992). *Distributed rainfall-runoff modeling of thunderstorms generated floods: A case study in midsized semi-arid watershed in Arizona*, Ph.D Dissertation, Department of hydrology and water resources, the University of Arizona, Tucson, USA.

- Misir Consulting Engineer, (2001). *Mabar water supply, sanitation and storm water drainage, Preliminary design report*, National Water and Sanitation Authority. Sana'a, Yemen.
- Muhammad, S. (2012). estimating the magnitude of floods and their dangers at the lower reaches of Wadi Arnah, southeast of the city of Makkah Al-Mukarramah (using geographic information systems), *Egyptian Geographical Society*, Issue 48, p. 55.
- Natural Resources Authority, unpublished data, (2015).
- Regional Reef Group, (2005). *Hydrological manual of Yemen-Annexes* ,General Corporation for Roads and Bridges, Ministry of Public works and Highways.
- Royal Jordanian Geographical Center, Jordan Atlas, (2015).
- Royal Jordanian Geographical Center, unpublished data, 2015.
- Salama, Hassan Ramadan, (1980). *Origins of Gymorphology*, first edition: Amman: Dar al-Masirah.
- Schreiber, P. (1904). *Über die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserführung der Flüsse in Mitteleuropa*, Meteorologische Zeitschrift.
- Subyani, M. and Bayumi, H. (2001). Physiographical and Hydrological Analysis of Yalamlam Basin, *Makkah AlMukarramah Area*. 13, pp. 151-177.
- Tarawneh, Mandi, (2010). *Evolution of Land Use and Urban Growth in the City of Aqaba (1984-2000) Using Geographical Information Systems*, Amman: Dar Al-Kanooz Scientific Knowledge for Publishing and Distribution.
- US Department of Agriculture. (1985). *Soil conservation service :National Engineering Handbook*, Section 4Hydrology. Washington, DC.
- US Department of Agriculture. (1986). *Soil conservation service: Urban hydrology for small watersheds, Technical release 55*. National Technical Information Service, Springfield, VA.
- Xiao Lin. (1999). *Flash flood in arid & semiarid zone, IHP-IV technical document in hydrology*, 23, UNESCO, Paris.
- Young, A., (1978). *Slopes*, Longman Inc. New York. USA