

تحديد المناطق المعرضة للفيضانات في مدينة العقبة باستخدام الجغرافية الحديثة

* سطام 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 المذكرة 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، تجمع فيه مياه الأمطار ثم تجري من خلاله الروافد التي تتحرر مصباتها باتجاه العقبة غرباً بشكل سريع؛ بسبب ضيق مقاطع الأودية وتلاقي روافد الأودية عند دخولها المدينة.

الكلمات الدالة: وادي اليم، الجيمورفولوجيا، الهيدرولوجيا، التقنيات الفضائية والجغرافية.

* قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة مؤتة.

تاريخ قبول البحث: 2019/12/2 . تاريخ تقديم البحث: 2021/10/12 م .

© 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*

sattamhamaeda@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 ASTR 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 abound 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 التixer، أو الامتصاص عن طريق النباتات، أما الكمية المتبقية من المياه فإنها تغذى المجاري النهرية، وعندما لا يحدث هذه فقد، بواسطة 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 الهطلات المطرية في أعلى 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 الأخطار الطبيعية المبالغة، 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 اليتيم المصدر الأساسي لفيضانات مدينة العقبة، إذ ينتهي من الناحية الجيمورفولوجية 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 لينتاج 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.

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

مشكلة الدراسة:

شهدت مدينة العقبة أحداثاً متوازية من الفيضانات، حيث يقمعها وادي اليتيم، 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 المنازل وتدمير لأنشطة البشرية المختلفة، وأن هناك احتمال تكرار 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 تكرار حدوث أمطار وبذورة 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 والعمارية، مما يستوجب تحديد المخاطر التي قد تتعرض لها لاسيما مخاطر السيول والفيضانات، والعمل على الحد من تأثيراتها البيئية والتقليل من الخسائر التي تترجم عنها، وذلك بتحديد المناطق المهددة بها ووضع الخرائط المناسبة لها، وتعتبر هذه الدراسة ذات أهمية كبيرة كونها تقييد في التخطيط المسبق لمناطق النمو والتوزع العماني إذ تتناول التحليل المكاني للمناطق المهددة بالسيول والفيضانات في مدينة العقبة لمساعدة المخططين في التخطيط العماني لتقادي المخاطر الناجمة عن تدفق مياه السيول والفيضانات في المناطق العمرانية، والقابلة للنمو العماني مستقبلاً، ويعيد 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 الأساليب المباشرة وغير المباشرة التي تؤدي إلى سرعة جريان المياه والسيول باتجاه العقبة.
2. تصنيف التربة في منطقة الدراسة هيdroلوجيا وفقاً لمقدرتها على تسريب المياه.
3. إنتاج خريطة تبين المناطق المعرضة لخطر الفيضانات في مدينة العقبة.

أسباب اختيار الموضوع:

1. يعد وادي الitem أكبر أودية منطقة العقبة وأعظمها جرياناً، وأشدتها خطراً على السكان وال عمران.

2. تقع مدينة العقبة في منطقة تجمع السيول القادمة من جبال في الشمال الشرقي والمتوجهة إلى الجنوب الغربي صوب البحر الأحمر مما جعلها عرضة لمخاطر السيول المدمرة.
3. بدأت مشكلة مخاطر السيول في مدينة العقبة تزداد حدة وقصوة 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 مررت 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 (Land sat -8) بدقة مكانية 30م من خلال الموقع الإلكتروني لهيئة المساحة العسكرية الأمريكية USGS.
2. تم الحصول على نموذج لارتفاعات 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 أحطر السيول في منطقة الدراسة، كالحساب زمن التركيز، وسرعة الجريان السطحي، ومؤشر البال الطبوغرافي 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 نقاط 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)

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

حيث أن:

V : سرعة الجريان السطحي (م/ث)

LM : طول المجرى الرئيسي ب (م).

Tc (s): زمن التركيز بالثانوي

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

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

Tc : زمن التركيز بالدقائق

s : مساحة حوض التغذية (كم²)

i : معدل الانحدار (%)

بـ مؤشر الرطوبة الطبوغرافي :Topographic Wetness Index

تم حساب مؤشر البلل الطبوغرافي من خلال برنامج TauDEM في برنامج Arc GIS ، ثم أجري إعادة تصنیف للطبقة الناتجة باستخدام وظائف التحلیل المکانی Spatial Analyst . ومن أجل تقدير كمية الھطول المساھي اعتمدت الدراسة طریقة مضلع ثیسن من خلال تحولی البيانات النقاطیة للمحطات المطریة إلى بيانات مساحیة تمثل كمية الھطول Rainfall .

وتنمیز طریقة ثیسن بأنها تعطی وزنًا لكل المحطات، كما يمكن الاستفاده من محطات القياس خارج الحوض، ويستخرج معدل ثیسن Thiessen Average Method حسب المعادله التالیة:

$$\bar{P} = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)} = \frac{\sum_{i=1}^M P_i A_i}{A} = \sum_{i=1}^M P_i \frac{A_i}{A} \quad \dots \quad (3)$$

وقد تم توقيع المحطات المناخیة باستخدام Arc MAP10.3، وتم إقامه المضلعات على الطبقة في منتصف المسافة بين كل محطتين، وتم حساب مساحة كل منطقة، وبالاعتماد على برنامج SMADA تم استخراج التوزیع الاحتمالي وبناء فترات الرجوع للتصریف المائی الیومی، واستخدام التوزیع Log Pearson Type III لاستخلاص فترات الرجوع المحتمله.

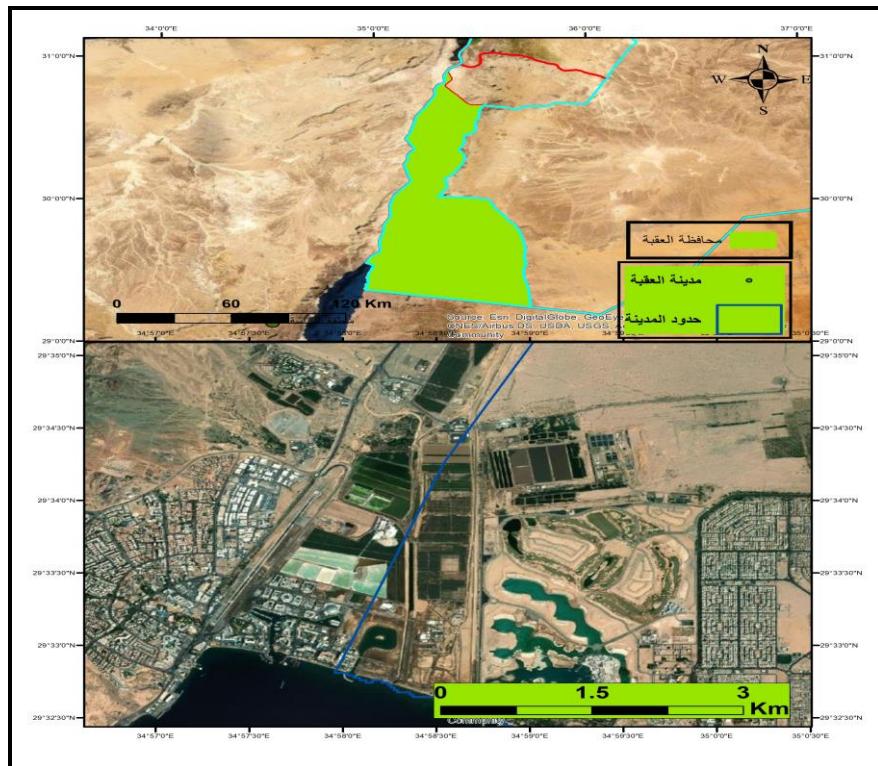
5- تم رسم الخرائط الموضوعیة للمناطق المعرضة للفیضان وذلك بالحصول على قیاسات رقمیة دقیقة، ومن خلالها تمت دراسة كل العناصر الجیموفولوجیة والهیدرولوجیة للمنطقة، إضافة إلى الخصائص الطبیعیة الأخرى ذات الصلة بموضوع الفیضانات والسيول. وقسمت الدراسة تبعاً للأحواض المائیة الموجودة فيها ليتم التحلیل المورفومتری ضمن أنظمة هیدرولوجیة مستقلة. وعليه تم تحديد 3 أحواض مائیة ذات الأبعاد المختلفة، تلتقي 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، وفكرياً تقع بين خطی طول 34.9° و 35° شرقاً، وبين دائرتی عرض 29.05° و 29.58° شمالاً، واكتسبت أهميتها من موقعها الاستراتیجي 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 وال سعودية.

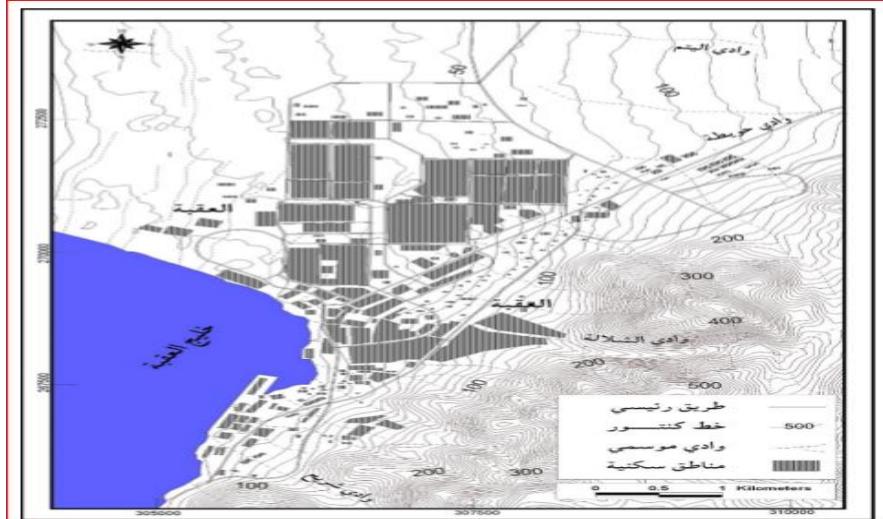


شكل (1) خارطة منطقة الدراسة

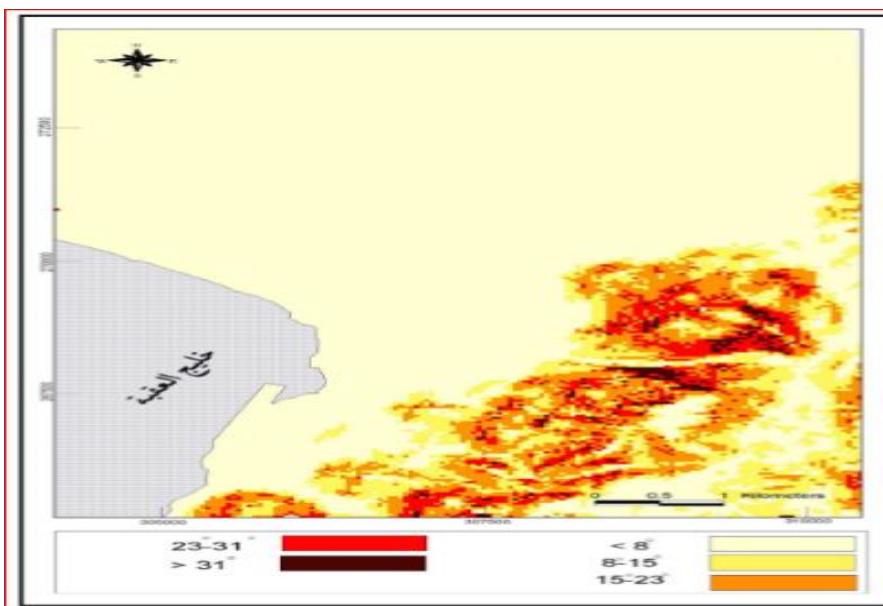
الخصائص الطبوغرافية:

يتكون سطح منطقة الدراسة من سهل ساحلي م-curved، تحيط به كتلة جبلية من الجهة الشرقية تمتد بمحاذاة خط الساحل كما يبين الشكل رقم (2)، وتحدر 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، والاوية التي تقع إلى الشرق تجري باتجاه الغرب نحو منطقة الدراسة بشكل متعمد 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 وتبين خطوط الارتفاعات المتساوية في حوض وادي الitem الذي يؤدي التقائه 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°C ، وتجاوز درجة الحرارة صيفاً 24°C ، بينما لا تتجاوز شتاءً إلى أقل من الصفر المئوي (Department of Meteorology, 2015).

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

ثانياً - العوامل العمرانية والسكانية

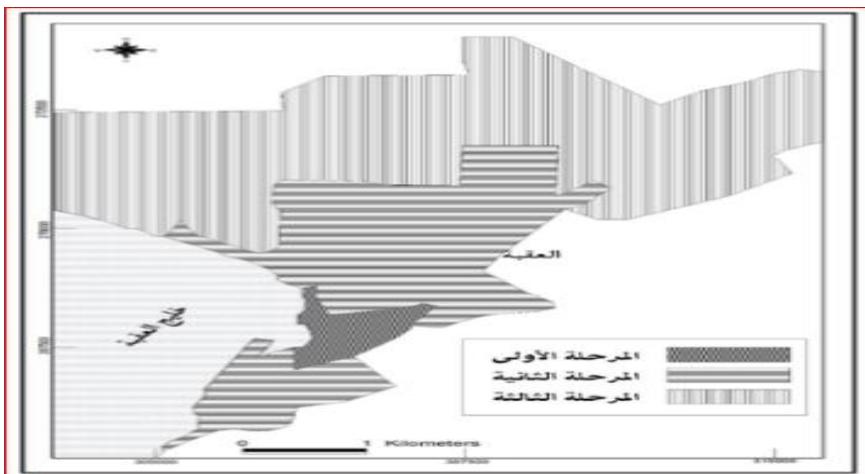
تتمثل في أنماط استعمالات الأرض، والازدياد المستمر في أعداد السكان بسبب الهجرة القادمة إلى المدينة بشكل كبير ومطرد، وقد تزايد الحجم السكاني للمدينة من خلال التعدادات السكانية من (2853) نسمة عام 1952 حتى وصل إلى (61.673) نسمة عام 1994، ثم وصل (150.000) نسمة عام 2015؛ مما أسهم في زيادة التوسيع العمراني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

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



شكل (4) استعمالات الأرض في مدينة العقبة



شكل (5) مراحل توسيع مدينة العقبة حتى عام 2014

Aqaba Special Zone Authority, unpublished data, 2015

الدراسات السابقة:

في ضوء ما تتوفر من دراسات وأبحاث حول موضوع الدراسة الحالية أو المنهج المتبعة فيها دون التقيد بالحدود المكانية أو الزمانية، فقد أمكن الاطلاع على عدد كبير من الدراسات الإنجليزية 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 المهددة بالغمر بسبب الفيضانات في الأحواض الطبيعية، مرکزة على الكيفية الوقائية من خطرها. 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 لتقدير 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 العمري بمدينة صالة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، هدفت الدراسة لتحديد مسارات المياه والمناطق الخطرة التي يتواجد بها الفيضانات وتلك التي يمنع البناء فيها تحسباً 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 تانجو بمحافظة السليمانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، إلى أن هناك حوالي مساحة 942.7 كم² معرضة لمخاطر السيول والفيضانات من مجموع مساحة الحوض البالغة 1865.5 كم² 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 لتنبئ 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 وجدت تأثيراتها المدمرة سواء الطبيعية أو البشرية على منطقة الدراسة وتوصلت الدراسة بأنه يجب وجود نظام للتبيؤ المبكر للفيضانات لدرء تلك المخاطر.

ودراسة Jaroslw Chormanski & others, 2008) التي هدفت تحسين عملية التبيؤ بكمية الجريان السطحي لأعلى نهر والوي في بروكسل، عن طريق تقدير المساحات المصمتة وتأثيرها المباشر على الجريان السطحي، باستخدام نوعين متبالين من الدقة المكانية من بيانات الأقمار الصناعية، الأول: بيانات إيكونوس 3m والثاني: بيانات لاندسات ETM 30، 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 أخذت هذه البيانات ثلاثة 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 للسطح المصمتة من خلال بيانات الاستشعار عن بعد، وإمكانية التبيؤ بالفيضانات من خلال عملية النمذجة للمياه في البيئات الحضرية.

أما دراسة (Kafl and others, 2006) التي كانت بعنوانربط بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ونمذجحا محاكاة مخاطر الفيضانات، لإنتاج خرائط مخاطر الفيضانات لنهر باجمتي في النبيال، الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تحقيق التكامل بين نماذج محاكاة الفيضانات وبيانات الاستشعار عن بعد ودمجها مع البيانات الطبوغرافية والبيانات الاجتماعية والاقتصادية في بيئه نظم المعلومات الجغرافية لرسم خرائط مخاطر الفيضانات لنهر 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 ظهرت على غطاءات الأرض، ولهذا الغرض تم الاستعانة ببيانات اللاقط الأمريكي

لأنسات 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 اليم هي (Jordanian Atlas, 2013) :

1. تكتشفات صخرية Bare Rock

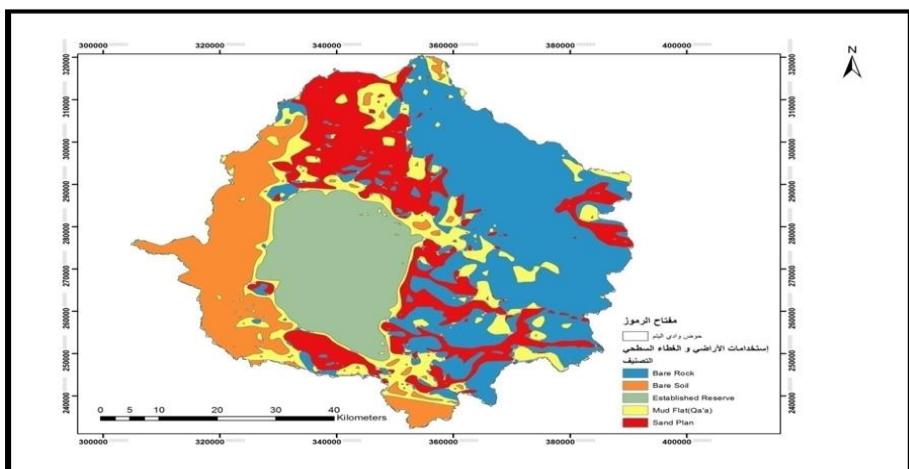
2. تكتشفات تربة Bare Soil

3. مناطق مستغلة Established Reserve

4. قيعان طينية Mud Flat

5. رمال Sand Plan

في حين يبين الجدول (1) النسب التصنيفية لمساحات استغلال الأرضي والغطاء السطحي في منطقة الدراسة. ونلاحظ من الجدول أن الجزء الأكبر من الحوض تشغله التكتشفات 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 اليم

Researchers work using Jordanian Atlas, 2013

جدول (1) النسب التصنيفية لمساحات استغلال الأراضي والغطاء السطحي

ترتيب التصنيف	التصنيف	المساحة (م ²)	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)

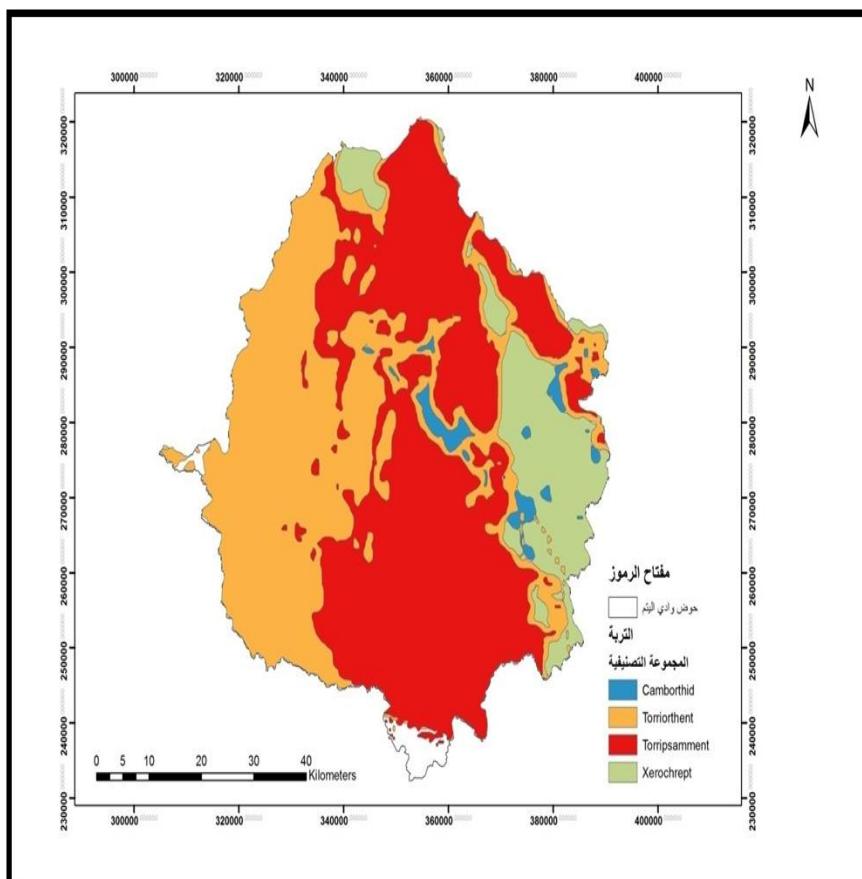
المجموعات الهيدرولوجية للتربة:

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

1. تربة من نوع كامبورثيد Camborthid وهي التربة (من النوع الجاف) تحفظ بالرطوبة بشكل ضعيفة، تتكون من كربونات الكالسيوم والجبس والأملاح الأخرى.
2. تربة توروشنت Torriothent وهي تربة ضعيفة غير متطرفة من حيث النسيج والتماسك ناجمة من حطامات الصخور الحديثة نسبياً وغنية بالحصى وحطامات الصخور الجرانيتية والجيوبية.
3. تربة توريب سامنت Torripsamment وهي شبيه بالتربة السبقة وتتبع لنفس المجموعة التصنيفية إلا أن وجود تكتففات صخرية معها تكون بنسبة أكبر وحجم الحطام أكبر.
4. تربة اكسبرو كربت 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 تماماً، وهي تربة عميقه، ومعظم مكوناتها من الحصى.
- ب- المجموعة التربة (B) هي الطمي أو الطمي، ولديها قدرة معتدلة على تسريب المياه عندما تكون مبللة تماماً، عندما مبلل تماماً وهي تربة متوسطة العمق إلى عميقه، وقوامها خشن.
- ج- المجموعة التربة (C) التربة الرملية الطينية. لديها قدرة منخفضة على تسريب المياه عندما تكون مبللة تماماً.
- د- مجموعة التربة (D) تشمل تربة الصلصال، الغرين والطين الرملي والطين الغريني ولديها أعلى احتمال جريان للمياه، ومعدلات تسرب منخفضة جداً عندما تكون مبللة تماماً.



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

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

جدول (2) تصنيف التربة

حسب رقم منحني التسرب والعامل الهيدرولوجي والمساحة في حوض وادي اليتم

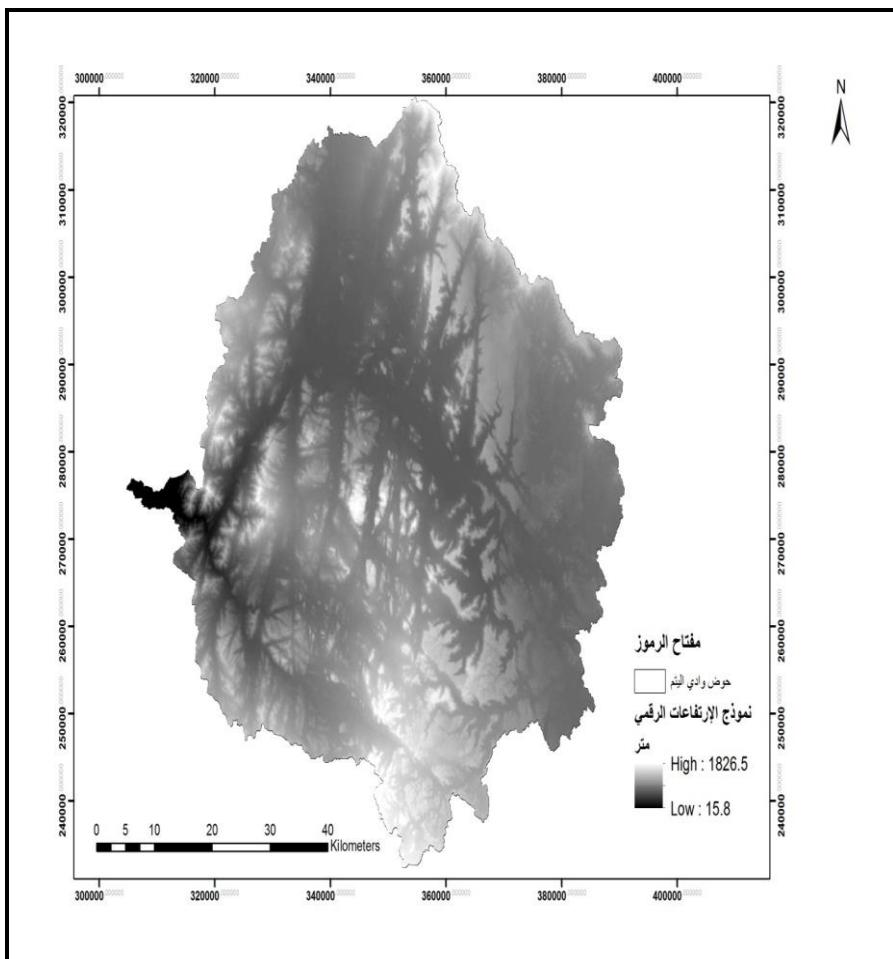
الترية	تصنيف التربة	المساحة (م ²)	نسبة المساحة %
Camborthid	B	77821092.7	1.8
Torriorthent	C	1681953932.1	38.7
Torripsamment	B	2067590234.9	47.6
Xerochrept	D	515856928.8	11.9
المجموع		4343222188.5	

Researchers work.

نلاحظ من الجدول أن التربة الحمراء والكلسية هي الأقل في منطقة الحوض وأن حطامات الصخور غير الناضجة والضعيفة المفككة والتكتشفات 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 منحني الحوض المائي (CN:Curve Number) حيث يتم من خلاله تحديد قدرة السطح على خزن التساقط. ويترواح معامل المنحني من 85 إلى 90.

نموذج الارتفاعات الرقمي:

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



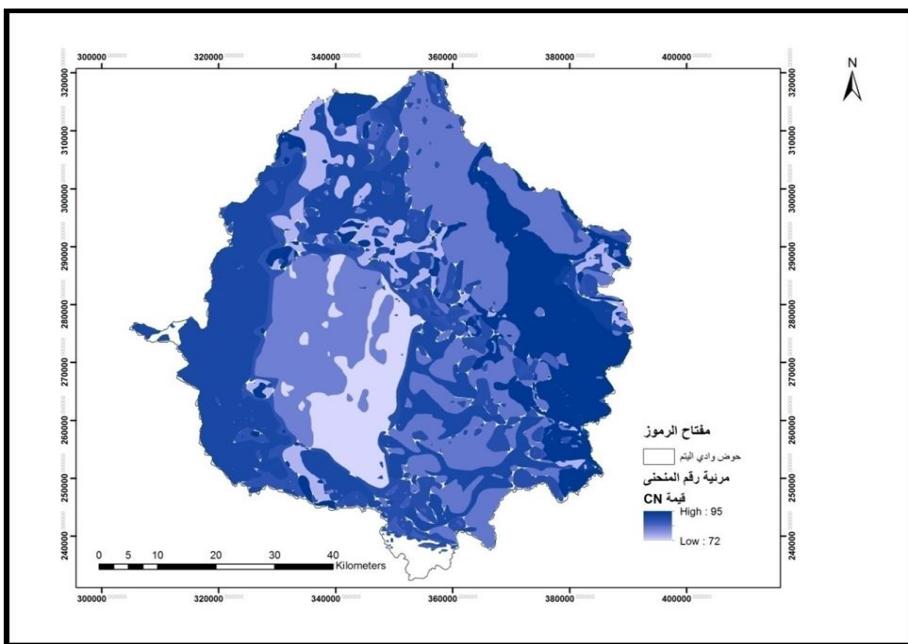
الشكل (8) خريطة نموذج الارتفاعات الرقمي لمنطقة الدراسة

حساب رقم منحنى CN لحوض وادي اليم:

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

جدول (3) قيم المنحنى القياسي للأراضي في منطقة الدراسة

التصنيف الهيدرولوجي				التصنيف للأراضي	قيمة LUVValue
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 لوادي اليم

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 تكتشفات صخرية صلبة وطبيعة التربة وارتفاع نسبة الأنحدارات في الحوض.(Young, 1972)

ويعد عامل رطوبة التربة قبل الهطول (محتوى التربة من الرطوبة: Soil Antecedent Moisture AMC) عاملاً محدداً لنمذج تمثيل كمية الجريان السطحي الذي يعرف اختصاراً بـ (Moisture AMC-II) 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

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

Cepuder, P., et. al. 2001

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

$$\text{تقدير عمق الجريان السطحي من عاصفة مطوية} =$$

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

بشرط أن يكون الهطول المطري بالملم أكبر من $0.2 \times \text{التجمع السطحي للحوض}$

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

...

.....(5)

حيث تمثل متغيرات المعادلة كالتالي :

(Q) : عمق الجريان المباشر

(P) كمية الهطول المطري بالملم

الجُمُع السطحي للحوض

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

التجمع السطحي للحوض للحوض = (CN - 10) ÷ رقم منحني الحوض

علمًاً أن رقم منحنى الحوض (CN) هو معامل أبعاد الحوض الذي يتم استخلاصه من خال 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 منحنى 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 منحنى الحوض لوادي الitem (CN) Curve Number بإستخدام أدوات التحليل الهيدرولوجي ببرمجيات نظم المعلومات الجغرافي بناء على طبقات رقمية للتربة ونموذج الارتفاعات الرقمية وطبقات استخدامات الأراضي ومعاملات الهيدرولوجية القياسية.

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:

الجمع السطحي للحوض للحوض = (1000 ÷ رقم منحني الحوض CN) - 10 (6)

$$\text{الجتماع السطحي لحوض وادي الليم} = 1.61 = 10 - \left(86.1 \div 1000 \right) \text{ ملم}$$

حساب مقدار الجريان السطحي من المعادلة (عند هطول المطرى مقداره 5 ملم)

يعتبر تقدير كمية الجريان السطحي في الأحواض المائية الجافة من أكثر القضايا الهيدرولوجية تشديداً، نظراً لأنها تعتمد على بناء قاعدة بيانات رقمية ورياضية وإحصائية لتشكل نموذج هيدرولوجي مبني على العلاقة الرياضية بين معامل رقم المنحنى للوحوض (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.

$$\text{عمق الجريان السطحي من عاصفة مطرية} =$$

$$[\text{الهطول المطري بالملم} - 0.2 \times \text{القدرة التخزينية للوحوض بالملم}]^{2^{\lambda}} \div [\text{الهطول المطري} + 0.8 \times \text{التجمع السطحي للوحوض}]] \dots \dots \dots \quad (7)$$

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

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

$$= 3.47 \text{ ملم معدل الجريان السطحي لكل } 1 \text{ م}^2 \text{ من أصل } 5 \text{ ملم / م}^3 \text{ من كمية الهطول المطري}$$

وهذا يعني أن الفاقد بالوحوض من التسرب والتبخّر والتسرّب بالترّبة والشقوق الصخرية يقدر بـ 1.53 ملم / م³ من الوحوض

تقدير حجم الجريان السطحي عند معدل هطول مقداره 5 ملم

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

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

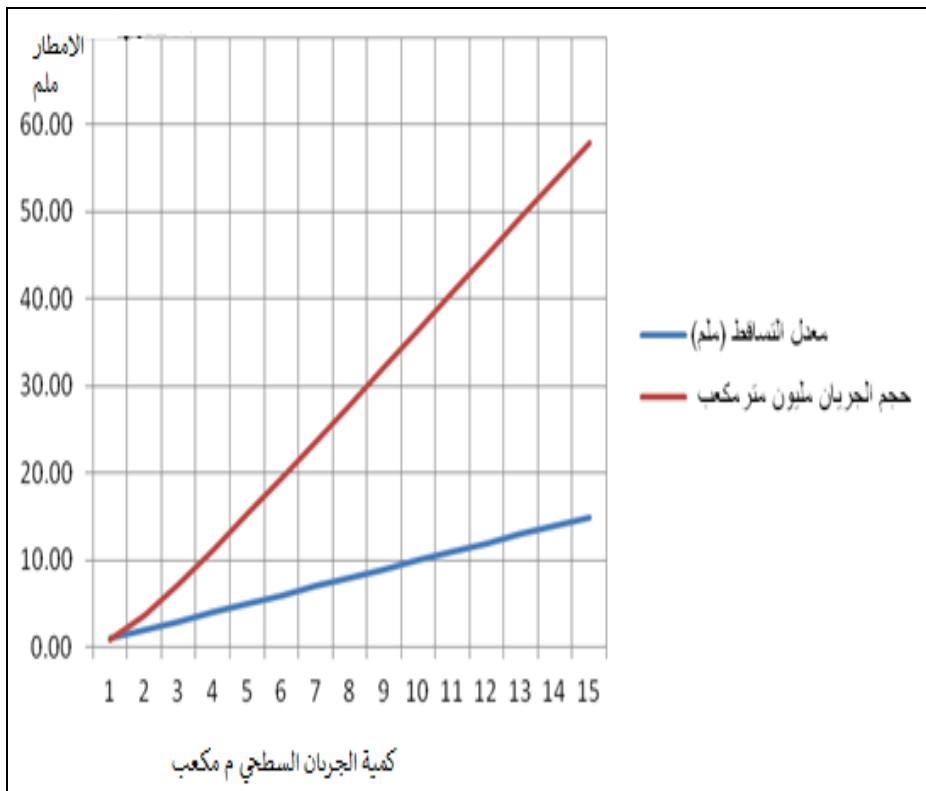
جدول (5) حجم وعمق الجريان السطحي

خلال عواصف مطرية أمطارها من 1 ملم إلى 15 ملم

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

Researchers work .

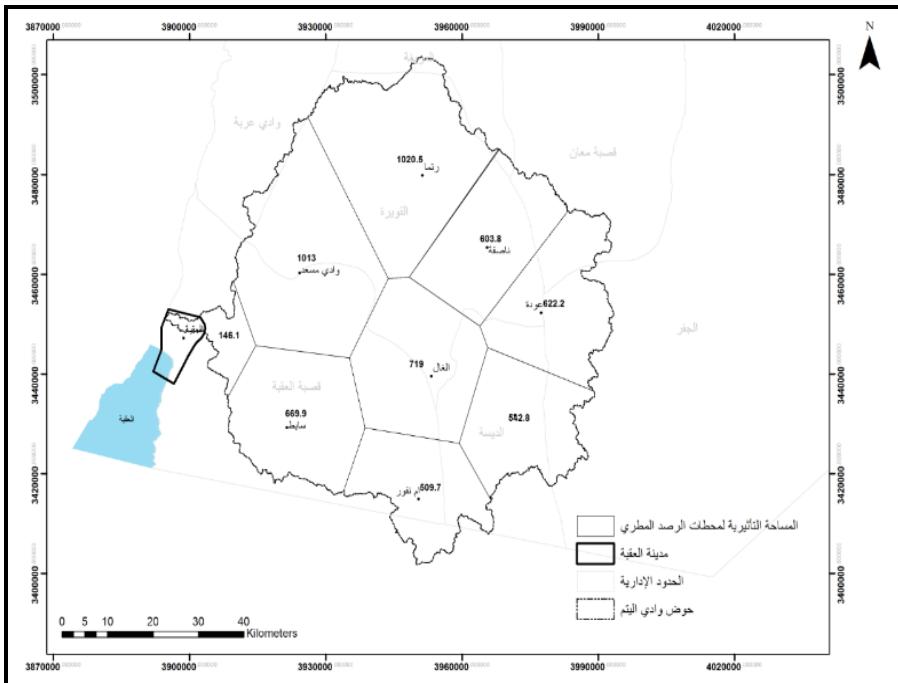
ويوضح الشكل رقم (10) طبيعة العلاقة بين كمية الهطول وعمق الجريان السطحي لوادي يتم تظهر العلاقة الطردية بينهما الذي يشكل نموذج لحساب حجم الجريان السطحي من خلال معدل الهطول، حيث يلاحظ من الشكل أنه كلما زاد معدل التساقط في المحور الصادي تزيد كمية الجريان السطحي (Salama, 1980).



الشكل رقم (10) طبيعة العلاقة بين كمية الهطول وكمية الجريان السطحي لنادي الitem

التوزيع المساحي للهطول المطري:

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



الشكل (11) خريطة لأمطار المساحية حسب طريقة شبكة مضلعات ثيسين لمنطقة الدراسة

التحليل الهيدرومناخي

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

حساب زمن الترکيز:

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

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

Tc: زمن التركيز بال دقائق

s: مساحة المنطقة (كم²)

i: معدل الانحدار (%)

وتم حساب زمن التركيز الذي بلغ 2.06 ساعات 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 سنایدر لوادي الیتم:

تم تطبيق نموذج سنایدر (Snyder's Model) لتقدير حجم الفيضان في حوض وادي الیتم 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 سنایدر:

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

- مساحة الحوض المائي ل وادي الیتم وبلغت 4404.20 كم² وتمثل قيمة A في نموذج سنایدر.

- طول المجرى المائي وبلغت 163 كم وتمثل قيمة المتغير Lb في نموذج سنابير.
- المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز نقل بوحدة (كم) وتمثل قيمة Lca في نموذج سنابير وهذا حسبت ب (50) كم.
- ثابت الشكل المورفومترى للحوض الذى يمثل قيمة Ct فى نموذج سنابير وتتراوح قيمته (من 0.2 إلى 2.2) حيث يتم تحديدها بقيمة 1.2 للأحواض الكبيرة الجبلية وبـ 0.72 للأحواض الهضبية وبقيمة 0.35 للأحواض الأودية) حسب تصنيف (Kohler و Linsley) كما أن هناك طريقة أخرى لاحسابه التي استخدمها (Taylor and Scwarz) التي تعتمد على درجة انحدار الحوض المائي وتحسب من المعادلة التالية (Raghunath,1991, P150).

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

حيث s تمثل درجة إنحدار الحوض المائي و Ct ثابت الشكل المورفومترى .
 وفي هذا النموذج لحوض وادي اليتتم اعتماد قيمة Ct = 1.2 في الحسابات الخاصة بنموذج سنابير - ثابت قيمة Cp الذي يتعلق بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه وتتراوح قيمته من 2 - 6.5 وتم إعتماد 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

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

حيث :

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³ / ثانية)

A : تمثل مساحة الحوض بوحدة (كم²)

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

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

$$\dots (10) \quad tp = Ct * (Lb * Lca)^{0.3}$$

حيث :

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 اليتم.

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

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 ويعتبر قيمتها في المعادلة رقم (1) نجد أن كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض بلغت (492.46) م³/ثانية بعد هطول مطري يستمر لمدة (17.89) ساعة وهي تمثل قيمة Qp .

ثانياً: الفترة الزمنية المثلالية لهطول الأمطار:

يتم حسابها من المعادلة:

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

حيث :

tr : الفترة الزمنية المثلالية لهطول الأمطار (الساعة).

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

ويتعامل نموذج سنайдر 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 اليتم كونه يتعرض لعواصف مطرية أعلى من هذا المعدل غالباً.

وبتطبيق المعادلة نجد أن الفترة المثلالية للهطول بلغت 3.25 ساعة

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

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

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

حيث :

Tb : الفترة الأساسية لحدوث السيول (باليوم)

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

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

رابعاً: الارتفاع التدريجي لتدفق السيول

وتحسب من المعادلة

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

حيث :

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيول (بالساعة)

Tb : الفترة الأساسية لحدوث السيول (باليوم)

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

خامساً: الانخفاض التدريجي للسيول

ويحسب من المعادلة

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

حيث

Td : الانخفاض التدريجي للسيول بالساعة

Tb : الفترة الأساسية لحدوث السيول (باليوم)

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

سادساً: التدفق الأقصى لفترة الارتفاع التدريجي

وتحسب من المعادلة

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

حيث :

QTm : كمية التدفق الأقصى لفترة الارتفاع التدريجي للسائل وتحسب بوحدة ($m^3 / \text{ث}$)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة ($m^3 / \text{ثانية}$)

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (بالساعة)

T : الفاصل الزمني المقترن لتقدير الارتفاع التدريجي للسائل وهنا تم إقتراح (1) ساعة للنموذج

بعد تطبيق المعادلة وجدنا أن كمية التدفق كانت ($0.28 m^3 / \text{ثانية}$) بعد (1) ساعة من بداية السيل.

سابعاً: التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي للسائل

تحسب من المعادلة

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

حيث :

QTd : تمثل التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي ($m^3 / \text{ث}$)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة ($m^3 / \text{ثانية}$)

Td : الانخفاض التدريجي للسائل بالساعة

T : الفاصل الزمني التقريبي الانخفاض التدريجي بالساعة وهنا قدر بعد (24) ساعة

حيث وجد أن التدفق الأقصى لفترة الانخفاض كان $178.88 m^3 / \text{ثانية}$.

ثامناً : تدفق الذرة النوعي للحوض المائي

ويتم حسابه من المعادلة

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

حيث :

qp : تدفق الذرة بوحدة (م³/ث)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³ / ثانية)

A : مساحة الحوض با (كم²)

حيث وجد أن تدفق الذرة كان (0.11) م³ / ثانية بكامل الحوض

(Al-Baroudi, 2012)

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

ويحسب من المعادلة

$$\dots \dots (18) W50 = \frac{5.6}{(qp)^{1.08}}$$

حيث :

qp : قيمة تدفق الذرة النوعي م/3ثانية لكل 1 كم² 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%

$$\dots \dots (19) W75 = \frac{3.21}{(qp)^{1.08}}$$

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

عاشرأً: حساب تركيز الأمطار المناسب لإحداث تدفق الذرة في السيل داخل الحوض بوحدة الملم

من المعادلة

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

حيث :

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

وبعد التعويض وجد أن تركيز المطر اعتماداً على نموذج ستايير 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 (مليوم م³ / الثانية) ويحسب من المعادلة رقم (13)

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

حيث :

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³ / ثانية)

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (بالساعة)

وبالتعويض في المعادلة نجد أن حجم تدفق السيل = (148.52) مليون م³/الثانية

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

تحسب من المعادلة

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

حيث :

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

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³ / ثانية)

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (بالساعة)

A : مساحة الحوض ب (كم²)

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 (كم²)

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³ / ثانية)

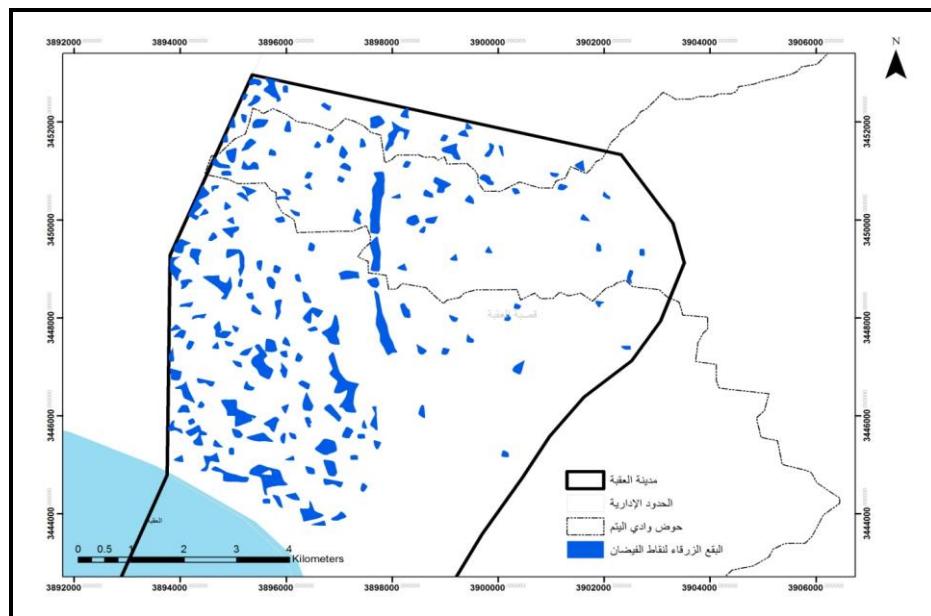
وبالتعويض وجد أن قوة السيل في الحوض المائي بلغت 7.42

احتمالية حدوث الفيضانات

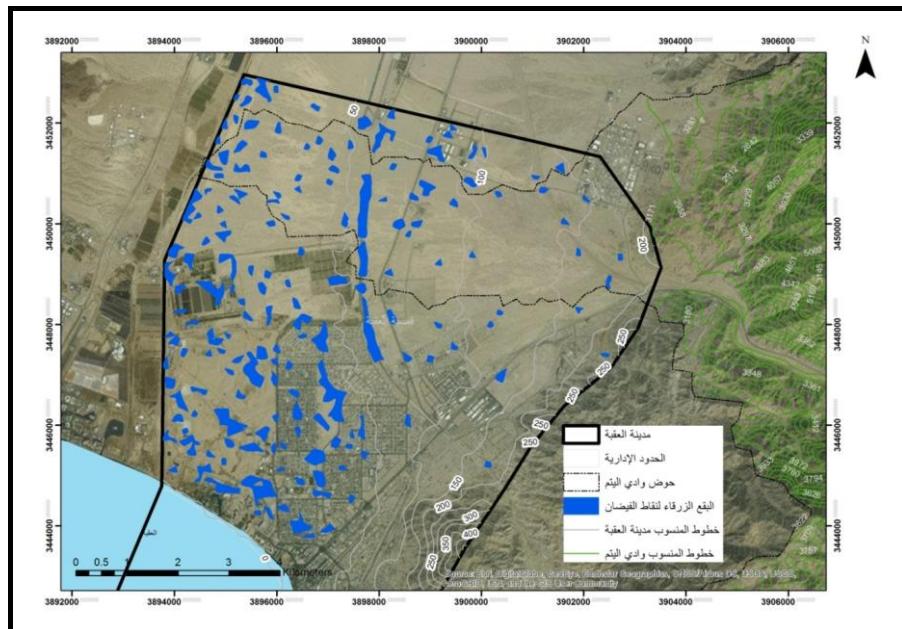
تحديد المناطق المهددة بالفيضان في منطقة الدراسة

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 وبذرة عالية، وبذلك كان المحور من الدراسة متعلقاً بإنتاج خريطة المناطق تحت خطر الفيضانات التي تم إنتاجها بالفعل من خلال نمذجة المعطيات المتعلقة بالعوامل المؤثرة في وقوع الحدث والأخذ بعين الاعتبار التقييم الذي تم عمله في الدراسة فيما يتعلق بالخصائص والهيdroفومترية. واتبعت الدراسة هنا طريقة استخدام المؤشرات التي أثرت فعلاً في الفيضانات باعتماد المعدل المطري الساعي الذي أسهم في حدوث الفيضانات سابقاً، وعليه تم بناء خريطة تحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضان.

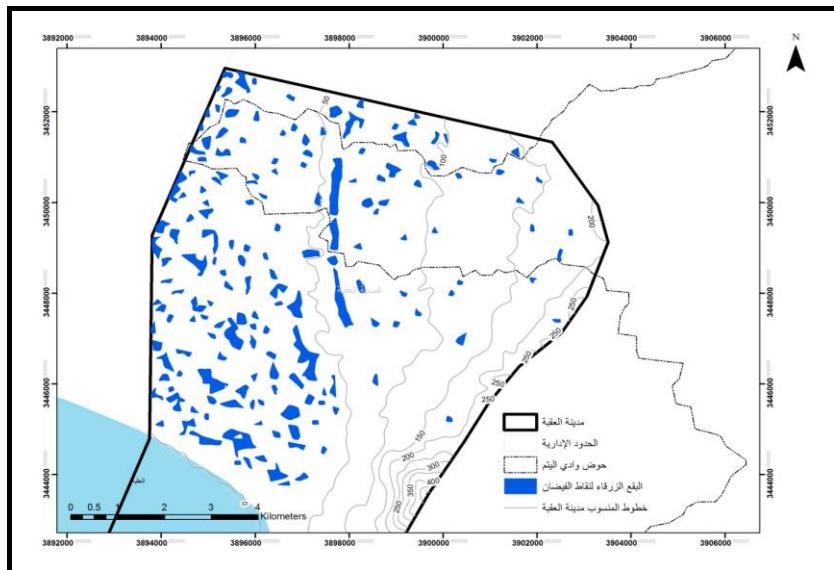
وتبين من خلال الشكل رقم(12) أن هناك نحو 15 % من مساحة منطقة الدراسة عرضة للغرق بمياه الفيضان إذا كان المطر المتساقط 15 ملم / الساعة، حيث تنتج هذه الحالة 47 مليون م³ حيث تصل هذه الكمية من المياه إلى أول منطقة الدراسة بعد مرور ساعتين وست دقائق تقريباً.



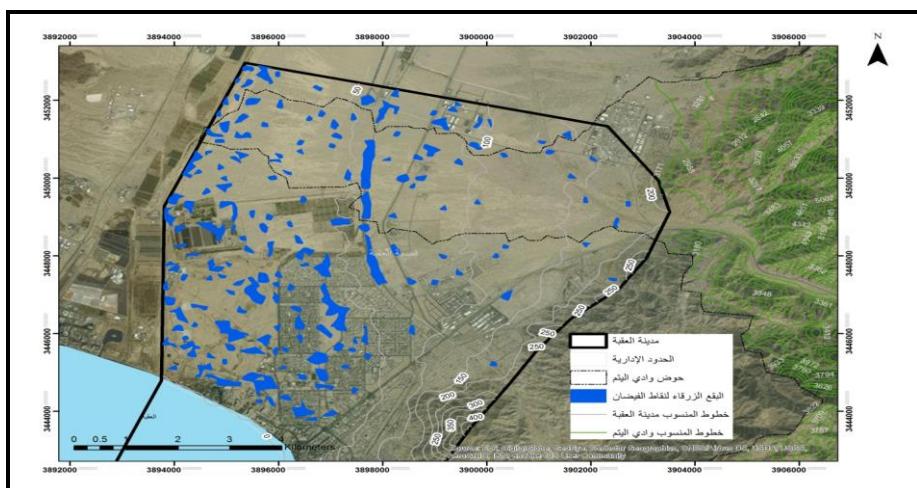
شكل رقم (12) خارطة المناطق المعرضة للفيضان في مناطق الدراسة



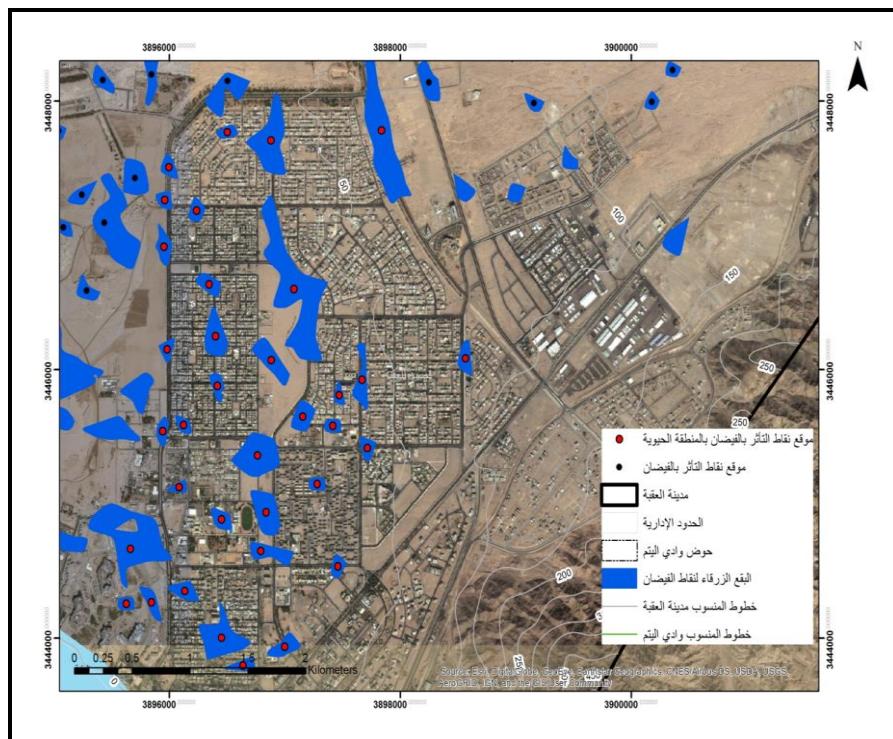
شكل (13) خارطة المناطق المعرضة للفيضان في منطقة الدراسة حسب المنسوب



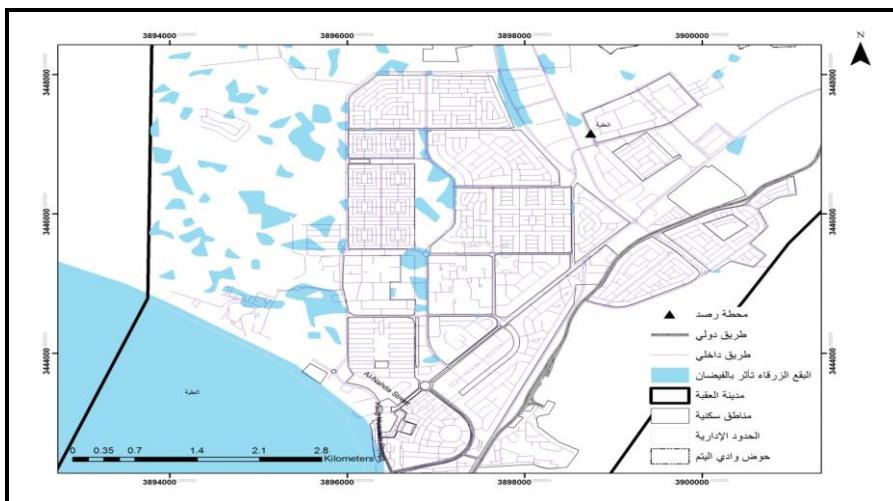
شكل (14) خارطة كنторية لمستوى
الارتفاعات والمناطق المعرضة للفيضان لسطح مدينة العقبة



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 وأالية تمددها إلى المناطق السكنية والعوامل التي أثرت في حدوثها، ويمكن تلخيصها كما يلي:

- 1- قدرت مساحة المناطق المتضررة بنحو 15% من المساحة الكلية للعقبة موزعة بين مناطق تعرضت للسيول المشبعة بالطمي والرسوبيات وأخرى غمرت 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 تشكيلًا جيومورفولوجيًا 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 غربًا.
- 3- يرجع السبب الرئيس للطاقة العالية لجريان السيول كما شهدته المنطقة، إلى ضيق مقاطع الأودية نسبة لحملة الكتل المائية والسيول الموجودة ضمنها، ووجود الرمال غير المتماسكة والسميك 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 محمولة (خصوصاً الرمال والرسوبيات) بالتجمع عند هذه المناطق. أما المياه المتسربة فبدأت بالجريان باتجاه المناطق المدنية السهلية المجاورة، خصوصاً مع مرارات الطرق.
- 5- كما أن غياب الأعمال الاحترازية الضرورية في المنطقة وما تبعه من تمدد سكاني عشوائي كان له الأثر الأكبر في تفاقم الوضع.

الوصيات:

- 1 بـناء السدود الاحترازية مختلطة 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 بـناء أنظمة قنوات تصريف المياه وأهمها قناة مياه موازية للساحل في المنطقة بين العقبة والتلال الجبلي، نقل الكتل الرملية من الأودية ذات حمولة الترسيب الكبيرة، اتباع سياسة التشجير في مناطق الصخور والترب ضعيفة التماسك.
- 4 اتباع ظـنـمـ الأـعـمـالـ الـهـنـدـسـيـةـ الـمـخـلـفـةـ الـتـيـ مـنـ أـهـمـهـاـ أـعـمـالـ الـصـرـفـ الصـحـيـ وـحـيـطـانـ الدـعـمـ وـالـحـواـجـزـ الـإـسـمـنـتـيـةـ إـلـىـ مـاـ هـنـاكـ مـنـ أـعـمـالـ اـحـتـرـازـيـةـ مـنـاسـبـةـ.

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.
- Direktorate 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/
- 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.

-
- Misr 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 Gymmorphology*, 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