

تقييم أخطار السيول على التنمية العمرانية في مدينة ضرماء
باستخدام نماذج المحاكاة والتقنيات الجيومكانية

أ. خالد عبد الله الجميلة^{1*} ، د. محمد السيد حافظ علي²
^{1,2} قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود، السعودية
mohhafez@ksu.edu.sa

Assessment of flash flood hazards on urban development in Dhurma City
Using simulation modeling and geospatial technologies

Khaled Abdullah Al-Jumaiah^{1*}, Mohammed Al-Sayed Hafez Ali²

^{1,2} Department of Geography, College of Humanities and Social Sciences, King Saud University, Saudi Arabia

تاريخ الاستلام: 2025-05-23 تاريخ القبول: 2025-06-30 تاريخ النشر: 2025-07-12

الملخص:

تعتبر النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية أحد أهم طرق محاكاة أخطار السيول داخل النطاق العمراني للمدن، وتهدف هذه الدراسة إلى نمذجة أخطار السيول لمدينة ضرماء التابعة لمنطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية، والتي تعتبر من المدن التي تعاني من حدوث متكرر للسيول بحكم موقعها على مصب شعاب وأودية غرب جبال طويق، كما تهدف الدراسة لإعداد خريطة رقمية لشدة أخطار السيول ودرجة هذه الأخطار بمنطقة الدراسة، ووضع حلول مقترحة للتقليل من أخطار تلك السيول، ولتحقيق أهداف الدراسة تم الدمج بين نماذج المحاكاة والتقنيات الجيومكانية، والمتمثلة في استخدام برامج النمذجة للأحواض المائية (WMS) والنموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) لاشتقاق وحدة الهيدروغراف والتدفق الأقصى لأحواض الدراسة، وتطبيق النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) ثنائي الأبعاد داخل النطاق الحضري، لتحديد سرعة وحدود وعمق الجريان السطحي، وأخيراً توصلت الدراسة إلى نتائج منها تعرض مدينة ضرماء لأخطار السيول المتكررة بسبب موقعها عند مصبات عدد من الشعاب والأودية، وهي شعيب المرير والحميض وأبا القراوة ووادي البطين، مما أدى لتعرض نحو (5.70) كم² من النطاق العمراني للغمر، أي بنسبة (15) % من مجموع المساحة الكلية للنطاق العمراني، والأحياء المعرضة للغمر (المعارض، الديرة، النهضة، المنزه، اليمامة، البطين، كلية العلوم الإنسانية)، ومن النتائج تصميم ونمذجة خرائط غمر وسرعة وعمق السيول للمدينة، وأوصت الدراسة إلى إنشاء مجموعة من منشآت درء أخطار السيول لمدينة ضرماء.

الكلمات الدالة: السيول، الهيدروغراف، النموذج الهيدرولوجي، النموذج الهيدروليكي.

Abstract

Hydrological and hydraulic modeling are among the most important methods for simulating flood risks within urban areas. This study aims to model the flood risks of Dhurma City,

Riyadh Region, Saudi Arabia. This city suffers from frequent flooding due to its location at the mouth of valleys and valleys west of the Tuwaiq Mountains. The study also aims to develop a digital map of the severity and degree of flood risks in the study area and develop proposed solutions to reduce the risks of these floods. To achieve the study objectives, simulation models and geospatial techniques were combined, represented by the use of the Water Basin Modeling (WMS) program and the hydrological model (HEC-HMS) to extract the hydrograph unit and maximum flow for the study basins, and the application of the two-dimensional hydraulic model (HEC-RAS) within the urban area to determine the speed, limits, and depth of surface runoff. Finally, the study reached results including the exposure of the city of Dhurma to the risks of recurring floods due to its location at the mouths of number of valleys, namely Shuaib Al-Murir, Al-Humaid, Aba Al-Qarawa, and Wadi Al-Batin, which led to the exposure of about (5.70) km² of the urban area to floods, i.e. (15)% of the total area of the urban area and the neighborhoods exposed to floods (Al-Maarid, Al-Deira, Al-Nahda, Al-Muntazah, Al-Yamamah, Al-Batin, and the College of Humanities). Among the results are the design and modeling of flood maps and the speed and depth of floods for the city. The study recommended the establishment of a group of facilities to ward off flood risks for the city of Dhurma.

Keywords: Floods, hydrograph, hydrological model, hydraulic model, urban area.

المقدمة:

تُعرف الأمم المتحدة الخطر بأنه "حدث يحتمل أن يكون ضرراً مادياً ظاهراً أو ينعكس على النشاط البشري؛ حيث يتسبب في خسائر في الأرواح أو إصابات، أو إتلاف الممتلكات أو الاضطراب الاقتصادي أو التدهور البيئي" (UNISDR, 2004,p16)، ومن بين هذه الأخطار السيول وآثارها والتي تُعد من أهم لأخطار الجيومورفولوجية التي تتعرض لها المناطق الجافة وشبه الجافة نظراً لما تسببه من خسائر اقتصادية وبشرية (شعبان، 2009، ص107)

ويعتبر مناخ المملكة العربية السعودية مناخ صحراوي في معظم أجزائها عدا المرتفعات الغربية وتتغير كميات هطول الأمطار من فصل لآخر ومن سنة لأخرى وقد تنحبس سنوات وتأتي بغزارة ولفترات قصيرة تارة أخرى مسببة أضراراً جسيمة جراء السيول (تقرير حالة البيئة، 2016، ص30)، ففي عام 2017 صنفته وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان بالمملكة العربية السعودية 29 مدينة على درجة عالية من الخطورة في حال تعرضها لأمطار غزيرة؛ وعزت ذلك الأمر بسبب خصائص تلك المدن من حيث كمية الأمطار وطبوغرافية السطح وعدد السكان وتمددتها العمراني (وكالة الأنباء السعودية، 2017)، ومن ضمن المدن التي تتعرض لأخطار السيول المتكررة مدينة ضرماء، كما حدث في أعوام (2006) و(2007) و(2019) و(2022)؛ حيث غمرت مياه السيول بعض الطرقات والأحياء السكنية، وعانت المدينة من تجمعات المياه في العديد من المناطق المنخفضة الشكل (1).

شكل (1) صور من أضرار السيول في مدينة ضرماء 2020.



المصدر: تصوير المواطن- محمد الطويل - سيول مدينة ضرماء 2020م.

الدراسات السابقة:

دراسة الجعيدي وآخرون (2008) عن درء أخطار السيول في مدينة الخرج بالاعتماد على تطبيق نموذج سنايدر Snyder's Model وطريقة التقديرات الحقلية لتقدير أعلى تدفق عند مخارج الأودية الرئيسية، أيضاً أشارت دراسة شريف وآخرون (2016) عن أخطار السيول في المناطق الحضرية لمدينة الرياض واستخدام تقنية نظام النمذجة (WMS) لتحديد مستجمعات مياه الأمطار والجريان السطحي لإنشاء النماذج الهيدرولوجية المكانية (HEC-HMS) لتمثيل عملية الجريان السطحي و نموذج المحاكاة الهيدروليكي (HEC-RAS) ثنائي الأبعاد، وهناك دراسة الزهراني (2016) عن أخطار السيول لمدينة حفر الباطن باستخدام النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) و النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) لمحاكاة حدوث السيول، ودراسة عبد الرزاق وآخرون (2018) لتقييم أخطار الفيضانات المفاجئة في المناطق الحضرية وتحديد دراسة حالة جامعة طيبة بالمدينة المنورة، وذلك عن طريق تطبيق تقنية مصفوفة أخطار الفيضانات لمنطقة الدراسة، وفي دراسة عبدالكريم (2019) تم تقييم أخطار السيول في المنطقة الحضرية لمدينة تبوك، و دمج الهيدرولوجيا المكانية والنمذجة الهيدروليكية و تطبيق منحنى التردد (IDF) والتحليل الإحصائي لتقدير عودة هطول الأمطار في فترات زمنية مختلفة.

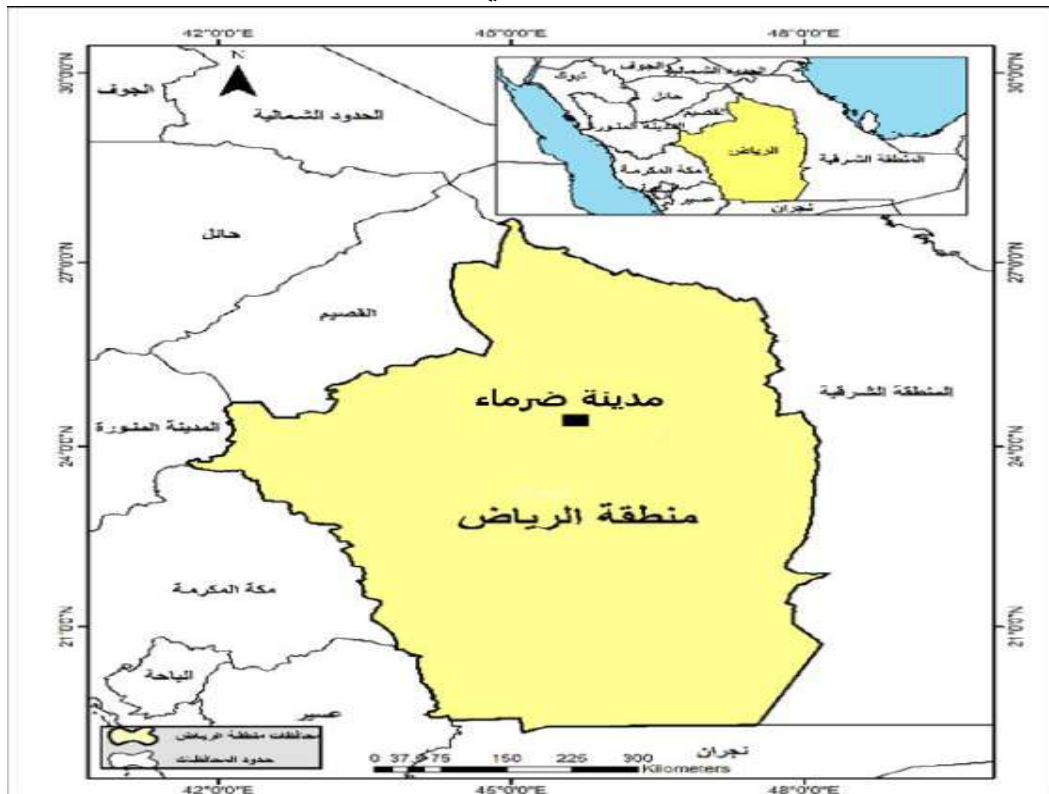
أهداف الدراسة

- 1- دراسة الخصائص الجيولوجية والمورفومترية وتقدير التدفق الأقصى لأحواض الدراسة.
- 2- نمذجة أخطار السيول لمدينة ضرماء وتحديد الأحياء المتضررة من جراء السيول.
- 3- وضع حلول مقترحة للتقليل من أخطار السيول وتأثيراتها على التنمية العمرانية.

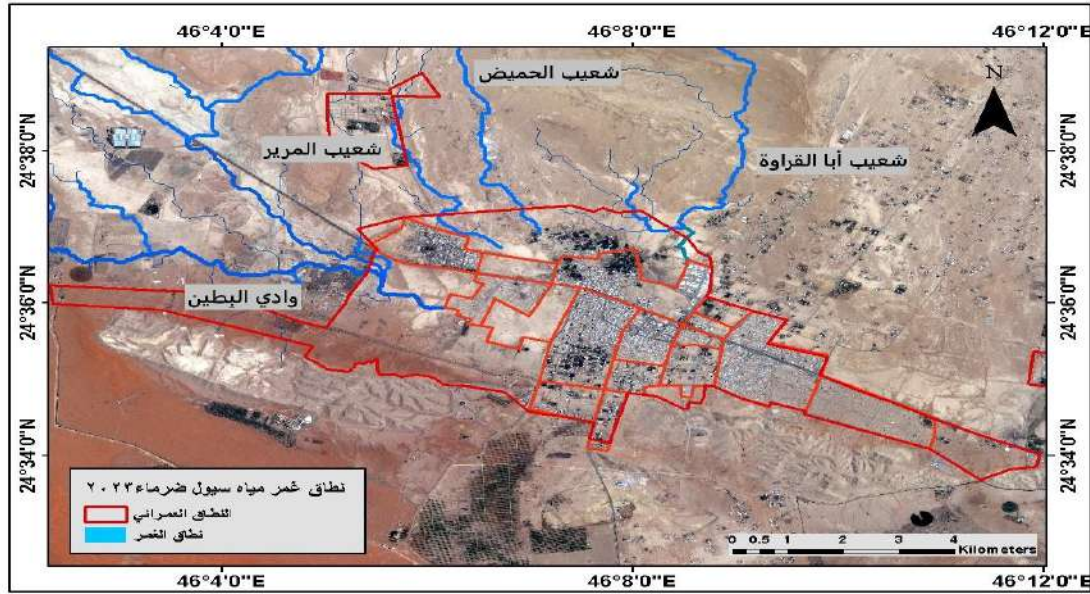
منطقة الدراسة:

طبقت هذه الدراسة داخل حدود النطاق العمراني لمدينة ضرماء، الواقعة في وسط المملكة العربية السعودية و التابعة إدارياً لمنطقة الرياض، والواقعة في حوض وادي البطين الواسع غرب حافة جبال طويق، حيث تقع مدينة ضرماء بين دائرتي العرض ($24^{\circ}56'00''$ و $24^{\circ}66'00''$) شمالاً، وبين خطي الطول ($46^{\circ}23'00''$ و $46^{\circ}09'00''$) شرقاً الشكل (2) والشكل (3)، مع الأخذ بالاعتبار بدراسة وتحليل أحواض الأودية والشعاب الجافة خارج النطاق العمراني والمحيطة والمؤثرة على سيول مدينة ضرماء، أما ما يخص الحدود الزمنية لهذه الدراسة فسوف تتناول هذه الدراسة الفترة الزمنية الممتدة بين عامي (1997) و (2024) لسجلات كميات الأمطار لمحطات رصد منطقة الدراسة، وعام (2023) للمريثيات الفضائية في تلك الفترة، وتحليل نماذج الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة.

شكل (2) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة.



شكل (3) مدينة ضرماء وشعاب وأودية منطقة الدراسة 2023.



المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على مرئية القمر (Spot-6) ونموذج الارتفاعات (DEM) 12.5م.

منهجية الدراسة:

تم اتباع عدد من المناهج والأساليب البحثية بغية تحقيق أهداف الدراسة من أهمها:

- 1- **المنهج الوصفي التحليلي:** والذي يعتبر منهج واسع يجمع تحت مظلته الواسعة دراسة ومعالجة الأشكال الجيومورفولوجية ضمن وصفها وصفاً كمياً، وتحليل هذه البيانات والقياسات الرقمية المستخلصة من المصادر الرئيسية للدراسة، واستخدام هذه القياسات في التطبيقات المختلفة مثل برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS) و ترسيم الأحواض المائية وحساب المتغيرات المورفومترية، و تطبيق النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) لنمذجة السيول وحساب واشتقاق وحدة الهيدروغراف لأحواض منطقة الدراسة، وتطبيق النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء وذلك لتحديد سرعة وعمق وانتشار الجريان السطحي.
- 2- **الأسلوب الكارتوجرافي:** والذي استخدم في التمثيل الخرائطي والرسم البياني لعرض النتائج، وذلك من خلال بيئة نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS) لعرض خرائط سرعة وعمق وانتشار وشدة أخطار السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء.

أولاً: خصائص الأمطار لأحواض منطقة الدراسة

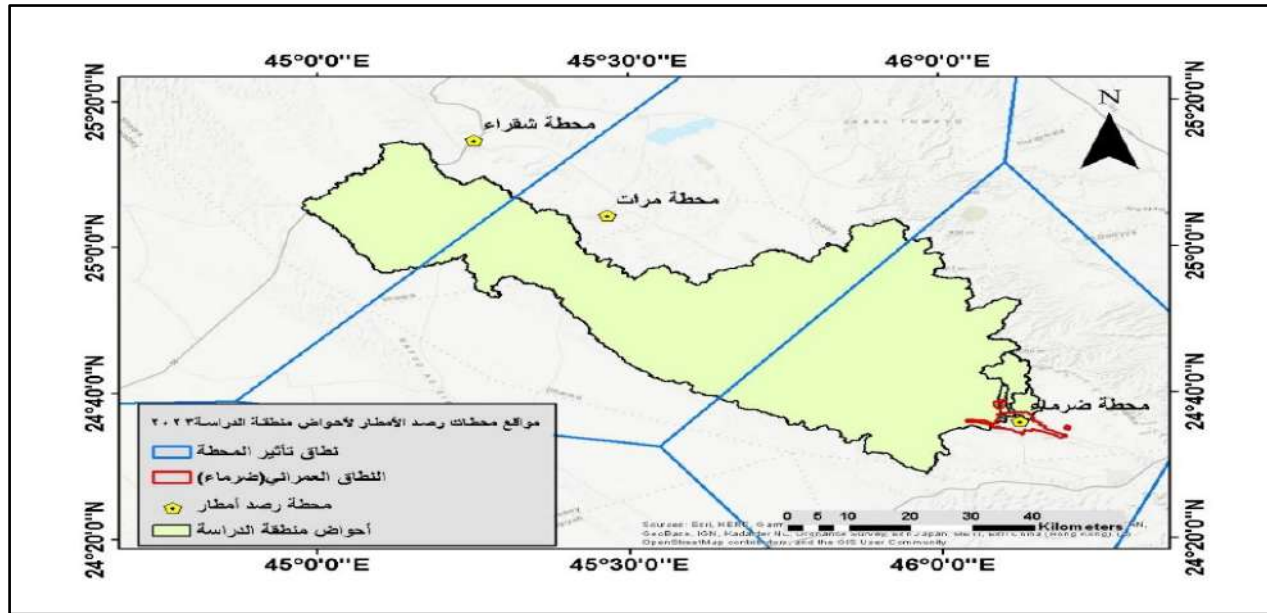
تعتبر الأمطار العامل الأهم والمباشر في الجريان المائي وكمية التصريف داخل الأحواض والتشكيل الرئيسي في بيئة النظم الفيضية (الكومي، 2022م، ص1205)، والذي يساعدنا على تقدير حجم هذه السيول هو تحديد أقصى كمية هطول للأمطار أو ما يسمى العمق المطري (Rainfall Intensity) واستخراج أقصى

عمق مطري متوقع حدوثه لفترات تكرارية مختلفة (2، 5، 10، 25، 50، 100) سنة، ويمكن تحديد خصائص الأمطار لمنطقة الدراسة من خلال الآتي:

1- تحديد نطاق تأثير محطات الرصد للأمطار منطقة الدراسة

هناك ثلاث محطات رصد مناخي تغطي أحواض منطقة الدراسة الشكل (4)، وهي محطة ضرماء (R112)، ومحطة مرات (R117)، ومحطة شقراء (R006)، ويمكننا من خلالها الاستعانة ببيانات أقصى كمية مطر يومي من تاريخ 1997/1/1م إلى تاريخ 2024/1/1م، وبسبب وجود أكثر من محطة تؤثر على أحواض منطقة الدراسة، تم تطبيق طريقة مضلعات ثيسن (Theissen Polygon)، والتي تقوم على مبدأ ربط مدى تأثير كل محطة رصد مناخية مع مساحة أرض حوض التجميع الذي تؤثر عليه هذه المحطة (عبد الكريم، 2019م، ص104)، وبالاعتماد على بيانات محطات الرصد التابعة لوزارة البيئة والمياه والزراعة تمكننا من الوصول لأقصى عمق مطري يومي للأحواض المائية المؤثرة على سيول مدينة ضرماء الجدول (1).

شكل رقم (4) نطاق تأثير محطات رصد الأمطار لأحواض منطقة الدراسة.



المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على طريقة مضلعات ثيسن برنامج (WMS).

جدول (1) أقصى عمق مطري يومي لمحطات الرصد لمنطقة الدراسة (1997م-2024م)

السنة	ضرماء/ملم	مرات/ملم	شقراء/ملم	السنة	ضرماء/ملم	مرات/ملم	شقراء/ملم
1997	32	38 .1	42	2011	14	27	22
1998	24 .3	22 .3	21	2012	9	14 .2	38
1999	6	3 .8	18	2013	14	12 .5	31
2000	31	39	25	2014	30	25	25
2001	27	22	19	2015	50 .5	51	57
2002	11	29 .7	9	2016	34	28 .7	21 .4
2003	15	37 .7	25	2017	35 .5	11 .3	11 .2
2004	10	30 .8	8	2018	13	25 .5	37 .5
2005	7	25	24	2019	14	23 .5	12 .7
2006	4	11	24	2020	7	12	22 .6
2007	4	18 .5	37	2021	8 .9	12 .2	10 .6
2008	3	14 .4	31 .5	2022	11	11	11 .2
2009	12	13	12	2023	9	26	37 .5
2010	28	15	53	2024	8	12 .8	13 .7

المصدر: بيانات محطات رصد الأمطار وزارة البيئة والمياه والزراعة.

جدول (2) كميات هطول الأمطار لمحطات الرصد لمنطقة الدراسة (1997م - 2024م).

الحد الأدنى/ملم	محطة ضرماء	محطة مرات	محطة شقراء
الحد الأدنى/ملم	3 .00	3 .8	8 .00
الحد الأقصى/ملم	50 .5	51	57
المتوسط/ملم	18 .8	23 .9	27 .1
الانحراف المعياري	12 .8	11 .9	15 .1

المصدر: إعداد الباحثان اعتماداً على تحليل البرنامج الإحصائي (Hyfran).

2- إنشاء هيدروغراف لعاصفة تصميمية

عند إنشاء هيدروغراف لعواصف تصميمية بطريقة الهيئة الأمريكية للمحافظة على التربة (SCS) فإنه يمكننا الحصول على تدفقات الذروة في فترات تكرارية مختلفة لأحواض المياه الغير مقاسة في المناطق القاحلة (عبد الكريم، 2019م، ص247)، وبسبب عدم توفر بيانات هيدرولوجية مقاسة لسيول منطقة

الدراسة، فقد لجأ الباحثان إلى استخدام الطرق الاصطناعية لحساب هيدروغراف سيول أحواض منطقة الدراسة، وذلك من خلال طريقة إنشاء هيدروغراف لعاصفة تصميمية لمدة زمنية 24 ساعة، باستخدام طريقة (SCS) طريقة الهيئة الأمريكية للمحافظة على التربة (Soil Conservation Service) والمعروفة اختصاراً (SCS Unit Hydrograph)، وتعتمد العاصفة التصميمية على متغيرين رئيسيين، أولاً تحديد أقصى عمق مطري متوقع بناءً على محطات منطقة الدراسة، ثانياً التوزيع الزمني لهطول تلك الأمطار بناءً على عواصف مناطق مشابهة (عبد الكريم، 2019م، ص 224)، وللوصول إلى العمق المطري لفترات زمنية تكرارية مختلفة حسب بيانات الأمطار المسجلة لمنطقة الدراسة تم استخدام برنامج التحليل الإحصائي (Hyfran)، والذي يوفر ميزة التحليل التكراري لفترات رجوع مختلفة للعمق المطري خلال (5، 10، 20، 25، 50، 100) سنة لأمطار منطقة الدراسة الجدول (3).

جدول (3) العمق المطري اليومي (Rain Depth) لفترات زمنية مختلفة لمحطات الرصد.

الفترة التكرارية (السنة)	2	5	10	20	25	50	100
محطة ضرماء (ملم)	14.5	28	39.6	52.7	57.3	72.7	83.8
محطة مرات (ملم)	20.8	33.9	43.8	54.1	57.5	68.6	80.4
محطة شقراء (ملم)	23.6	36.6	46.1	55.6	58.8	68.9	79.4

المصدر: إعداد الباحثان اعتماداً على تحليل البرنامج الإحصائي (Hyfran) لبيانات محطات الرصد.

ثانياً: الخصائص الجيولوجية لأحواض منطقة الدراسة

تساهم الخصائص الجيومورفولوجية والجيولوجية في التأثير على آلية الجريان السطحي للمياه مثل اتجاه الجريان وكمية التصريف ومعدلاته وزمن وصول المياه إلى المصب (الكومي، 2022م، ص 1180)، ومن خلال دراسة جيولوجية أحواض الدراسة بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية المشتركة بين وزارة البترول والثروة المعدنية السعودية وهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية من عام 1985م، تبين أن هذه التكوينات الجيولوجية يعود عمرها إلى ما بين العصر الترياسي المتأخر مروراً بالعصر الجوراسي وانتهاءً بإرسابات الزمن الرابع الشكل (5) والجدول (4).

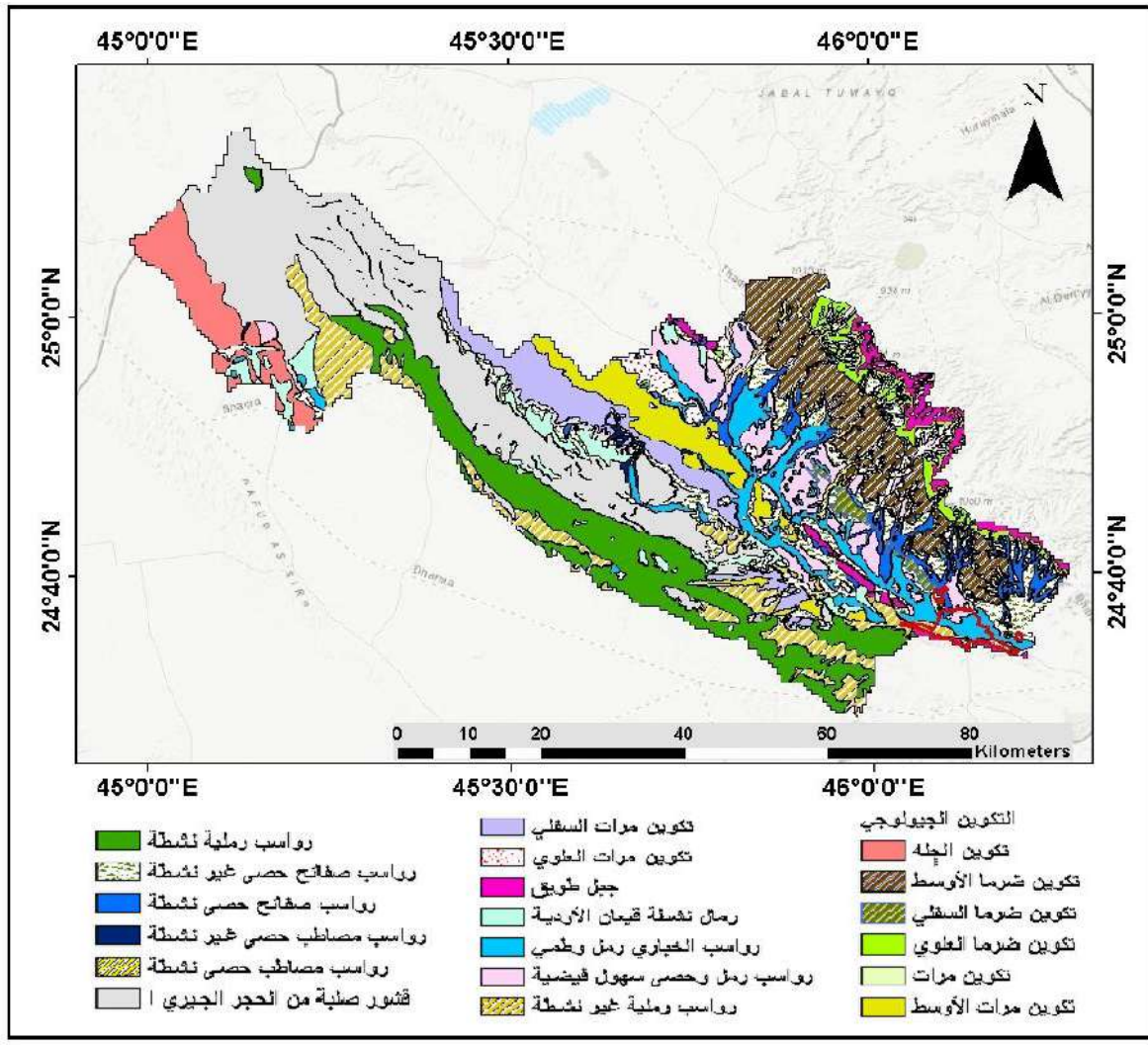
جدول (4) التكوينات الجيولوجية لأحواض منطقة الدراسة

العصر الجيولوجي	التكوين التابع للعصر الجيولوجي	نوع الصخور	مساحة التكوين (كم ²)
الترياسي المتأخر	الجله (Trju)	الحجر الرملي - الدولوميت - الطيني	178.92
	المنجور (Trm)	الحجر الرملي - الهيماتيت - الطمي - الكونجلومرات	396

201.13	الحجر الطيني الجبسي - الدولوميت - الرملي	مرات السفلي (Jml)	العصر الجوراسي
176.85	الحجر الجيري الأحفوري - الرملي - الطيني	مرات الأوسط (Jmm)	
42.25	الطمي - والحجر الطيني والطيني الجبسي - الجيري الأحفوري	مرات العلوي (Jmu)	
26.10	الحجر الجيري - الجيري العضوي المرجاني - الطيني - الدولوميت	ضرماء السفلي (Jdl)	
319	الحجر الجيري الطيني - وصخور الكلكارينيت - والجيري العضوي المرجاني - الجيري الأحفوري	ضرماء الأوسط (Jdm)	
77.46	الحجر الجيري والجيري الأحفوري المرجاني - الطين الأحفوري	ضرماء العلوي (Jdu)	
92.16	الحجر الجيري العضوي - الكلكارينيت - والدولوميت البلوري	جبل طويق (Jt)	
374.89	من الحجر الجيري الرملي وحجر الكلس	قشور صلبة (Qtc)	العصر الرابع
137.47	رمال ريحية نشطة	رمال ريحية (Qsz)	
279.97	رواسب كتبان رملية غير نشطة	رمال ريحية (Qdy)	
343.37	رواسب كتبان رملية نشطة	رمال ريحية (Qdz)	
241.81	رمل - حصى - طمي	سهل فيضي (Qay)	
240.58	الرمل - الطمي	رواسب الخباري (Qk)	
12.65	رواسب غرينيه - حصى غير نشط	المصاطب الغرينية (Qty)	
74.59	رواسب غرينية نشطة - الحصى	المصاطب الغرينية النشطة (Qtz)	
332.91	صفائح الحصى - الرمل الغير نشطة	الصفائح الغير نشطة (Qgy)	
128.72	صفائح الحصى - الرمل النشطة	الصفائح النشطة (Qgz)	
2 (3676) كم ²	مجموع المساحة الكلية لأحواض منطقة الدراسة		

المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الخريطة الجيولوجية بمقياس 1:250000

شكل (5) التكوينات الجيولوجية لأحواض التصريف لمنطقة الدراسة عام 1985م



المصدر: أعداد الباحثان بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، لوحة رقم (NG-101 C)، وزارة البترول والثروة المعدنية 1985م

ثالثاً: خصائص التربة وتصنيف المجموعة الهيدرولوجية لأحواض التصريف

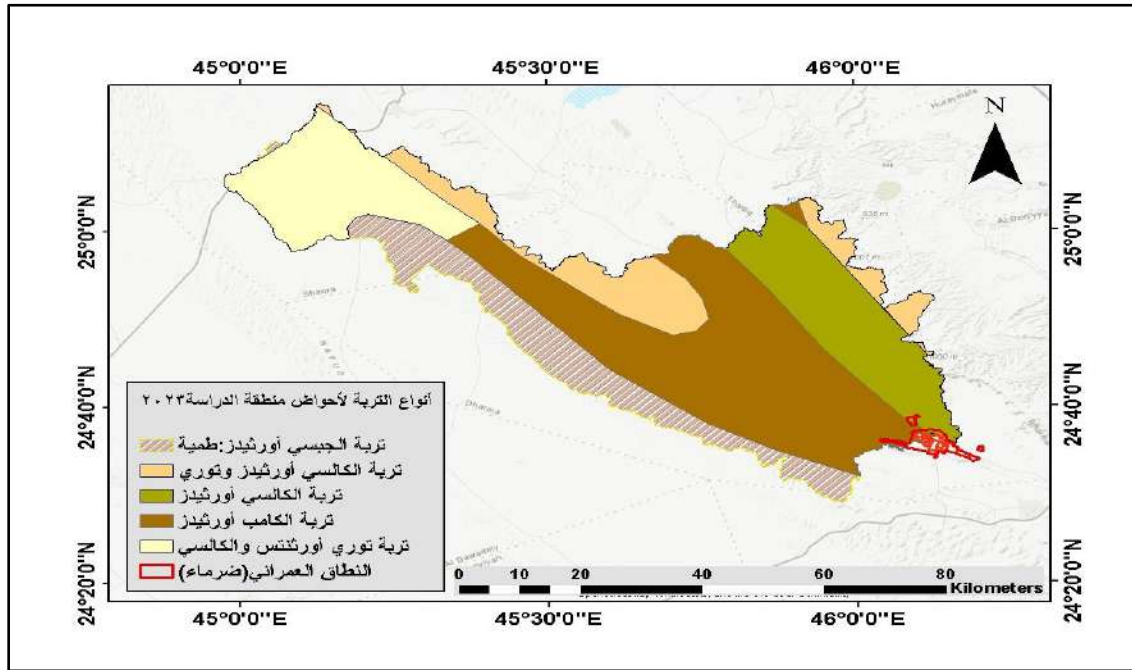
تعتبر التربة مكوناً رئيسياً من مكونات النمذجة الهيدرولوجية وذلك بسبب تأثير خصائص التربة على طبيعة الدورة الهيدرولوجية، ويتم دراسة وتحليل بيانات التربة عن طريق التعريف بالمجموعة الهيدرولوجية لتربة أحواض منطقة الدراسة، حيث يتم من خلالها تحديد نوع التربة ودرجة المسامية وتأثيرها على معدل الرشح، بالإضافة إلى دراسة استخدامات الأرض لمنطقة أحواض الدراسة، بهدف تقدير كميات المياه المفقودة بالتسرب إلى باطن الأرض أو ما يعرف بتقدير رقم المنحنى للتربة (Runoff Curve Number)، وبالتالي

الوصول إلى حساب معدل التدفق الأقصى للجريان السطحي بشكل أقرب إلى الواقع، وفيما يلي أهم المراحل للوصول إلى تصنيف المجموعة الهيدرولوجية لتربة أحواض منطقة الدراسة.

(1) أنواع التربة السطحية لأحواض التصريف:

هناك عدة أنواع للتربة في أحواض التصريف لمنطقة الدراسة، وفيما يلي أقسام التربة السطحية لأحواض التصريف والتي نجد معظمها يندرج تحت أقسام تربة الأراضي الجافة وتُرب حديثة التكوين حسب أطلس التربة-الخريطة العامة للتربة والتابع لوزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية لعام 1886م، وبالإضافة إلى بيانات خريطة التربة في العالم- الشرق الأدنى والتابعة لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة لعام 1992م، الشكل (6) والجدول (5).

شكل (6) أنواع التربة لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة



المصدر: أعداد الباحثان بالاعتماد على أطلس الخريطة العامة لتربة المملكة 1886م.

جدول (5) أنواع التربة لأحواض منطقة الدراسة

نوع التربة	رمز التربة	مناطق الانتشار	مساحة التربة (كم ²)
1- تربة الكالسي أورثيدز - بروزات صخرية	Zo18- 2ab	المناطق خفيفة الانحدار من السهول والبروزات الصخرية، وتتركز في الجزء الشمالي الغربي من أحواض الدراسة	750.79
2- تربة الكالسي أورثيدز	Yk25-	أسفل البروزات الصخرية والأراضي المرتفعة	421.37

	وتتركز في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من أحواض الدراسة	1/2ab	وتوري سامنتس
611	مناطق البروزات الصخرية والمناطق المستوية، وتتركز في الجزء الشمالي الغربي من أحواض منطقة الدراسة	Qc46- 1/2ab	3- تربة توري أورثنتس والكالسي أورثيدز
1233	المناطق المستوية خفيفة الانحدار من السهول وغيرها، ويمتد انتشارها من الجزء الشمالي الغربي حتى الجزء الجنوب الشرقي لأحواض منطقة الدراسة	Yk28-1a	4- تربة الكامب أورثيدز
660	المناطق الشبه مستوية خفيفة الانحدار ويمتد انتشارها من الجزء الشمالي الغربي حتى الجزء الجنوب الشرقي من أحواض منطقة الدراسة	Rc30- 1ab	5- تربة الجبسي أورثيدز
(3676) كم ²	مجموع المساحة الكلية لأحواض منطقة الدراسة		

المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على أطلس الخريطة العامة لتربة المملكة 1886م.

(2) المجموعة الهيدرولوجية لتربة منطقة الدراسة:

بعد تحديد أنواع التربة لأحواض منطقة الدراسة، تأتي مرحلة تعريف المجموعة الهيدرولوجية لأنواع هذه التربة في أحواض التصريف، والذي يعتبر من المعاملات المهمة لحساب رقم المنحنى (CN)، هذا بجانب استخدامات الأراضي، ووفقاً لطريقة الهيئة الأمريكية للمحافظة على التربة (SCS)، فقد حددت الطريقة أربع مجموعات هيدرولوجية عامة للتربة جدول(6)، وهي المجموعة (A - B - C - D)، بحيث يكون لكل مجموعة هيدرولوجية خصائص معينة للتربة، والتي تؤثر على درجة النفاذية وتسرب المياه إلى باطن الأرض وبالتالي حجم وطبيعة الجريان السطحي للمياه على هذه التربة.

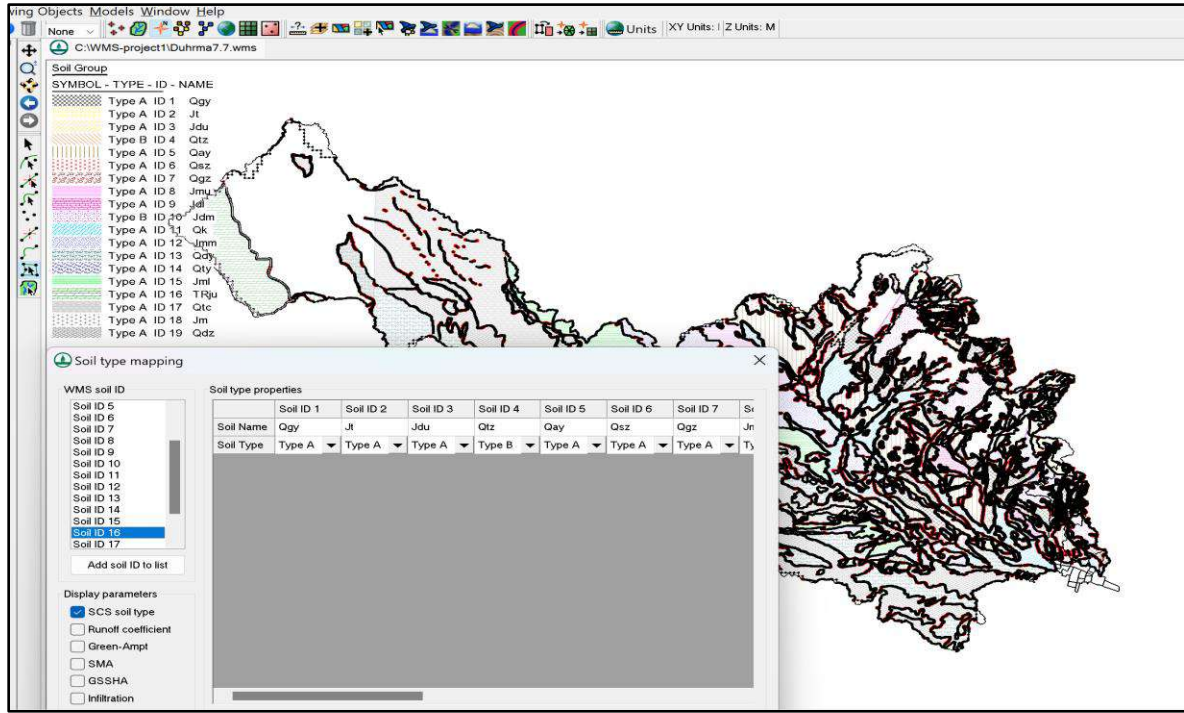
• خطوات تحديد المجموعة الهيدرولوجية لتربة منطقة الدراسة:

1- تصنيف بيانات الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة شكل رقم (5) بصيغة (Shape file) في برنامج (Arc GIS).

2- نقل بيانات الخريطة الجيولوجية إلى برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS) في طبقة نوع التربة (Soil type) من خلال نافذة (GIS to feature object wizard) شكل رقم (6).

3- تحديد المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A، B، C، D)، لكل طبقة جيولوجية لأحواض منطقة الدراسة، وذلك بالاعتماد على بيانات (الرموز) للخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، وتتم الإضافة من خلال نافذة (Soil type mapping) وإضافة التصنيف في صف (type coil) شكل (7).

شكل (7): تصنيف الطبقة الجيولوجية إلى المجموعة الهيدرولوجية.



المصدر: واجهة برنامج (WMS).

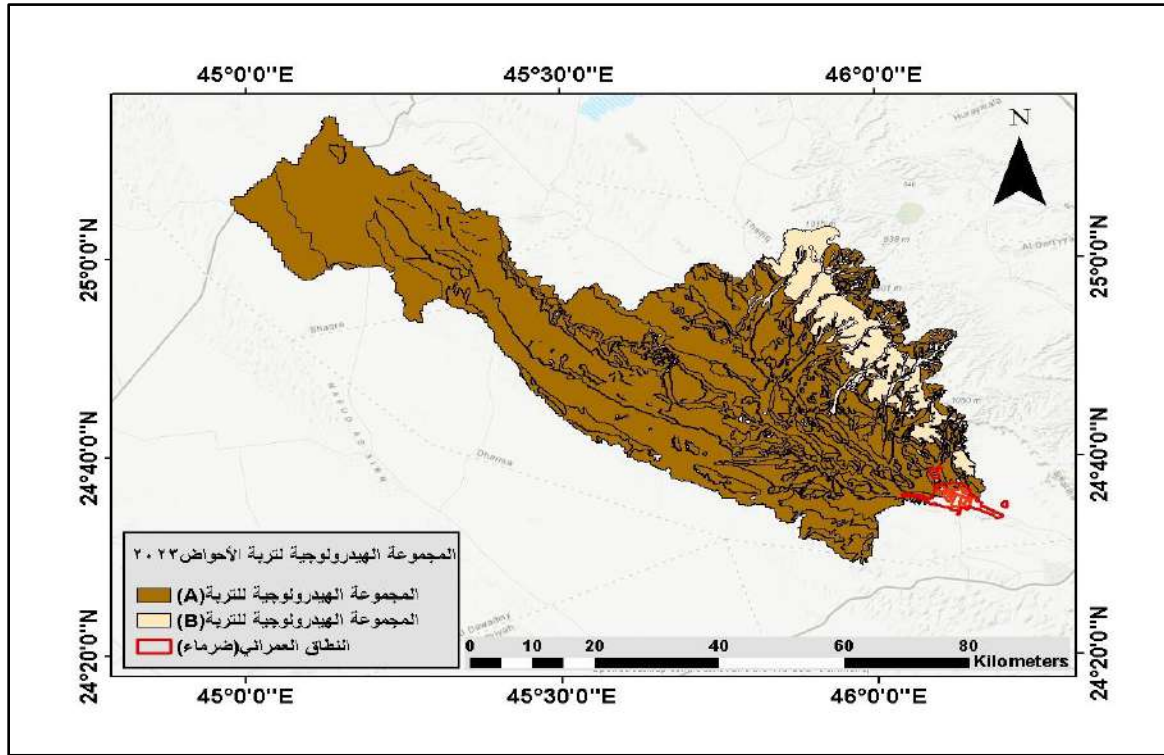
جدول (6) المجموعة الهيدرولوجية للتربة حسب طريقة (SCS).

نوع التربة	معدل التسرب	تصنيف المجموعة الهيدرولوجية للتربة
تربة رملية عميقة، كمية قليلة من التربة الطمية	عالي	A
التربة الطمية، التربة الطفالية	متوسط	B
التربة الطينية، مع تربة طينية رملية منخفضة، محتوى عضوي منخفض	منخفض	C
التربة الطينية مع انتفاخ عالي، مع وجود تربة غرينيه وأملاح	منخفض جداً	D

المصدر: (Chow et al,1988,p198)

تُصنف تربة أحواض التصريف المؤثرة على سيول مدينة ضرماء من المجموعة الهيدرولوجية إلى المجموعة (A-B) الشكل (8) والجدول (7)، حيث تمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A) مساحة تُقدر (3428.67) كم²، ونسبة تبلغ 93 % من المساحة الإجمالية لأحواض التصريف والبالغة (3676) كم²، بينما تمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (B) مساحة تُقدر 247.33 كم² ونسبة 7% من المساحة الإجمالية لأحواض التصريف.

الشكل (8) المجموعة الهيدرولوجية لتربة أحواض التصريف لمنطقة الدراسة



المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الخريطة الجيولوجية بمقياس 1:250000

جدول (7) جدول المجموعة الهيدرولوجية لتربة أحواض منطقة الدراسة.

نوع التربة	المجموعة الهيدرولوجية	مساحة المجموعة الهيدرولوجية لأحواض الدراسة
تربة الكالسي أورثيدز-بروزات صخرية	B	247.33 كم ²
تربة الكالسي أورثيدز وتوري سامنتس	A	3428.67 كم ²
تربة توري أورثنتس والكالسي أورثيدز	A	
تربة الكامب أورثيدز	A	
تربة الجبسي أورثيدز	A	
مجموع المساحة الكلية		3676 كم ²

المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على أطلس الخريطة العامة لتربة المملكة 1886م

رابعاً: استخدامات الأرض وحساب رقم المنحنى (CN) لأحواض التصريف

(1) استخدامات الأراضي لأحواض التصريف:

تم تصنيف استخدامات الأراضي لأحواض منطقة الدراسة من خلال تحليل بيانات المرئية الفضائية للقمير الأمريكي (Landsat8) بدرجة 30متراً لعام 2023م، وبواسطة برنامج (ERDAS Imagine)

واستخدام أسلوب التصنيف المراقب للمرئية الفضائية (Supervised Classification)، ومن ثم إدخال وتعريف طبقة استخدامات الأرض في برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS)، وقد تم التوصل إلى أن هناك ثلاث أنواع لاستخدامات الأرض في أحواض التصريف بمنطقة الدراسة الجدول (8)، النوع الأول المناطق العمرانية بمساحة نحو (15.72) كم²، والنوع الثاني الأراضي الزراعية بمساحة (75.35) كم²، و النوع الثالث المناطق الصحراوية بمساحة نحو (3584.83) كم².

(2) حساب رقم المنحنى (Curve Number) لأحواض التصريف:

ينعكس حساب رقم المنحنى (Curve Number) معامل الجريان السطحي بشكل إيجابي على دقة حساب هيدروغراف مياه السيول، ورقم المنحنى من المتطلبات الرئيسة لتشغيل النموذج الهيدرولوجي للجريان السطحي، وتتراوح قيمة رقم المنحنى (CN) من صفر إلى 100 والذي يُعبر عن مقدار صماتة الأسطح، فكلما اتجهت قيمة المنحنى باتجاه 100 فإن الأسطح تكون أقل صماتة، وكلما اتجهت قيمة المنحنى إلى الصفر كانت الأسطح أكثر صماتة (Ponce and Hawkins, 1996, p13).

• خطوات حساب رقم المنحنى (CN) في برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS):

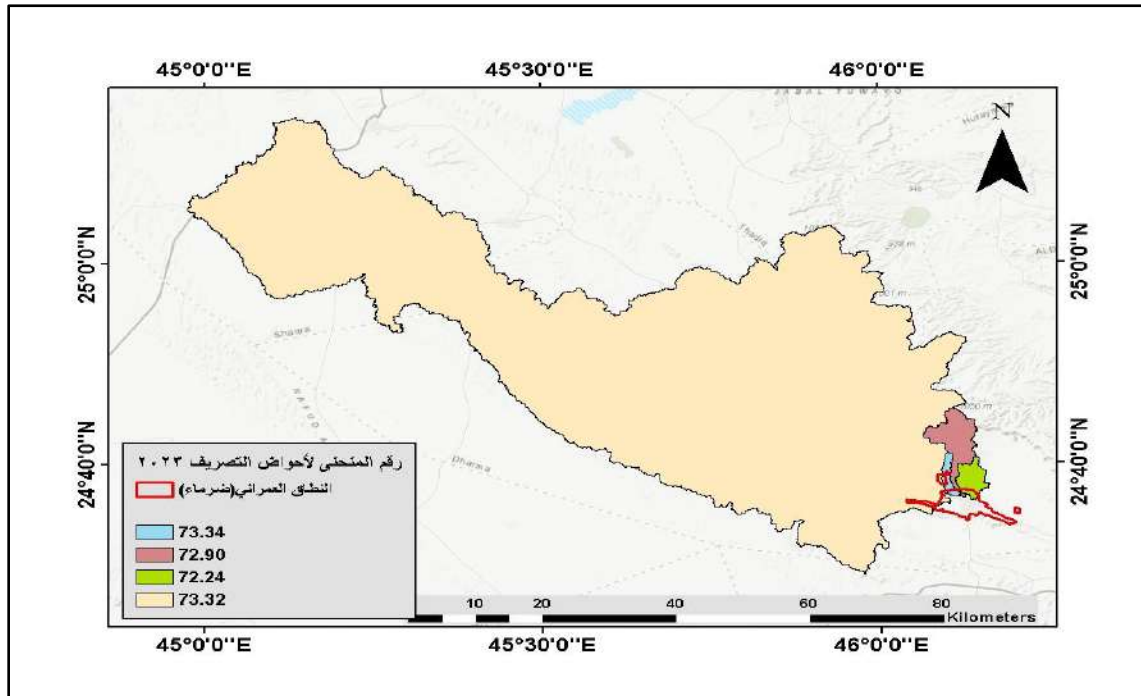
- 1- إضافة طبقة وبيانات نوع التربة إلى برنامج (WMS) شكل (6).
- 2- إضافة طبقة وبيانات استخدامات الأرض إلى برنامج (WMS).
- 3- إضافة تصنيف المجموعة الهيدرولوجية بناءً على نوع التربة شكل (8).
- 4- إضافة رقم المنحنى العام من الجداول الهيدرولوجية العالمية (عبد الكريم، 2019م، ص 206) بناءً على نوع استخدام الأرض وتصنيف المجموعة الهيدرولوجية وحسب طريقة (SCS) من خلال نافذة (Land use mapping) في برنامج (WMS) الجدول (8).
- 5- حساب رقم المنحنى النهائي والخاص لكل حوض الشكل (9) بناءً على مساحة استخدامات الأرض والمجموعة الهيدرولوجية للتربة، وذلك من خلال ضرب مساحة كل فئة من استخدامات الأرض في رقم المنحنى العام المحدد من الجداول العالمية، وقسمة الناتج على المساحة الكلية للحوض المائي ومن ثم تكرار هذه العملية مع مساحة الفئة لنوع استخدامات الأرض التي تليها في نفس الحوض، وأخيراً جمع ناتج هذه العمليات للحصول على رقم المنحنى الخاص بالحوض الواحد (Soulis et al, 2012, p1009).

جدول (8) رقم المنحنى العام (CN) حسب استخدام الأرض والمجموعة الهيدرولوجية.

رقم المنحنى للمجموعة الهيدرولوجية للتربة				مجموع مساحة أنواع استخدام الأرض لمجموع أحواض الدراسة (كم ²)	نوع استخدام الأرض
D	C	B	A		
91	88	83	<u>73</u>	15.72	المناطق العمرانية والطرق متوسط مساحة القطعة 1000م ² وأقل
91	88	81	<u>72</u>	75.35	الأراضي الزراعية (الحريث المستمر-الفقيرة التقليدية)
89	86	<u>79</u>	<u>68</u>	3584.83	المناطق الصحراوية (أراضي مفتوحة ومراعي فقيرة-متوسطة)

المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على جدول البيانات الهيدرولوجية للطرق السريعة-الأمريكية (2002م)

شكل رقم (9) رقم المنحنى الخاص (CN) لأحواض منطقة الدراسة.



المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS).

خامساً: الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف

تعد الخصائص المورفومترية من المكونات الأساسية لبناء النماذج الهيدرولوجية، والتي تساهم في فهم طبيعة الجريان السطحي للأحواض المائية، مما ينعكس إيجاباً على مشاريع التنمية المختلفة سواءً الريفية أو الحضرية لتلك الأحواض المائية، وفيما يلي الجدول (9) لأهم الخصائص المورفومترية لأحواض منطقة الدراسة.

جدول (9) الخصائص المورفومترية لأحواض منطقة الدراسة.

الوادي المعامل	الحوض الأول (B1)	الحوض الثاني (B2)	الحوض الثالث (B3)	الحوض الرابع (B4)
مساحة الحوض/ كم ²	10.24	52.75	23.78	3589.47
طول الحوض كم	7.82	15.73	7.61	126.86
عرض الحوض/كم	1.92	7.87	4.95	74.31
محيط الحوض/كم	25.26	59.98	34.83	721.91
معامل الشكل	0.20	0.23	0.46	0.22
معامل الاستدارة	0.20	0.18	0.24	0.08
معامل الاستطالة	0.4	0.52	0.52	3.33
الارتفاع الأقصى/م	665	1026	730	1029
الارتفاع الأدنى/م	636	637	632	630
الفارق في الارتفاع/م	29	389	98	399
نسبة التضرس/كم	3.7	24.9	12.8	3.1
درجة الانحدار %	0.37	2.49	1.28	0.31

المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمي (2023م) بدرجة 12.5م.

سادساً: خصائص الشبكة المائية لأحواض التصريف

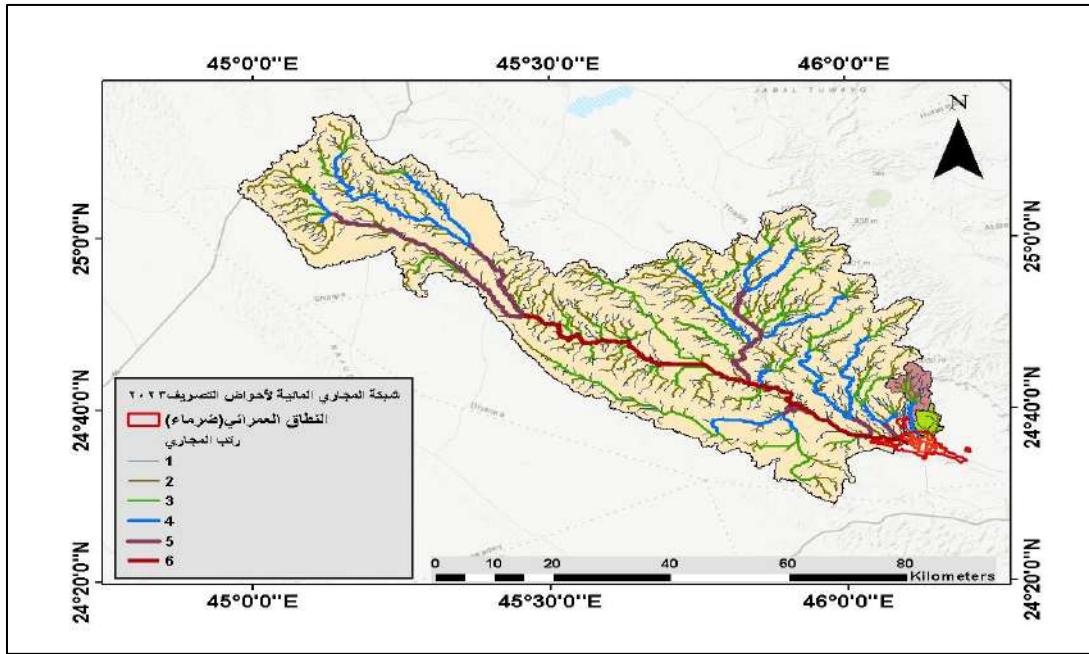
لخصائص الشبكة المائية لأحواض التصريف أهمية كبيرة بسبب تأثيرها المباشر على العديد من العمليات الهيدرولوجية والأشكال الجيومورفولوجية للأحواض الجافة، وبالتالي تأثيرها على كثافة الجريان السطحي ودرجة أخطار السيول لتلك الأحواض، وفيما يلي أهم خصائص شبكة التصريف لأحواض منطقة الدراسة الشكل (10) والشكل (11) والجدول (10).

جدول (10) خصائص الشبكة المائية لأحواض التصريف لمنطقة الدراسة 2023م.

الحوض	الترتبة	عدد المجاري	أطوال المجاري (كم)	نسبة التشعب لكل رتبة	متوسط نسبة التشعب للحوض	متوسط تكرار المجاري للحوض (مجرى/كم ²)	كثافة التصريف (كم/كم ²)	طول المجرى الرئيسي (كم)
الحوض الأول (B1)	الأولى	5	10	-	5	0.5	1.5	5.2
	الثانية	1	5.2	5				
الحوض الثاني (B2)	الأولى	20	29	-	2.7	0.5	1.1	9
	الثانية	7	16	2.8				
	الثالثة	3	7	2.3				
	الرابعة	1	9	3				
الحوض الثالث (B3)	الأولى	9	17	-	3.2	0.5	1.1	1.1
	الثانية	2	9	4.5				
	الثالثة	1	1.1	2				
الحوض الرابع (B4)	الأولى	1078	1659	-	4.1	0.3	0.9	92
	الثانية	267	814	4.3				
	الثالثة	64	401	4.1				
	الرابعة	17	249	3.7				
	الخامسة	6	119	2.8				
	السادسة	1	92	6				
المجموع		1482	3434.6	40.5			4.6	

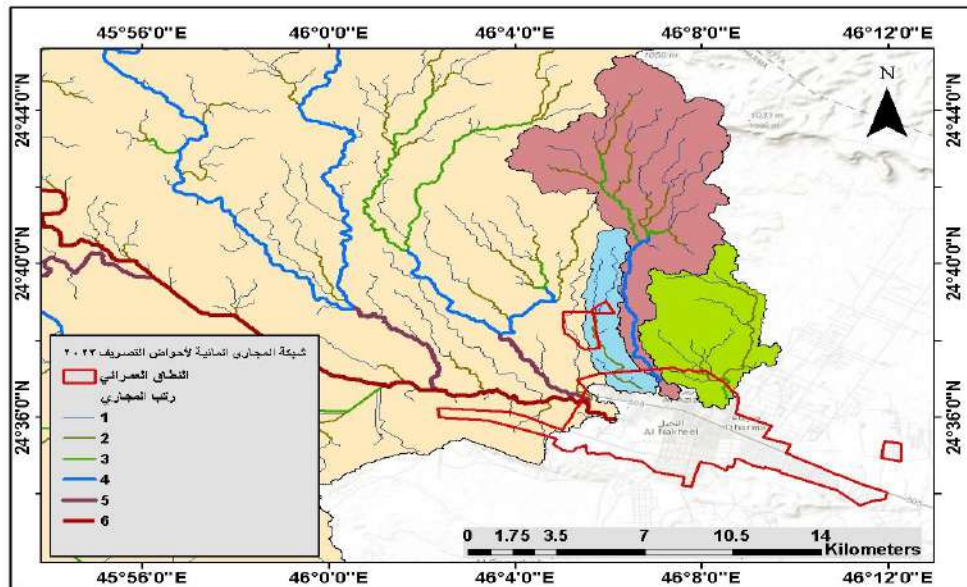
المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) 12.5م.

شكل (10) رتب المجاري لأحواض منطقة الدراسة 2023م.



المصدر: أعداد الباحثان بالاعتماد على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) 12,5م.

شكل (11) رتب المجاري لأحواض منطقة الدراسة 2023م.



المصدر: أعداد الباحثان بالاعتماد على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) 12,5م.

سابعاً: خصائص النمذجة الهيدرولوجية والنمذجة الهيدروليكية لسيول مدينة ضرماء

(1) خصائص النمذجة الهيدرولوجية (HEC-HMS) لسيول مدينة ضرماء:

تعتبر الخصائص الهيدرولوجية للجريان المائي في أحواض التصريف انعكاساً ومحصلة لكل من الخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية والمناخية معاً (الكومي، 2022م، ص1231) ونستطيع حساب هذه الخصائص الهيدرولوجية من خلال النماذج الهيدرولوجية التي تحاكي هذا الجريان السطحي والتي من بينها النموذج الهيدرولوجي ذو النظام الهندسي (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic modeling System) والمعروف اختصاراً (HEC-HMS)، ومن خلال تطبيق النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) للعاصفة المطرية التصميمية لمدة 24 ساعة فلقد تم حساب مجموعة من خصائص السيول لأحواض منطقة الدراسة والتي تساهم في حساب هيدروغراف الأحواض المائية وبناء النموذج الهيدرولوجي لسيول منطقة الدراسة.

خطوات تطبيق النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS):

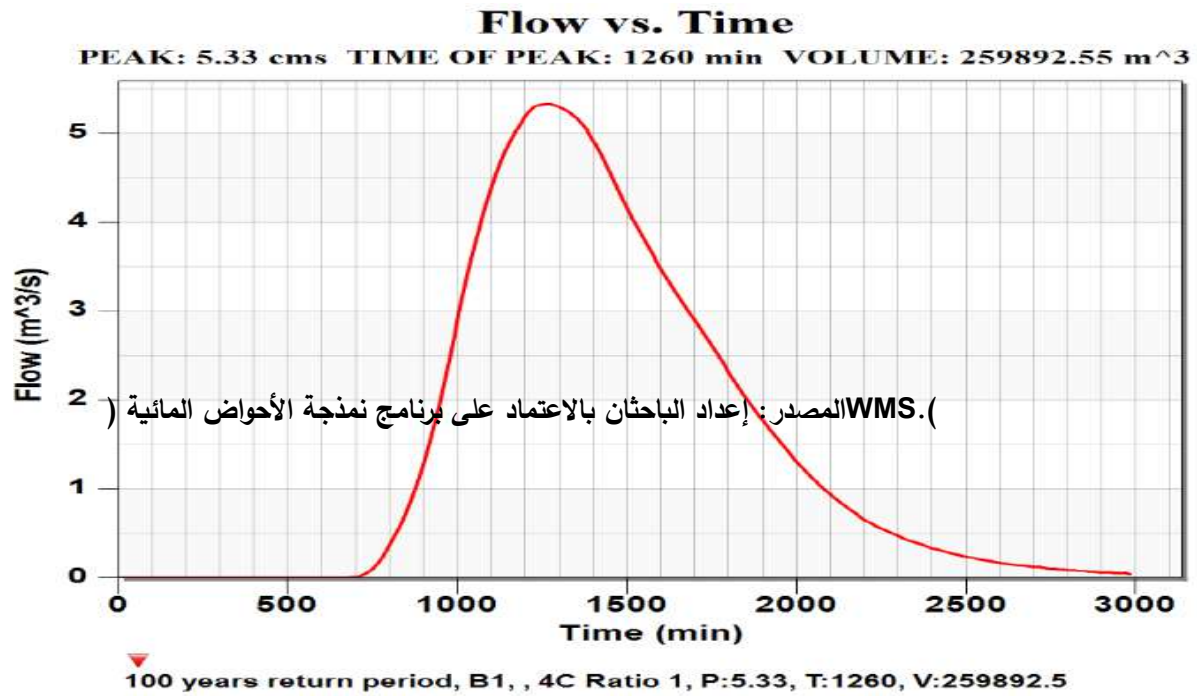
- بعد إدخال أهم المدخلات في برنامج (WMS) وهي مساحة الحوض والانحدار وكمية الأمطار ورقم المنحنى وزمن التأخير فإنه يمكننا تطبيق النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) من خلال الخطوات التالية:
 - 1- فتح برنامج (WMS).
 - 2- اختيار Hydrological modeling module من شريط الأدوات.
 - 3- اختيار النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS).
 - 4- اختيار أمر job control من قائمة (HEC-HMS) وذلك لإدخال تاريخ ووقت بداية ونهاية العاصفة التصميمية، وضبط وحدة القياس (Metric)
 - 5- اختيار أمر Edit parameters وذلك لاختيار طريقة (SCS curve number).
 - 6- اختيار أمر Metrologic parameters وذلك لاختيار طريقة Gage weighting لاختيار بيانات محطات رصد الأمطار لأحواض منطقة الدراسة.
 - 7- اختيار أمر Raed Solution من قائمة (HEC-HMS) لإظهار نتائج الهيدروغراف شكل (12-13-14-15).
- ومن خلال تطبيق النمذجة الهيدرولوجية (HEC-HMS) لمياه السيول داخل منطقة الدراسة نجد أهم الخصائص الهيدرولوجية لسيول مدينة ضرماء كما هي في الجدول (11).

جدول (11) الخصائص الهيدرولوجية لأحواض منطقة الدراسة لفترة تكرارية 100 سنة.

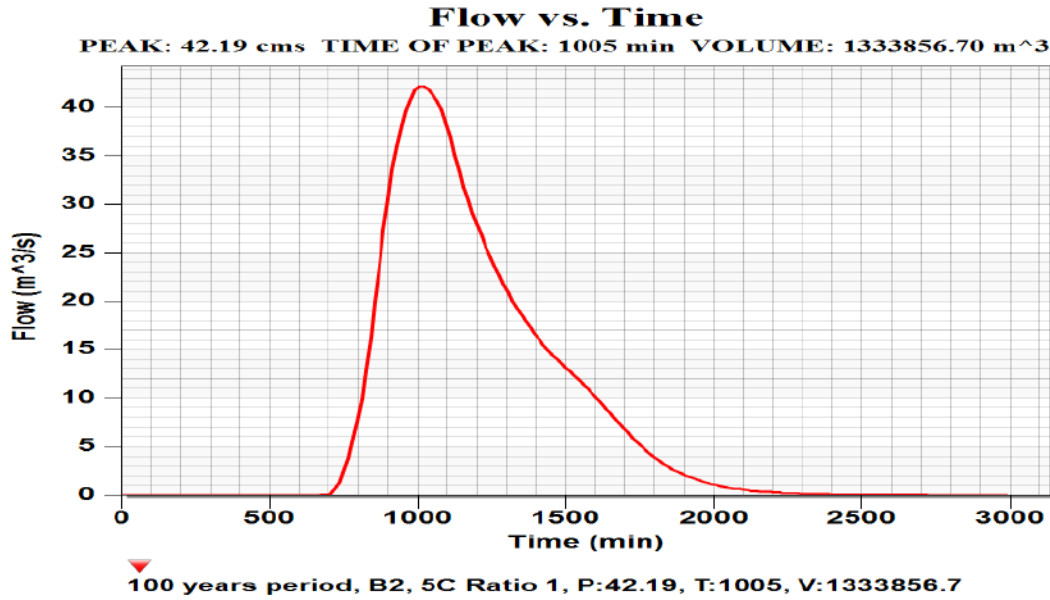
الحوض / الخصائص	زمن التأخير (ساعة)	كمية التدفق الأقصى (م ³ /ث)	زمن التدفق الأقصى (دقيقة)	حجم السيل (م ³)
الحوض الأول (B1)	7.7	5.33	1260	259892.5
الحوض الثاني (B2)	4.2	42.19	1005	1333856.7
الحوض الثالث (B3)	5.6	15.66	1095	594858.6
الحوض الرابع (B4)	40.4	475.79	3360	88221718.8

المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS).

شكل (12) هيدروغراف الحوض الأول B1 لفترة تكرارية 100 عام.

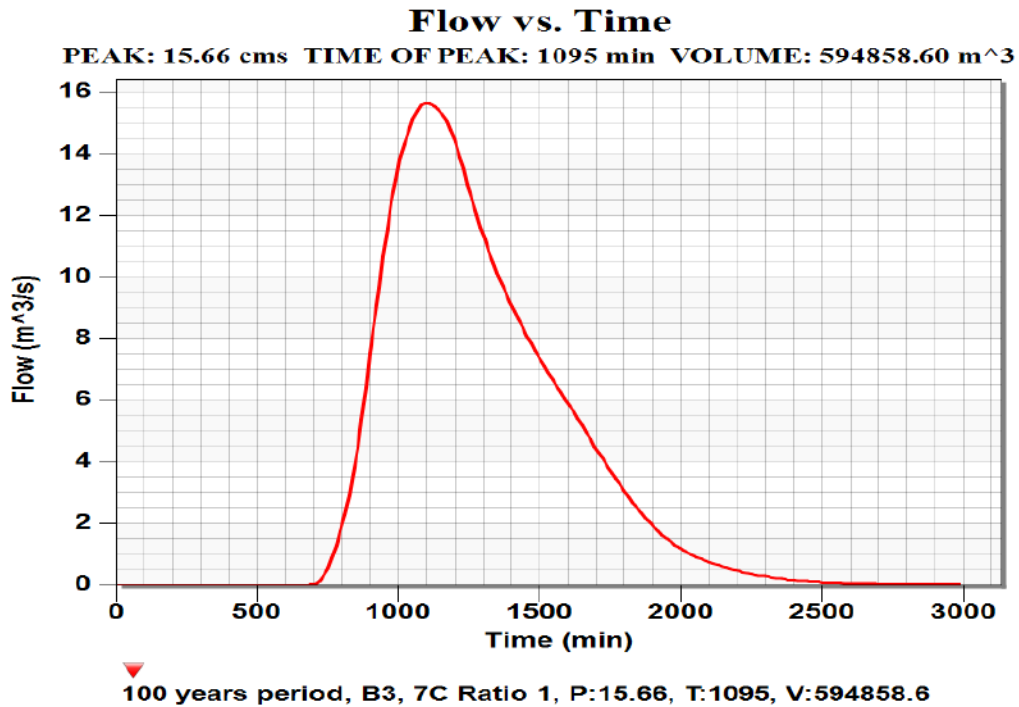


شكل (13) هيدروغراف الحوض الثاني B2 لفترة تكرارية 100 عام.



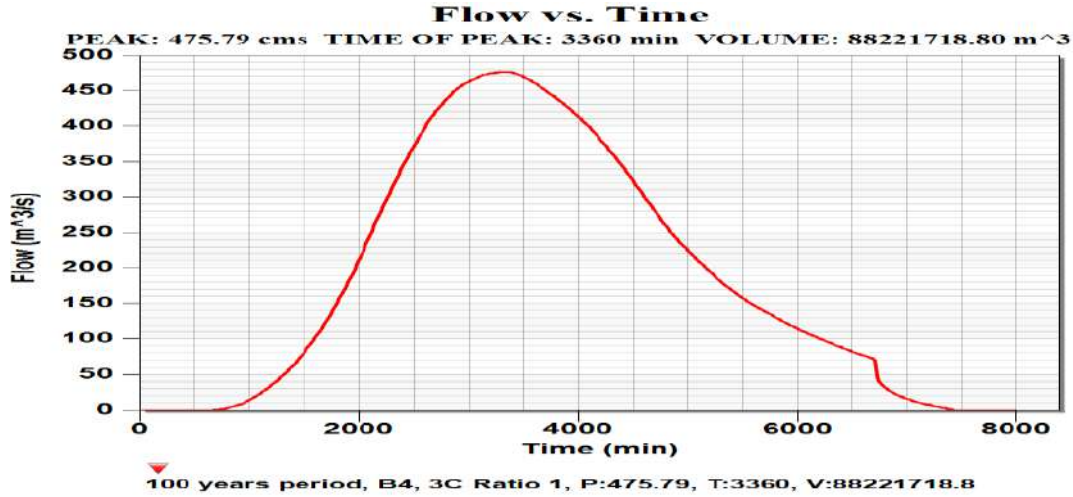
المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS).

شكل (14) هيدروغراف الحوض الثاني B3 لفترة تكرارية 100 عام.



المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS).

شكل (15) هيدروغراف الحوض الرابع B4 لفترة تكرارية 100 عام.



المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS).

(2) - خصائص النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS) لسيول مدينة ضرماء :

يُعد النموذج الهيدروليكي لنظام تحليل الأنهار (HEC-RAS) نموذج متكامل لحساب ومحاكاة عمق وسرعة ونطاق الغمر للمياه السطحية، وذلك باستخدام معادلة حفظ الطاقة واستمرارية التدفق بين مقطعين عرضيين (Fan et al,2009,p1826)، والمدخلات التي يجب توفرها للمقطع العرضي لبناء النموذج الهيدروليكي هي: مقاسات المقطع العرضي للمجرى وتحديد التدفق الأقصى خلال فترة محددة، بالإضافة إلى تحديد معامل الخشونة (Manning) لكل مجرى (Ijaz et al,2019,p9).

خطوات تطبيق النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS):

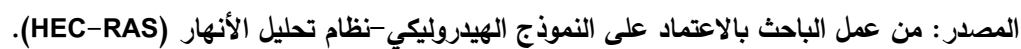
بعد تصدير كافة بيانات الأحواض المائية من برنامج (WMS) إلى برنامج (HEC-RAS) نقوم بعمل الخطوات التالية:

- 1- فتح برنامج (HEC-RAS) ثم اختيار المشروع الذي تم تصديره من برنامج (WMS).
- 2- اختيار أمر Geometric data وذلك لرسم وتعديل لقطاعات العرضية للمجرى عن طريق أمر XS interpolation ثم أمر between 2 XS لتحديد المسافة الفاصلة بين كل قطاعين بشكل منظم الشكل (16).
- 3- اختيار أمر Edit cross section لاستعراض بيانات القطاعات العرضية المناسبة والمسافة والإحداثيات الشكل (17).
- 4- اختيار أمر manning N لإضافة معامل الخشونة (Manning) والذي يختلف درجته باختلاف نوع التربة للمجرى المائي.

6- اختيار أمر unsteady flow وذلك لتحديد تاريخ ووقت بداية ونهاية العاصفة التصميمية.

7- أصبح النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) مُعد للتشغيل وإظهار النتائج مثل نطاق الغمر شكل (18) وسرعة مياه السيول شكل (19) وعمق الجريان السطحي شكل (20).

شكل (16): تحديد المجرى الرئيسي وحرم المجرى والقطاعات العرضية.



Cross Section Data - HEC-RAS - RAS.66

File Edit Options Plot Help

Reach: reach_15 River Sta.: 5692

Downstream Reach Lengths

Reach	Channel	Bank
1	114.4	114.4
2	114.4	114.4
3	114.4	114.4
4	114.4	114.4
5	114.4	114.4
6	114.4	114.4
7	114.4	114.4
8	114.4	114.4
9	114.4	114.4
10	114.4	114.4
11	114.4	114.4
12	114.4	114.4
13	114.4	114.4
14	114.4	114.4
15	114.4	114.4
16	114.4	114.4
17	114.4	114.4
18	114.4	114.4
19	114.4	114.4
20	114.4	114.4
21	114.4	114.4
22	114.4	114.4
23	114.4	114.4
24	114.4	114.4
25	114.4	114.4
26	114.4	114.4
27	114.4	114.4
28	114.4	114.4
29	114.4	114.4
30	114.4	114.4
31	114.4	114.4

Station (m)

Elevation (m)

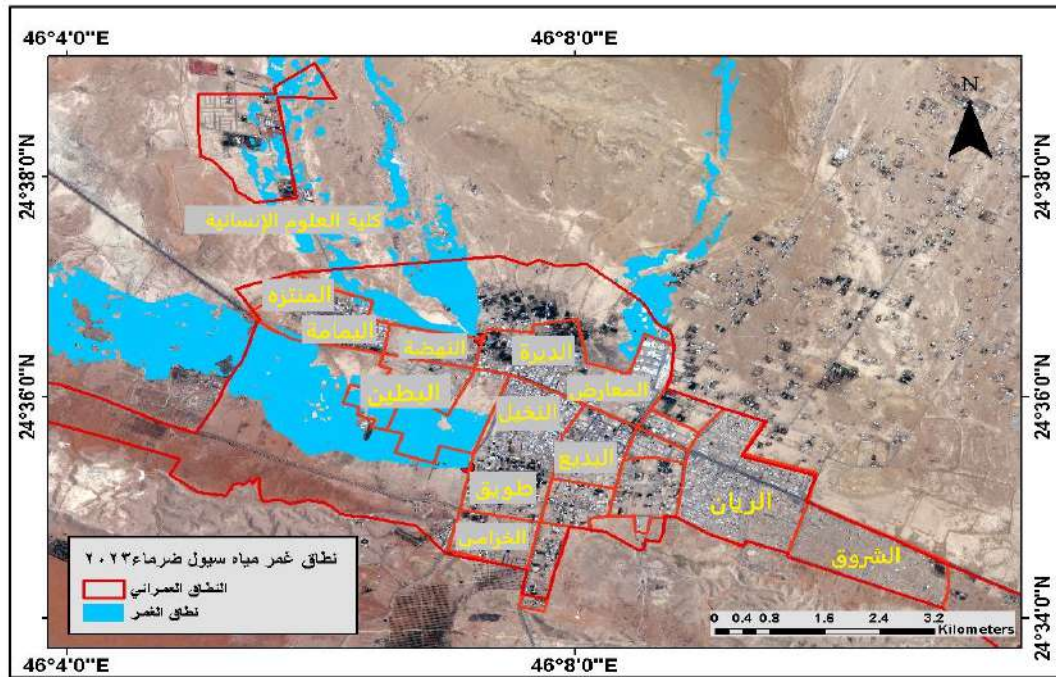
Legend

- Bo PF 1
- VSS PF 1
- Ground
- Bank Sta
- Current Terrain

المصدر: واجهة النموذج الهيدروليكي-نظام تحليل الأنهار (HEC-RAS).

ومن خلال تطبيق النمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد (D2) لمياه السيول داخل منطقة الدراسة الشكل (18)، نجد أن المناطق المعرضة لأخطار السيول كالتالي:

- 1- الأجزاء الشمالية الغربية للمدينة عند التقاء مجرى الحوض الأول (B1) شعيب المريير ومجرى الحوض الثاني (B2) شعيب الحميض.
 - 2- الأجزاء الشمالية للمدينة عند مجرى الحوض الثالث (B3) شعيب أبا القراوة.
 - 3- الأجزاء الغربية عند مجرى الحوض الرابع (B4) وادي البطين.
- شكل (18) نطاق غمر مياه السيول في مدينة ضرماء عام 2023م.



المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

وفيما يلي أبرز نتائج عملية النمذجة الهيدروليكية ضمن النطاق العمراني لمدينة ضرماء:

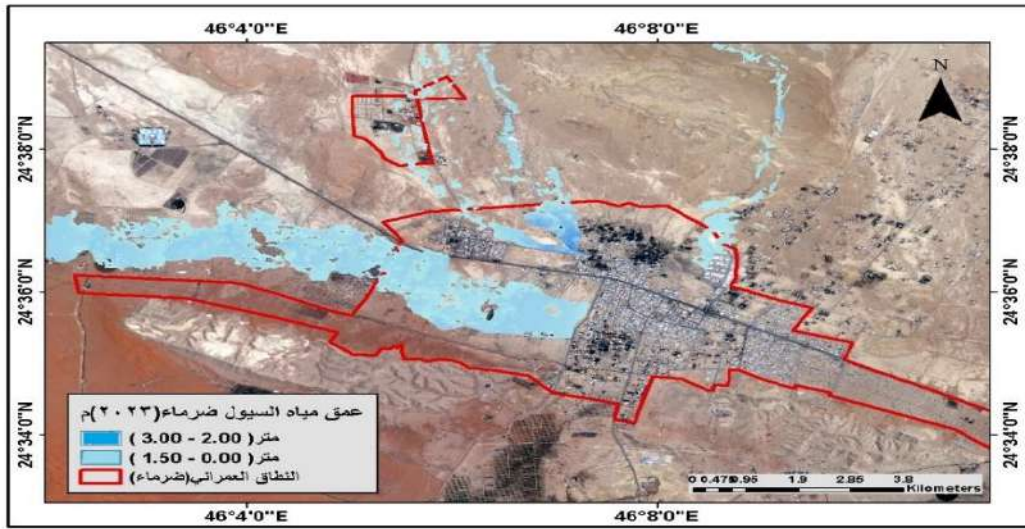
أ. غمر مياه السيول للنطاق العمراني لمدينة ضرماء

تبين من نتائج النمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد (D2) بواسطة برنامج (HEC-RAS)، أنه قد بلغت مساحة المناطق العمرانية المعرضة لغمر مياه السيول نحو (5.70) كم²، ونسبة (15) % من مجموع المساحة الكلية للنطاق العمراني لمدينة ضرماء والبالغة (37.41) كم²، ومن ضمن النطاق العمراني نجد الأحياء المعرضة للغمر هي (المعارض، الديرة، النهضة، المنتزه، اليمامة، البطين، النخيل، طويق، مبنى كلية العلوم الإنسانية للبنات) الشكل (14).

ب. أعماق مياه السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء

يتراوح عمق مياه السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء ما بين (0.10م-3م)، حيث تتركز الأعماق المرتفعة (2م - 3م) شمال غرب مدينة ضرماء وبمساحة بلغت نحو (1.48) كم² ونسبة (26) % من مجموع المساحة الكلية لمياه السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء والبالغة (5.70) كم² الشكل (19).

شكل (19) عمق مياه السيول في مدينة ضرماء عام 2023م.

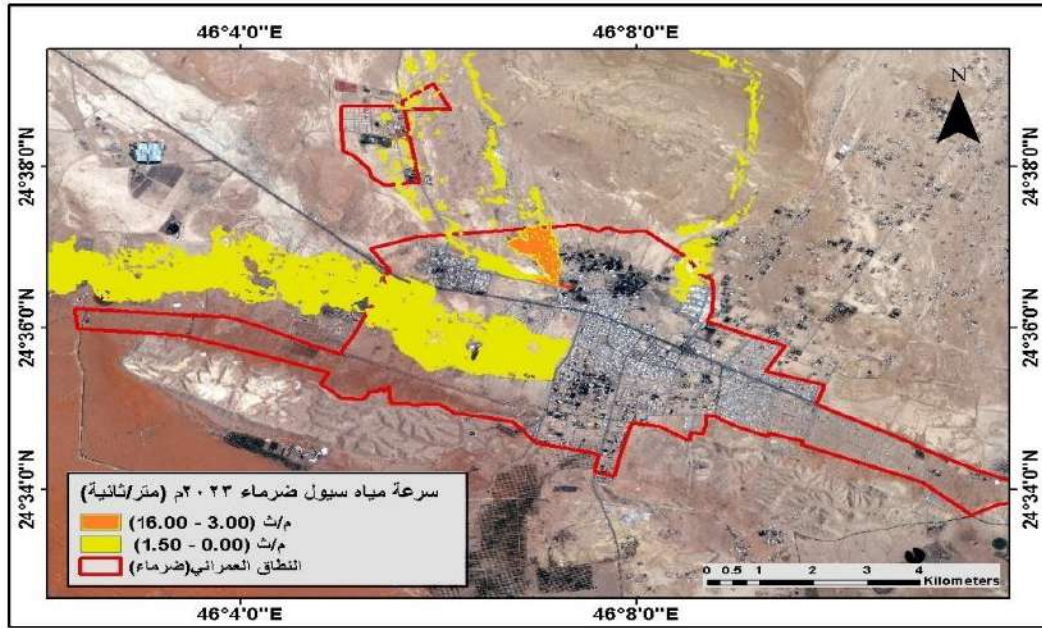


المصدر: إعداد الباحثان بالاعتماد على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

ت. سرعة مياه السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء

تراوحت سرعة مياه السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء ما بين (0.00-16.00) م/ث، وتركزت السرعات المرتفعة لمياه السيول (3.00-16.00 م/ث) في الجزء الشمالي الغربي من مدينة ضرماء، وبمساحة بلغت نحو (25,867) م²، عند نهاية مجرى الحوض الثاني (B2)، والتقاءه مع مجرى الحوض الأول (B1)، في حين تركزت السرعات المنخفضة (0.00-1.5 م/ث) شمال وغرب مدينة ضرماء بمجموع مساحة بلغت نحو (4.46) كم² الشكل (20).

شكل (20) سرعة مياه السيول في مدينة ضرماء عام 2023م.



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

أبرز القيود والتحديات:

كان من أبرز القيود والتحديات التي واجهت الباحثان خلال الدراسة هي:

1- عدم توفر بيانات هيدرولوجية مُقاسة لسيول منطقة الدراسة، مما اضطر الباحثان إلى استخدام الطرق الاصطناعية لحساب هيدروغراف سيول أحواض منطقة الدراسة، وذلك من خلال طريقة إنشاء هيدروغراف لعاصفة تصميمية لمدة زمنية 24 ساعة، باستخدام طريقة (SCS) طريقة الهيئة الأمريكية للمحافظة على التربة (Soil Conservation Service) والمعروفة اختصاراً (SCS Unit Hydrograph)، والمتوفرة في برنامج نمذجة الأحواض المائية (WMS)، والاعتماد على تحليل بيانات الأمطار المسجلة لمنطقة الدراسة.

2- عدم توفر عوامل البناء الهيكلي للنمذجة الهيدروليكية الرئيسة داخل الأحياء ومناطق الكتلة العمرانية للمدينة مما يؤدي إلى عدم وضوح نتائج النمذجة الهيدروليكية للنموذج (HEC-RAS) مما اضطر الباحثان إلى النمذجة إلى حدود بعض الأحياء والكتلة العمرانية بالإضافة إلى تكثيف الزيارات الميدانية لتلك الأحياء وتحليل الصور الوثائقية لسيول تلك الأحياء، وعوامل بناء النمذجة الهيدروليكية الرئيسة هي:

أ- عدم وضوح المجرى الرئيسي والتحقق منه داخل الأحياء بسبب المباني والطرق القائمة.

- ب- عدم وضوح حرم المجرى الرئيسي داخل الأحياء بسبب المباني والطرق القائمة حالياً.
- ت- عدم وضوح القطاعات العرضية للمجرى داخل الأحياء بسبب المباني والطرق القائمة.

النتائج:

1- أوضحت الدراسة إلى تعرض مدينة ضرماء للسيول المتكررة داخل النطاق العمراني، وذلك بسبب موقعها عند مصبات عدد من الشعاب وأحد الأودية الكبيرة، وهي شعيب المرير (B1) وشعيب الحميض (B2) وشعيب أبا القراوة (B3) ووادي البطّين (B4)، وتتراوح مساحة الأحواض ما بين أصغر مساحة للحوض الأول (B1) والبالغة (10،24) كم²، وأكبر مساحة للحوض الرابع (B4) والبالغة مساحته (3589،47) كم².

2- أوضحت الدراسة أن هناك مرحلتين لتحديد رقم المنحنى (معامل الجريان السطحي)، المرحلة الأولى تحديد رقم المنحنى العام (CN) من الجداول الهيدرولوجية العالمية، بناءً على نوع استخدام الأرض وتصنيف المجموعة الهيدرولوجية للتربة وتحديد ما يقابلها من رقم منحنى من هذه الجداول، والمرحلة الثانية حساب رقم المنحنى الخاص لكل حوض، بناءً على نسب مساحات استخدامات الأرض والمجموعة الهيدرولوجية للتربة الخاصة بكل حوض على حدا، وهذه المراحل تساهم بشكل فعال في تحديد قوة ودرجة الجريان السطحي وبناء النموذج الهيدرولوجي الخاص بكل حوض بشكل أقرب إلى الواقع.

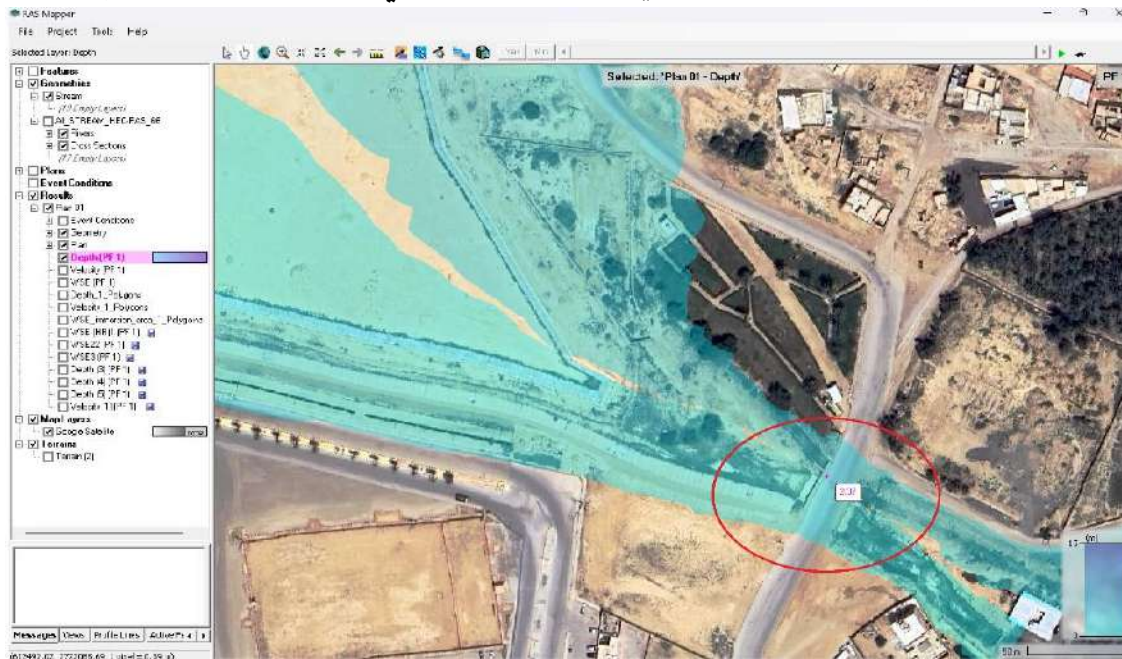
3- أظهرت نتائج النمذجة الهيدرولوجية للنموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) لأحواض منطقة الدراسة أن أقل زمن تأخير لأحواض منطقة الدراسة لفترة تكرارية 100 سنة هو للحوض الثاني (B2) شعيب الحميض جدول (11)، بزمن تأخير (4.2) ساعة، والذي يعتبر أكثر أحواض منطقة الدراسة حاجة إلى حلول سريعة لدرء أخطار السيول نظراً إلى قصر زمن حدوث السيل، كما أظهرت نتائج النمذجة الهيدرولوجية إلى أن أقصى كمية تدفق لأحواض منطقة الدراسة كان للحوض الرابع وادي البطّين هيدروغراف شكل (15)، والبالغ (475.79) م³/ث خلال فترة رجوع 100 سنة، والذي يعتبر أكبر أحواض منطقة الدراسة مساحةً.

4- أظهرت نتائج النمذجة الهيدروليكية للنموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) لسيول منطقة الدراسة أنه قد بلغت مساحة المناطق العمرانية المعرضة لغمر مياه السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء نحو (5.70) كم²، وبنسبة (15) % من مجموع المساحة الكلية للنطاق العمراني لمدينة ضرماء والبالغ (37.41) كم²، ومن ضمن النطاق العمراني المعرض للغمر نجد الأحياء هي (المعارض، الديرة، النهضة، المنتزه، اليمامة، البطّين، النخيل، طويق، مبنى كلية العلوم الإنسانية للنبات) الشكل (18)، بينما تراوحت أعماق مياه السيول داخل النطاق العمراني لمدينة ضرماء ما بين (0.10م - 3م) الشكل

(19)، حيث تركزت الأعماق العالية لمياه السيول في الجزء الشمالي الغربي الشكل (20)، وخاصة عند موقع عبارة تصريف السيول الشمالية الشكل (21)، وبسرعة (3.00- 16.00 م/ث) وبمساحة بلغت نحو (25،867) م²، وهذا ما يُفسر عدم قابلية التمدد للأحياء الشمالية الغربية والطبيعة العمرانية والاجتماعية لتلك الأحياء والتي يغلب عليها المنازل القديمة وانتشار المزارع والمعرضة بطبيعة الحال لأخطار السيول المتكررة ، حيث نجد في الجزء الشمالي الغربي من المدينة حي الديرة القديم الشكل(18) والذي يغلب عليه قلة عدد السكان وكثرة المزارع مع عدد قليل من المنازل القديمة، مع قلة الفرص في تمده شمالاً.

التوصيات:

- 1- إنشاء مجموعة من منشآت درء أخطار السيول لمدينة ضرماء الشكل (26) كالتالي:
 أولاً: إنشاء عدد أربع عبارات مقترحة ثلاث عبارات في مواقع جديدة والعبارة الرابعة يتم إنشاؤها مكان العبارة القائمة حالياً شكل (21) بحيث تستوعب كمية التدفق الأقصى لكل من مجرى الحوض الأول (B1) 5.33م³/ث، ومجرى الحوض الثاني (B2) 42.19م³/ث، وأعماق مرتفعة (2م - 3م).
 شكل (21) عمق مياه عبارة تصريف السيول القائمة في مدينة ضرماء 2023م.



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على برنامج النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

شكل (22) عبارة قائمة لدرء أخطار السيول شمال غرب ضرماء لا تستوعب أعماق مرتفعة (2م - 3م).



المصدر: زيارة ميدانية للباحثات 2023.

ثانياً: إنشاء قناة مفتوحة على امتداد مجرى الحوض الأول (B1) شعيب المرير داخل النطاق العمراني وموازية للحاجز الخرساني القائم بطول 2237م وارتفاع 3م وعرض القاع 8م.
ثالثاً: إنشاء حاجز خرساني لصد مياه السيول يمتد من طريق الأمير مشعل بن عبد العزيز شمالاً عند ارتفاع 636م وحتى العبارة الثانية المقترح انشاؤها جنوباً نهاية حي طويق وبداية حي الخزامى وعند ارتفاع 630م، طول الحاجز 1638م وارتفاع 50.2م وعرض عند القمة 8م، تماشياً مع الأعماق المنخفضة (0م - 1.5م) لسيول تلك المنطقة.

شكل (23) المنشآت القائمة لدرء أخطار السيول في مدينة ضرماء عام 2023م.



المصدر:

من عمل الباحثان بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (SPOT-6).

شكل (24) حاجز قائم لدرء أخطار السيول شمال غرب ضرماء لا يستوعب الأعماق المرتفعة (2م - 3م).



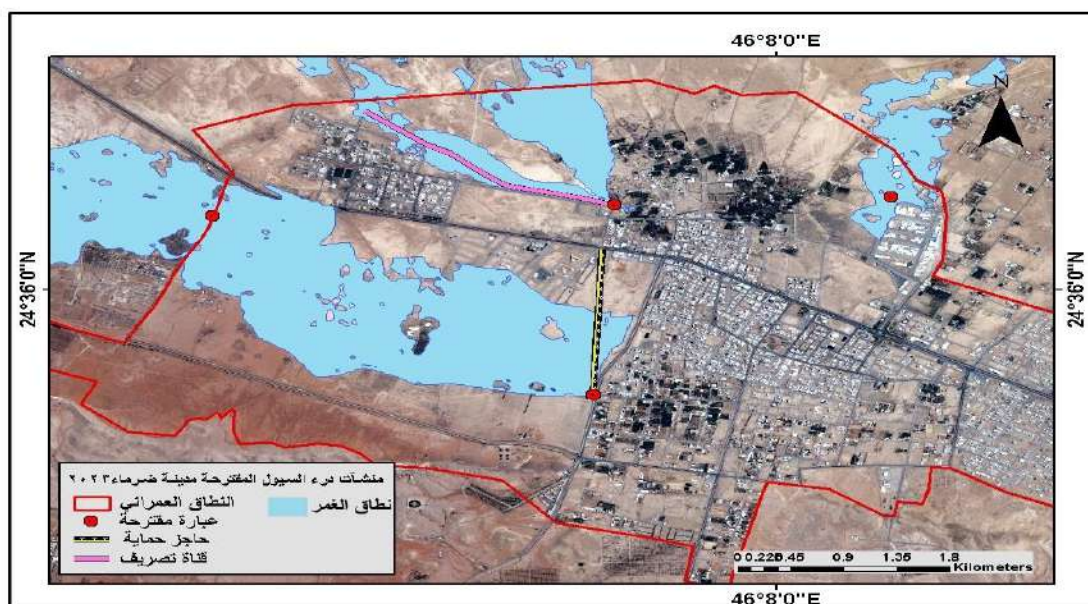
المصدر: زيارة ميدانية للباحثات 2023.

شكل (25) حاجز قائم لدرء أخطار السيول شمال غرب مدينة ضرماء. عام 2023م.



المصدر: زيارة ميدانية للباحثات 2023.

شكل (26) المنشآت المقترحة لدرء أخطار السيول في مدينة ضرعاء عام 2023



المصدر: إعداد الباحثان اعتماداً على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

2- حظر توجه النمو العمراني في مدينة ضرعاء عن المناطق المشار إليها في خريطة غمر مياه السيول لمدينة ضرعاء الشكل (18)، وخاصة مناطق أعماق السيول المرتفعة (2م - 3م)، ومناطق سرعات السيول المرتفعة (3.00 - 16.00 م/ث) شمال غرب المدينة.

3- ضرورة التركيز على الدمج بين نماذج المحاكاة المتمثلة في النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) والنموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) والتقنيات الجيومكانية والمتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية (Geographic information systems)، وبرنامج الاستشعار عن بعد (ERDAS Imagine)، في دراسة وتقييم أخطار السيول على التنمية العمرانية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- أطلس التربة-الخريطة العامة للتربة، (1886)، وزارة البيئة والمياه والزراعة، المملكة العربية السعودية.
- الجعدي، فرحان حسين، بورية، محمد، العثمان، محمد، مختار، محمد الفاتح، (2008)، درء أخطار السيول في مدينة الخرج، الرياض: جامعة الملك سعود، الرياض، معهد الملك عبد العزيز للبحوث والدراسات الاستشارية.

- شعبان، أسامة حسين، (2009)، الأخطار والكوارث البيئية القاهرة: دار الفجر للنشر والتوزيع.
- عبد الكريم، أشرف أحمد، (2019)، النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية للسيول باستخدام برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية، الرياض: فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية، نشر العبيكان
- الكومي، عبد الرزاق بسيوني، 2022م، النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي إيمو بالصحراء الشرقية باستخدام نموذج HEC-HMS، دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة كلية الآداب، جامعة الفيوم، قسم الانسانيات والعلوم الاجتماعية.
- الهيئة العامة للأرصاد والبيئة، (2016)، تقرير حالة البيئة المملكة العربية السعودية، الطبعة الثانية، الصفحات 210.
- وكالة الأنباء السعودية، (2017)، 29 مدينة سعودية عالية الخطورة في الأمطار الغزيرة.
- خريطة شمال طويق الجيولوجية (1985م)، لوحة رقم (NG-101 C)، بمقياس 1:25000، وزارة البترول والثروة المعدنية، المملكة العربية السعودية

<https://www.ajnet.me/news/2017/2/19/29> -مدينة-سعودية-عالية-الخطورة-في-الأمطار

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Chow, T, Maidment, D, Mays, L (1988), Applied Hydrology, McGraw Hill, International Edition, pp, 1-294.
<https://wecivilengineers.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/10/applied-hydrology-ven-te-chow.pdf>
- Fan, C, Ko, H, Wang, S, (2009) An innovative modeling approach using Qual2K and HEC-RAS integration to assess the impact of the tidal effect on River Water quality simulation, J, Environ, Manga, 90, 1824-1832-79, Anderson.
[An innovative modeling approach using Qu \(2\).pdf](#)
- Hatim O, Sharif, Farhan H, Al-Juaidi, Abdulaziz Al-Othman, Ibrahim Aldous Ary, Eyad Fadda, Salem Jamal-Uddeen & Almoutaz Elhassan, (2016), Flood hazards in an urbanizing watershed in Riyadh, Saudi Arabia, Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol, 7, No, 2, 702720.
- <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/19475705.2014.945101?needAccess=true>
- Ponce, V, M, Hawkins, R, H, (1996) Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity, Journal of Hydrologic Engineering, Vol, 1, 1084-0699(1996), pp, 9-20.
https://ponce.sdsu.edu/runoff_curve_number_has_it_reached_maturity.html
- Sonia, Ijaz, Qudisia Hameed, Aiza Ahsan, Muhammad Atif Butt, (2019) Flood Frequency Analysis of Chenab River for Predicting Peak Flows during Late Monsoon Period, Centre.
https://www.scirp.org/pdf/ars_2019030815332048.pdf
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) (2004): Living with Risk A Global Review of Disaster Reduction Initiatives, Geneva: UN.

https://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf

- Soulis, K.X. and Valiantzas, J.D. (2012): SCS-CN Parameter Determination Using Rainfall-Runoff Data in Heterogeneous Watersheds: The Two-CN System Approach. Hydrology and Earth System Sciences, 16, 1001-1015.
<file:///C:/Users/hp/Downloads/9-hess-16-1001-2012.pdf>
- Muhammad Al-Zahrani, Ahmed Al-Areeq and Hatim Sharif, (2016), Flood analysis using HEC-RAS model: a case study for Hafr Al-Batin, Saudi Arabia, European Conference on Flood Risk Management, published by EDP Sciences, Reduction Service in Big Data Era, 8th International Conference on Cartography and GIS, Nessebar, Bulgaria Vol, 1, 557- 564.
file:///C:/Users/hp/Downloads/Flood_analysis_using_HEC-RAS_model_a_case_study_fo.pdf
- U. S Department of transportation, Federal Highway Association, (2002), Highway.
<https://www.fhwa.dot.gov/policy/ohim/hs02/>
- Mohamed Abdulrazzak, Amro Elfeki, Ahmed Kamis, Moustafa Kassab, Nassir Alamri, Anis Chaabani & Kashif Noor, (2019), Flash flood risk assessment in urban arid environment: case study of Taibah and Islamic universities' campuses, Medina, Kingdom of Saudi Arabia, GEOMATICS, NATURAL HAZARDS AND RISK.
file:///C:/Users/hp/Downloads/Flash_flood_risk_assessment_in_urban_arid_envirom.pdf
- Ashraf Abdelkarim, Ahmed F, D, Gaber, Ahmed M, Youssef, Biswajeet Pradhan, (2019), Flood Hazard Assessment of the Urban Area of Tabuk City, Kingdom of Saudi Arabia by Integrating Spatial-Based Hydrologic and Hydrodynamic Modeling, Sensors 2019, 19, 1024 Basel, Switzerland.
file:///C:/Users/hp/Downloads/Flood_Hazard_Assessment_of_the_Urban_Area_of_Tabuk.pdf