

Risk Modelling of Flash Floods in the Hishkro Valley basin - Dohuk Governorate Using Terrain Indices (TRI- STI- SPI- TWI)

Lect. Duaa Muhammad Gharib, Ph.D.

Republic of Iraq - Ministry of Education / Dhi Qar Education Directorate

Art21geph14@utq.edu.iq

Asst. Prof. Delveen Jafar Mohammed

Republic of Iraq-Kurdistan Region University of Duhok/College of Humanities-Department of Geography

Dilveen.jafaar@uod.ac

Prof. Ali Majeed Yasseen, Ph.D.

Republic of Iraq - Dhi Qar University / College of Arts

Department of Geography

alimajeed@utq.edu.iq

Copyright (c) 2026 Lect. Duaa Muhammad Gharib, Ph.D. Asst. Prof. Delveen Jafar Mohammed, Prof. Ali Majeed Yasseen, Ph.D.

DOI: <https://doi.org/10.31973/0ez15g54>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract:

Areas in the centre of Dohuk district were exposed to the risks of floods resulting from an increase in total rainfall during the rainstorm on 19/3/2024. This led to the flooding of water into forbidden land uses located on both sides of the valley stream in areas such as Besri, Aytee, Nazarki, Bah Rushki, Zarka, Western Maseek, Lower Malta, and Upper Malta. The capacity of the valley to contain the river flow will be determined, followed by the transfer of river deposits and identification of sites at risk of floods in the valleys to enhance integrated environmental management operations. This study was applied to the Hishkro Valley basin, with floods being a danger to human settlements, especially the informal ones that have exceeded planning standards. This directly contributes to identifying sites at risk due to rainwater and floodwaters in the basins using the Terrain Ruggedness Index (TRI), Sediment Transport Index (STI), River Power Index (SPI), and Topographic Wetness Index (TWI). Predictions of rainwater flow for 3 days using the GEOGloWS ECMWF Stream flow System aim to achieve water resource management and development in northern Iraq using Arc Map software. To execute this, a Model Builder was constructed in the Arc Toolbox, followed by modifying the model properties to enable the program to determine spatial analysis mechanisms using Spatial Analyst Tools. Layers with risk criteria were then included, such as deriving the slope layer based on the Digital Elevation Model (DEM) from the US Geological Survey website www.earthexplorer.usgs.gov and the visual radar imagery from the Aster Global DEM satellite. This was followed by determining the water flow direction and water accumulation areas. The research resulted in defining the basin and river hierarchy network, extracting the flow volume for the basin in cubic meters, and identifying sites at risk of floods due to the rainstorm, facilitating the decision-making process for safe water management planning.

Keywords: Topographic Roughness Index (TRI), Sediment Transport Index (STI), Stream Power Index (SPI), Topographic Wetness Index (TWI), GEOGloWS ECMWF valley flow system, environmental risk management.

نمذجة مخاطر السيول في حوض وادي هشكرو - محافظة دهوك باستخدام المؤشرات التضاريسية (TRI- STI- SPI- TWI)

م.د. دعاء محمد غريب

جمهورية العراق - وزارة التربية

مديرية تربية ذي قار

أ.م. دلفين جعفر محمد

جمهورية العراق - إقليم كردستان جامعة دهوك

كلية العلوم الانسانية - قسم الجغرافية

أ.د. علي مجيد ياسين

جمهورية العراق - جامعة ذي قار / كلية الآداب

قسم الجغرافية

(مُلخَصُ البَحْث)

تعرضت مناطق مركز قضاء دهوك لسيول ناتجة عن ارتفاع في مجموع التساقط المطري خلال العاصفة المطرية بتاريخ (١٩ / ٣ / ٢٠٢٤)، ادت الى طغيان مياه تلك السيول الى محرمات الاستعمالات الارضية الواقعة على جانبي مجرى الوادي لكل من المناطق (بيسري، ايتيت، نزركي، به روشكي، زركا، ماسيك الغربية، مالتا السفلى، مالتا العليا)، سيتم تحديد قدرة الوادي على الحث النهري، ومن ثم نقل الترسبات النهري، والكشف عن المواقع المعرضة لمخاطر السيول في الوديان وذلك؛ لتحسين عمليات الادارة البيئية المتكاملة، طبقت هذه الدراسة على حوض وادي هشكرو، وتعد السيول من المخاطر التي تشكل خطراً على المستوطنات البشرية ولاسيما غير النظامية منها التي تجاوزت المعايير التخطيطية، وهذا سبب مباشر في الكشف عن المواقع التي تشكل خطراً بفعل مياه الامطار والسيول في الاحواض باستعمال مؤشر خشونة التضاريس (TRI)، ومؤشر قدرة النهر على نقل الرواسب (STI) ومؤشر قوة النهر (SPI) فضلاً عن مؤشر تجمع المياه ((TWI، وتوقعات تدفق مياه الامطار لمدة ٣ لنظام جريان الاودية GEOGIOWS ECMWF Stream flow System، يهدف البحث الى تحقيق ادارة وتنمية للموارد المائية في شمالي العراق باعتماد برنامج Arc Map، ولتنفيذ ذلك تم بناء انموذج (Model Builder) في صندوق الادوات (Arc Toolbox)، ومن ثم العمل على تغيير خصائص الانموذج (Model Properties) ليتمكن البرنامج من تحديد الية التحليل المكاني (Spatial Analyst Tools) ومن ثم ادراج الطبقات ذات المعايير الخاصة بالمخاطر وهي اشتقاق خصائص الانحدار Slope Layer باعتماد انموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من موقع USGU بالولايات المتحدة الأمريكية www.earthexplorer.usgs.gov المرئية الرادارية من القمر الصناعي Aster Global DEM، ومن ثم تحديد اتجاه جريان المياه Flow

Direction layer و مناطق تجمع المياه Flow Accumulation، وتوصل البحث الى نتائج وهي: تحديد الحوض وشبكة المراتب النهرية، واستخراج حجم الجريان للحوض بالمتري المكعب الواحد، ومن ثم المواقع التي تتعرض لمخاطر السيول الناتجة عن العاصفة المطرية، وتسهيل مهمة اتخاذ القرار التخطيطي لإدارة عرض المياه الامنة.

الكلمات المفتاحية: مؤشر خشونة التضاريس (TRI)، مؤشر قدرة النهر على نقل الرواسب (STI)، مؤشر قوة النهر (SPI)، مؤشر تجمع المياه (TWI)، نظام جريان الاودية GEOGloWS ECMWF، ادارة المخاطر البيئية.

١ - مقدمة

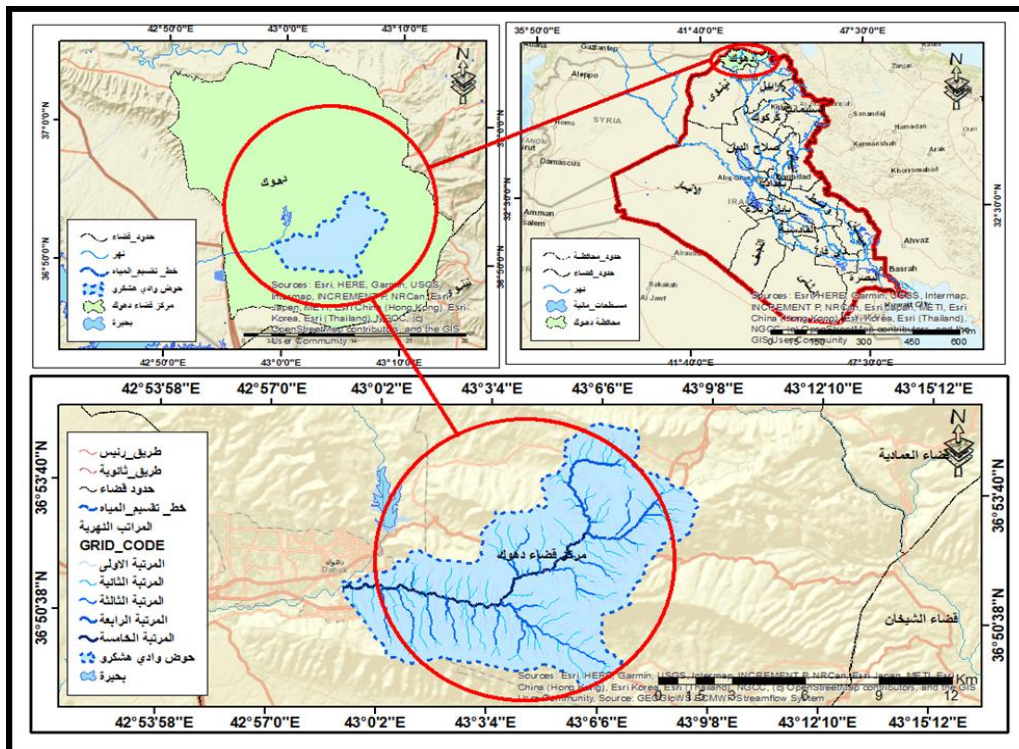
تتأثر المنطقة شمالي العراق بمرور المنخفضات الجوية التي تعمل على تساقط الأمطار خلال فصلي الشتاء والربيع، احيانا تكون تلك الأمطار ذات مجموع كبير يفوق السعة الهيدرولوجية لمجري الوديان في استيعاب تلك الكميات، ومن ثم طغيان مياه الوديان والانهار الى الضفاف، قد تكون هذه المشكلة سابقا غير مهة نظرا لتوسع السكان ومناطقهم المبنية في مركز المدينة، الا ان زيادة اعداد السكان اضطرهم إلى التوسع على حساب ارض الاراضي وهي الواقعة في اطراف المدن او ضمن الاراضي الزراعية وهي بالقرب من تلك المجاري، ادى ذلك الى تأثر تلك المناطق المبنية بتلك الظاهرة وهي تعرضهم بين الفينة والأخرى لمخاطر الفيضان والسيول الناتجة عن العاصفة المطرية، تؤثر خصائص التضاريس على شدة تعرض المناطق لمخاطر الفيضان والسيول تبعا لعوامل عدة وهي: نوعية الترسبات والتكوينات الجيولوجية، وخصائص خطوط الارتفاعات المتساوية، ودرجات الانحدار، فضلا عن أصناف التربة، كما تهدف الدراسة الى تحديد أي من المراتب النهرية في الحوض تشكل المجرى الرئيس، ومن ثم استخراج حجم الجريان المتوقع للعمل على درء مخاطر الفيضان والسيول، ومن ثم الاستفادة من تلك المياه في حال تم تنفيذ مشاريع إدارة العرض على المياه وهي السدود والخزانات (Hassan, 2021)، كلها عوامل تساعد في تهيئة ظروف بيئية خطرة اذا ما تمت اعادة توجيه وتخطيط ايجابي لتحقيق التنمية المستدامة؛ لأن الماء مورد مهم في حياة المدن؛ لذلك تهدف الدراسة إلى تحليل تلك العوامل، ودرجة مساهمتها في تهيئة ذلك النوع من المخاطر، ولتحقيق ذلك تم استخلاص مؤشرات تضاريسية عدة للعمل على إيجاد التباين المكاني للظاهرة قيد الدراسة، وتحديد الأماكن التي تدرج تحت تأثير مخاطر الفيضان والسيول في منطقة الدراسة.

٢- منطقة الدراسة وطريقة العمل

٢-١: منطقة الدراسة

يقع حوض وادي هشكرو ضمن مركز قضاء دهوك شمالي غربي العراق، الموقع هذا نقطة ارتكاز واختلاط بين اقليمي الجبل والسهل، إذ تمتد وتتسع نحو سهول محافظة نينوى (الجنابي، ١٩٨٥، ص ٥١). يقع في مركز محافظة دهوك، تقع منابع الحوض عند مضيق زاويته وجبل كه مه كا شمالي شرق المنطقة وجبل مام سين وطلوة شرقي المنطقة ليبدأ مجرى الوادي الرئيس عند مدينة نزاركي ثم يتجه غربا ليصب في نهر دهوك، بلغت مساحته (٧٩.٥٣/كم²)، أما موقعه فلكيا فيقع بين دائرتي عرض (٣٦° ٤٧' ١٤" - ٣٦° ٥٥' ١٦") شمالا، وقوسي طول (٤٢° ٥٨' ٣٩" - ٤٣° ٤٣' ١٤") شرقا. يتصف مناخ منطقة الدراسة بالاعتدال، إذ تنخفض درجات الحرارة الصغرى في شهر كانون الثاني الى ٣.٤ °م ثم ترتفع في شهر تموز لتسجل ١٤.٢ °م، ويكون التساقط على شكل أمطار وتلوج، إذ بلغ مجموع التساقط ٥٢٧ ملم للمدة من ٢٠٠٨ - ٢٠١٩، وفي الموسم المطري للعام ٢٠٢٣ - ٢٠٢٤، وصل مجموع التساقط لغاية شهر آذار الى (١٥٩.٩ ملم)، هذا عامل ساعد على نشاط جريان المياه في الوديان والانهار، ما يزيد من مخاطر الفيضان والسيول. الخريطة (١).

الخريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: الباحث باعتماد : جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة العراق الادارية ١:١٠٠٠٠٠٠، وخريطة محافظة دهوك الإدارية مقياس ١:٢٥٠٠٠٠، بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

٢-٢: طرائق جمع البيانات

تمت متابعة التغيير في استعمال الأراضي والغطاء الأرضي (LULC)، باعتماد مستكشف الغطاء الأرضي المشتق من مرئيات إزري | سينتينل-٢ مستكشف الغطاء الأرضي (Esri | Sentinel-2 Land Cover Explorer) (<https://www.arcgis.com>). تم تحميل تلك الطبقات للمدة (٢٠١٧-٢٠٢٣)، ومن ثم معالجتها في برنامج Arc Map من اجل اعادة تصنيفها، واستخراج مساحة، ونسبة (LULC)، كما تم تحليل البيانات الرقمية لانموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من موقع USGU بالولايات المتحدة الأمريكية www.earthexplorer.usgs.gov المرئية الرادارية من القمر الصناعي Aster Global DEM، ومن ثم تحديد اتجاه جريان المياه Flow Direction layer و مناطق تجمع المياه Flow Accumulation والانحدار Slope، لاستخراج المؤشرات بحسب الخطوات الآتية/

٢-٢-١: لاشتقاق مؤشر خشونة التضاريس Topographic Roughness Index (TRI)

- احصائيات بؤرية- Focal Statistics
- القيمة الصغرى لخشونة التضاريس- (Min (Min Roughness
- القيمة العظمى لخشونة التضاريس- (Max (Max Roughness
- متوسط قيمة الارتفاعات المتساوية- (Mean (Smooth Area
- المعادلة هي : $TIR = \frac{\text{Smooth Area} - \text{Min R}}{\text{Max R} - \text{Min R}}$

٢-٢-٢: لاشتقاق مؤشر نقل الرواسب Index - Sediment Transport (STI)

(Allouche, Tsoar, & Kadmon, 2006)

- انموذج الارتفاع الرقمي DEM .
- اتجاه جريان المياه Flow Direction layer
- مناطق تجمع المياه Flow Accumulation
- درجات الانحدار Slope Layer.
- المعادلة هي :

$$STI = \text{Power}(\text{Flow Accumulation}/22.13, 0.6) * \text{Power}(\sin(\text{Slope})/0.0896, 1.3)$$

٢-٢-٣: لاشتقاق مؤشر قوة النهر (SPI)- Stream Power Index

(Al-Awadhi, Abd el-aal, Misak, Abdulhadi, 2023)

- انموذج الارتفاع الرقمي DEM .
- اتجاه جريان المياه Flow Direction layer
- مناطق تجمع المياه Flow Accumulation
- درجات الانحدار Slope Layer.

$$\text{SPI} = \text{Flow Accumulation} * \text{Cell size} * \tan(\text{Slope})$$

(المعادلة هي : $0.0017453 * \text{SPI} = \text{Flow Accumulation} * \text{Cell size} * \tan(\text{Slope})$)

٢-٤: مؤشر تجمع المياه (TWI) – Topographic Wetness Index

- انموذج الارتفاع الرقمي DEM .
 - اتجاه جريان المياه Flow Direction layer
 - مناطق تجمع المياه Flow Accumulation
 - درجات الانحدار Slope Layer
- المعادلة هي:

$$\text{Slope} = \text{Slope} * 1.570796 / 90$$

$$\text{Tan Slope} = \text{Con}(\text{Slope} > 0, \text{Tan}(\text{Slope}), 0.001)$$

$$\text{Fa Scaled} = (\text{FlowAcc} + 1) * \text{Cell size}$$

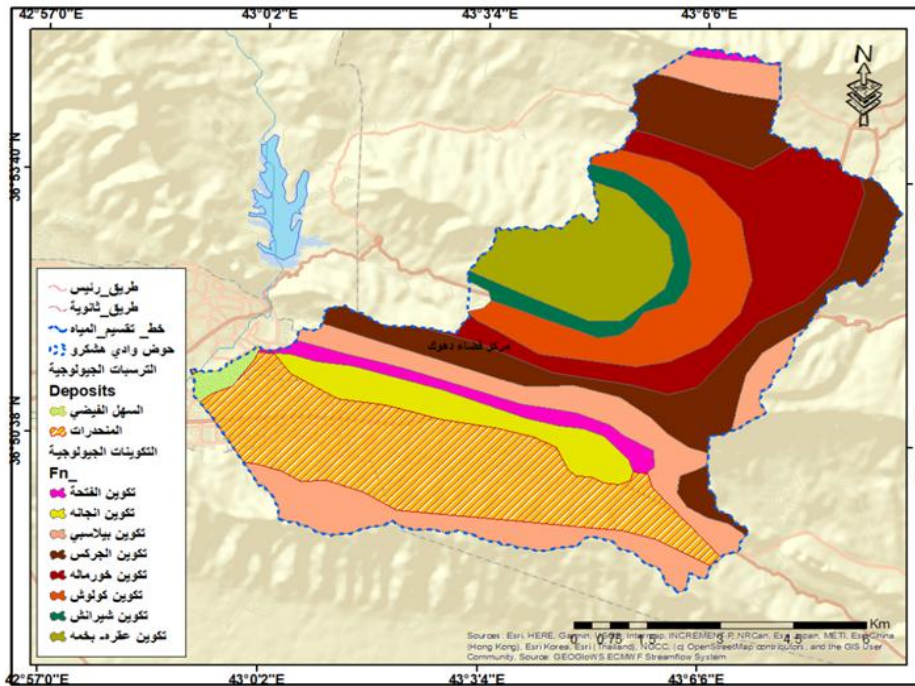
$$\text{TWI} = \text{Ln}(\text{Fa Scaled} / \text{Tan slope})$$

٣- النتائج والمناقشة

٣-١/ التتابع الطبقي في حوض وادي هشكرو

تؤثر نوعية الرواسب والصخور على امكانية توليد جريان مائي سطحي، النفاذية المنخفضة تحول من دون تسرب المياه الى باطن التربة، يظهر من الخريطة (٢) والجدول (١)، أن منطقة الدراسة تتسع فيها ترسبات المنحدرات التي تتألف من حجر جيري- دولستون ضعيف التماسك ذات عمق ضحل ١٥-٢٠م، شكلت مساحة قدرها ١٦.٩٧/ كم² وهي أكبر نسبة بمقدار ٢١%، تنشط تلك الترسبات عمليات التعرية، ومن ثم انخفاض نفاذية صخورها من الكلس ولاسيما أنها تتركز ضمن منطقة المراتب النهرية العليا أي: المجرى الرئيس.

الخريطة (٢) التتابع الطبقي في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد: جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (جيوسيرف)، طبقاً للتقرير الجيولوجي لوحدة الموصل، NJ-٣٨-١٣، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

الجدول (١) التتابع الطبقي في حوض وادي هشكرو

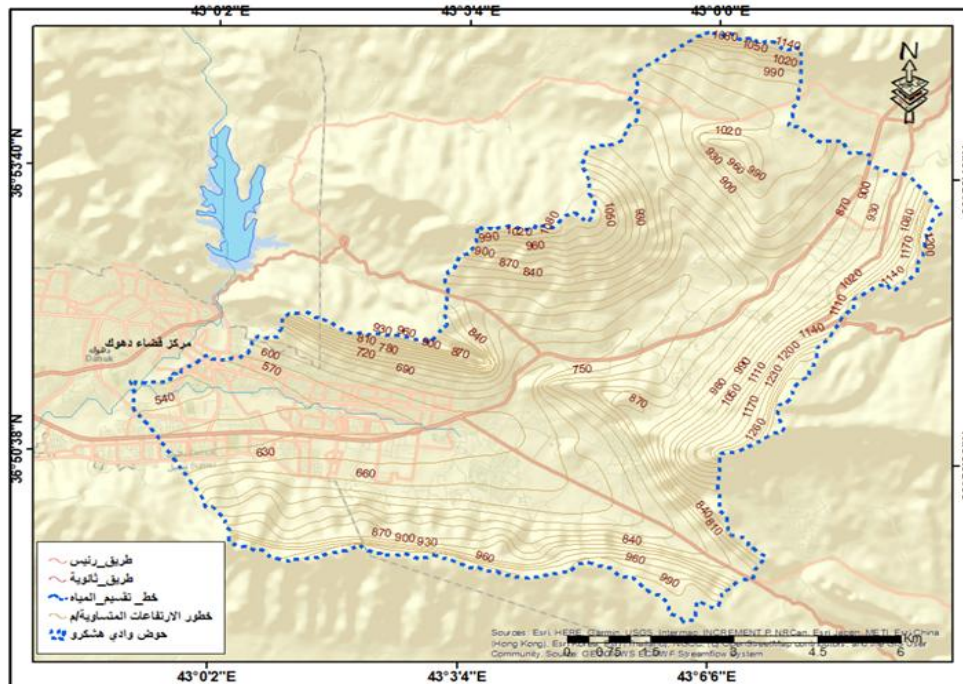
النسبة %	المساحة / كم ²	السك/م	المكونات	الرواسب والتكوينات	العصر	الزمن
0.75	0.59	2-3	رمل - طين - غرين - حصي	السهل الفيضي	الهولوسين	الرابع Quaternary
21	16.97	15-20	حجر جيرى - دولستون ضعيف التماسك	المنحدرات	البلايستوسين	
3.1	2.47	200	حجر رملي - حجر غريني - حجر جيرى	الفتحة	المايوسين الأوسط	الثالث Cenozoic
5.6	4.44	50	مارل - اصداق طينية -	انجانه	المايوسين الأعلى	
16	13.11	130- 158	حجر جيرى - دولمايت - الصوان	بيلاسيبي	الايوسين الأعلى	
16	12.77	250	حجر رملي - حجر غريني - حجر طيني - طبقات جبسية	الجرس	الايوسين الأوسط	
14	11.18	10-45	حجر جيرى - دولستون	خورماله	الايوسين الأدنى	
10	8.15	80- 200	حجر رملي - حجر طيني - حجر غريني	كولوش	البلايوسين الأدنى	
3.5	2.77	565	المارل - الحجر الجيري الاريض - الحجر الجيري الرملي - المارل الازرق	شيرانش	الكريتاسي الأعلى	
8.9	7.08	200	الحجر الجيري	عقره - بخمه		
100%	79.53	المساحة الكلية				

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على: جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (جيوسيرف)، طبقاً إلى التقرير الجيولوجي لوحدة الموصل، NJ-38-13، وتقنيات برنامج Arc Map 10.4.1.

٣-٢ / خصائص التضاريس في حوض وادي هشكرو

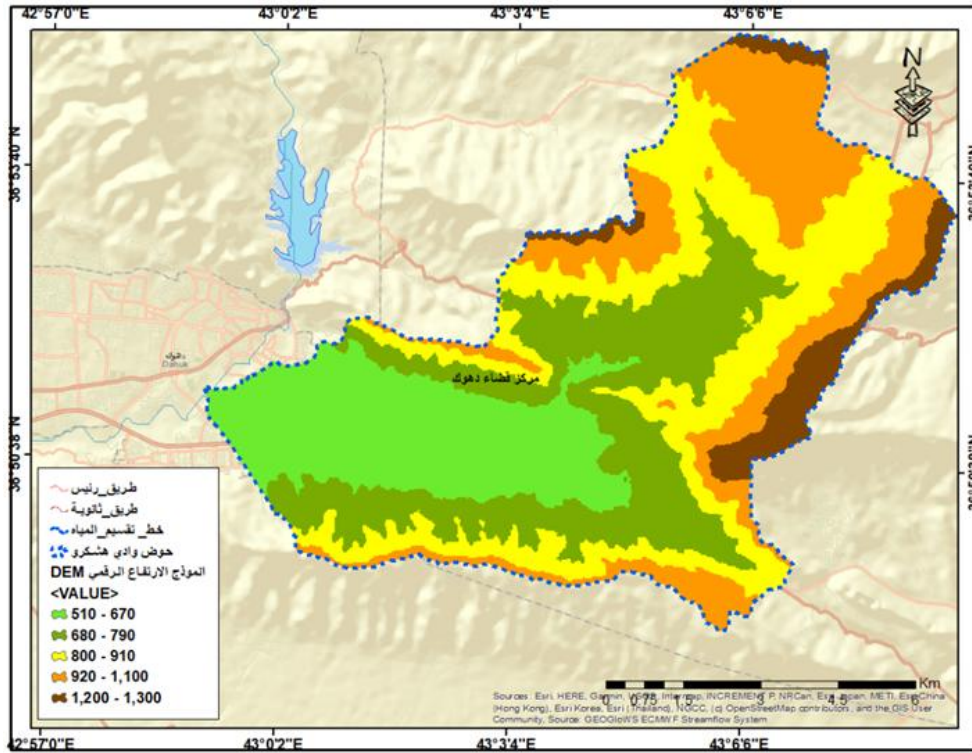
تقع منطقة الدراسة ضمن منطقة الجبال العالية، بين خطي ارتفاع ٥١٠م - ١٣٠٠م، فارق الارتفاع الذي بلغ ٣٧٧م يعمل على توليد جريان سريع نحو المنطقة السهلية الخريطة (٣)، كما يظهر من الخريطة (٤) والجدول (٢)، أن فئات الارتفاع الثالثة والرابعة والخامسة شكلت نسبة ٥٣.٤٨% من عموم مساحة منطقة الدراسة، وتراوحت بين خطي ارتفاع متساوي ٨٠٠ - ١٣٠٠م فوق مستوى سطح البحر، وبذلك تساعد على سرعة وصول موجات الفيضان، ومن ثم تكون السيول في منطقة السهل الواقعة فيها المناطق السكنية التي تعرضت لطغيان مياه الوادي على شكل سيول جارفة. كما ان عامل الانحدار يعمل على إيجاد ظروف مثالية لتوليد جريان سريع مفاجئ (Abdelkarim, & Gaber, 2023)، وقد تبين ذلك في منطقة الدراسة، إذ تبين من الخريطة (٥) والجدول (٣)، ان درجات الانحدار تتراوح بين ٠ - ٨٨°، والواضح من الخريطة ان منطقة جريان المراتب النهرية الدنيا تقع ضمن درجات انحدار كبيرة ضمن الفئة الخامسة ٧٦ - ٨٨°، إذ شكلت مساحة قدرها ٣٤.٦٠ كم² من مجموع مساحة منطقة الدراسة وهي ٧٩.٥٣ كم²، والتي تعادل ٤٣.٥٨% من المنطقة، الخصائص التضاريسية مشجعة لتوليد جريان مائي سريع يفاقم من المخاطر البيئية وهي: الفيضان والسيول، لذلك لابد من الاخذ في الحسبان تلك الخصائص حين الشروع في إعادة التوزيع الجغرافي لاستعمالات الارض والغطاء الأرضي.

الخريطة (٣) خطوط الارتفاعات المتساوية في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

الخريطة (٤) فئات الارتفاعات المتساوية في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

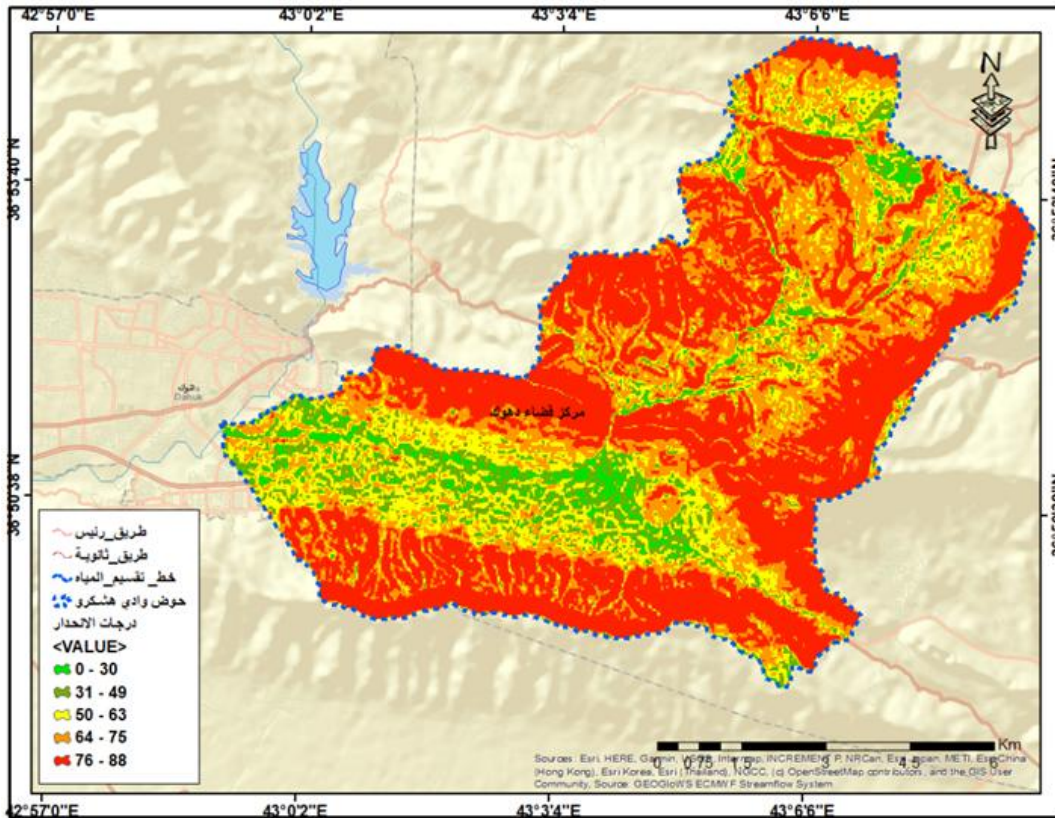
الجدول (٢)

فئات الارتفاعات المتساوية ومساحتها/ كم² ونسبتها المئوية % في حوض وادي هشكرو

النسبة %	المساحة/ كم ²	فئة الارتفاع/ م	الفئة
20.93	16.64	510 - 670	الفئة الاولى
25.58	20.35	680 - 790	الفئة الثانية
25.42	20.22	800 - 910	الفئة الثالثة
22.17	17.63	920 - 1,100	الفئة الرابعة
5.89	4.68	1,200 - 1,300	الفئة الخامسة
100	79.53	المساحة الكلية	

المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

الخريطة (٥) فئات درجات الانحدار في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov
 نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

الجدول (٣)

فئات درجات الانحدار ومساحتها/ كم² ونسبتها المئوية % في حوض وادي هشكرو

النسبة %	المساحة/ كم ²	الانحدار/ درجة	الفئات
3.74	2.97	0 - 30	الفئة الاولى
8.94	7.11	31 - 49	الفئة الثانية
16.37	13.02	50 - 63	الفئة الثالثة
27.37	21.77	64 - 75	الفئة الرابعة
43.58	34.66	76 - 88	الفئة الخامسة
100	79.53	المساحة الكلية	

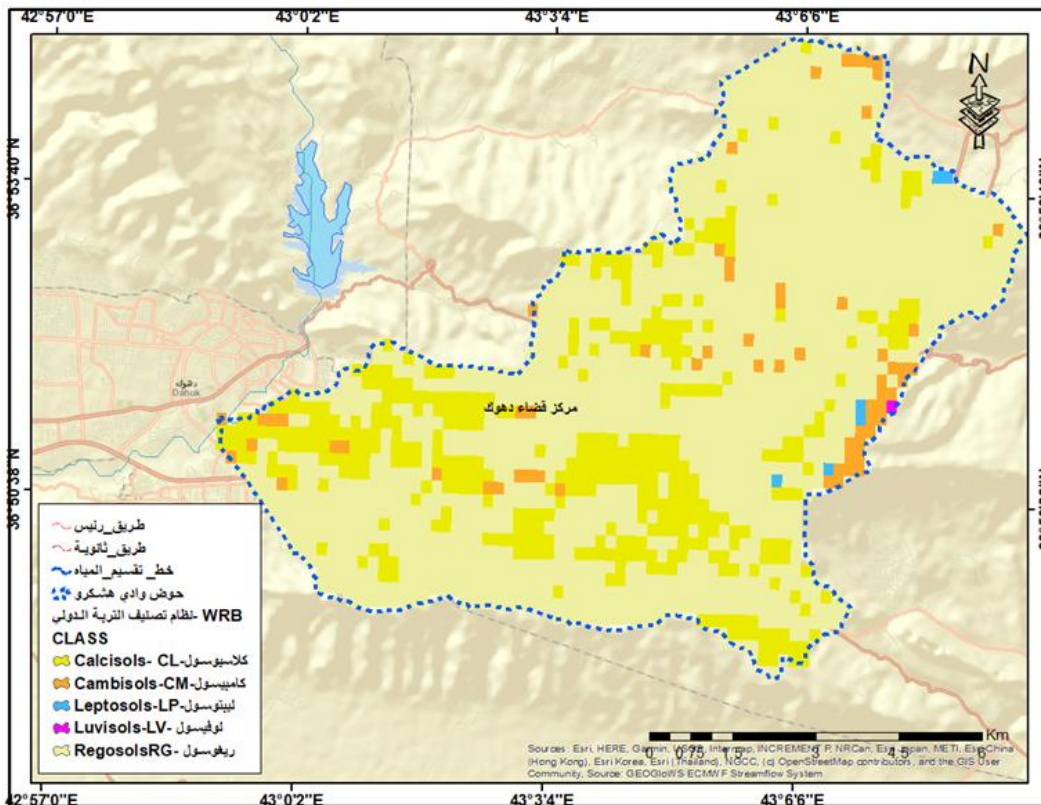
المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov
 نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

٣-٣ / أصناف الترب في حوض وادي هشكرو

تم تصنيف التربة في القضاء باعتماد نظام تصنيف التربة الدولي World Reference Base For Soil وهو نظام قياسي دولي لتصنيف التربة يعتمد على الاتحاد الدولي لعلوم التربة International Union of soil Sciences –IUSS، إذ تم استبدال نظام الفاو لتصنيف التربة بهذا النظام، بعد كفله من الاتحاد الدولي لعلوم التربة ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة الفاو عبر قسم تطوير الأراضي والمياه فيها، يعتمد هذا النظام مفاهيم حديثة لتصنيف التربة (تصنيف وزارة الزراعة الأمريكية للتربة) (Jahn, Joisten, & Kabala, 2004). يلاحظ خريطة (٦) وجدول (٤). ان أصناف الترب مهمة في تحديد المناطق المهددة بالسيول من حيث قابليتها على مقاومة عمليات الحث الناتج عن الجريان أو الاعاقة التي تسببها مكوناتها أمام حركة المياه، وبعد الاستعانة بتصنيف التربة الدولي للتربة تبين وجود أنواع عدة:

الخريطة (٦) أصناف الترب بحسب نظام تصنيف التربة الدولي ت.ت.د. WRB_soil في

حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات مجموعة عمل الاتحاد الدولي لعلوم التربة ت.ت.د. ٢٠٠٦. القاعدة المرجعية العالمية لموارد التربة ٢٠٠٧. الطبعة الثانية. تقارير موارد التربة العالمية رقم ١٠٣. الفاو، روما. ISBN 92-5-105511-4، (<https://soilgrids.org/>) وتقانات برنامج ArcMap ١٠.٢.٢.

الجدول (٤) مساحة ونسبة أصناف الترب بحسب نظام تصنيف التربة الدولي ت.ت.د.
WRB_soil في حوض وادي هشكرو

النسبة %	المساحة /كم ²	الصنف
21.95	17.46	Calcisol - كالسيول (CL)
3.52	2.8	Cambisol - كامبيوسول (CM)
0.33	0.26	Leptosol - ليبتوسول (LP)
0.05	0.04	Luvisol - لوفيسول (LV)
74.15	58.97	Regosol - ريغوسول (RG)
100	79.53	المساحة الكلية

المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات مجموعة عمل الاتحاد الدولي لعلوم التربة ت.ت.د ٢٠٠٦. القاعدة المرجعية العالمية لموارد التربة ٢٠٠٧. الطبعة الثانية. تقارير موارد التربة العالمية رقم ١٠٣. الفاو، روما. ISBN 92-5-105511-4، <https://soilgrids.org/>، وتقانات برنامج ArcMap10.2.2.

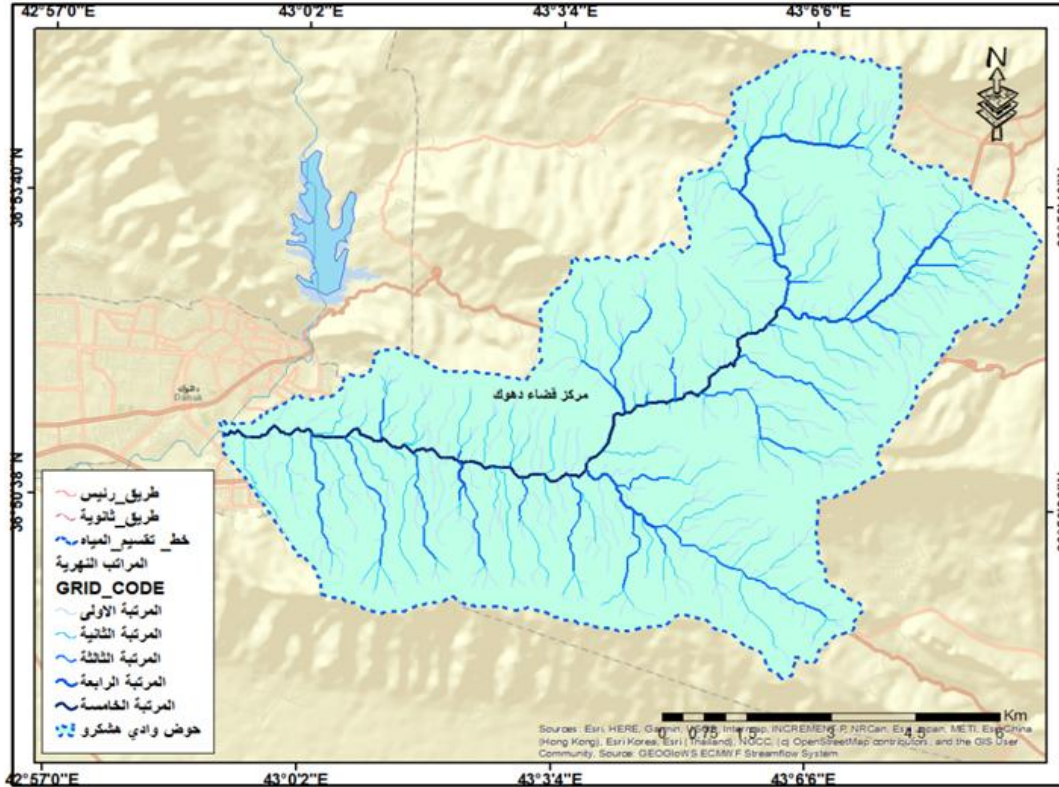
يظهر من الخريطة (٦) والجدول (٤)، أن الصنف السائد هو صنف Regosols - ريغوسول (RG)، الذي شكل أغلب مساحة منطقة الدراسة، تتميز بمواد غير متماسكة ناعمة النسجة، ويزيد عمقها عن ١٠٠ سم لا تسمح بتسرب المياه خلالها، ومن ثم عاقبة جريان المياه فوقها، وعدم تسربها إلى باطن التربة، بلغت مساحتها ٥٨.٩٧ كم² ونسبتها ٧٤.١٥% من مساحة منطقة الدراسة، فضلا عن ارتفاع نسبة صنف التربة Calcisol - كالسيول (CL)، والتي تحتوي على افق كلسي أو كلسي متحجر، وتركيز من الجير المسحوق الطري ضعيف المقاومة لعمليات الحت المائي ضمن طبقة ١٢٥ سم بلغ مجموع مساحتها ١٧.٤٧ كم² ونسبة ٢١.٩٥% من مساحة منطقة الدراسة، ومن ذلك يظهر قابلية تربة المنطقة عالية على توليد جريان مائي نتيجة لانخفاض مسامية التربة ولاسيما في مناطق الجريان المائي ضمن وادي هشكرو الرئيس.

٣-٤ / الحوض والمراتب النهرية في حوض وادي هشكرو

بلغت مساحته ٧٩.٥٣ كم²، يميل إلى الاستدارة مع تباعد خطوط تقسيم المياه وانخفاض في طول المراتب الدنيا وهي التي تتصف بها أحواض التي تمر في مرحلة الشباب من دورة التعرية (Batista, Fiener, Scheper, & Alewell, 2022)، كلها عوامل ساعدت على سرعة وصول موجات الفيضان إلى منطقة المصب أو مجرى الوادي الرئيس، إذ يتبين من الخريطة (٧) والجدول (٥) قصر المسافة الأفقية التي تقطعها المياه في المرتبة الأولى لتصب في المرتبة الثانية مع وجودها ضمن درجات انحدار عالية وصلت إلى ٨٨°، ساعد على سرعة وصول موجة المياه إلى مجرى الوادي الرئيس في المرتبة الخامسة والتي

بلغ طولها ١٣.٣٠ كم، وهي التي اخترقت المنطقة السكنية التي عانت من خطر الفيضان والسيول الجارفة بتاريخ (٢٠٢٤/٣/١٩).

الخريطة (٧) الحوض وشبكة المراتب النهرية لوادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

الجدول (٥) المراتب النهرية لحوض ديشتي هولير

المرتبة	العدد	النسبة %	الطول/ كم
المرتبة الاولى	250	31.2	144.72
المرتبة الثانية	237	29.6	78.41
المرتبة الثالثة	36	4.5	36.88
المرتبة الرابعة	5	0.6	12.24
المرتبة الخامسة	1	0.12	13.30
المجموع	799	100	285.55

المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map 10.4.1.

٣-٥/ التغيير في استخدام الأراضي- الغطاء الأرضي (LULC) ٢٠١٧- ٢٠١٨ في

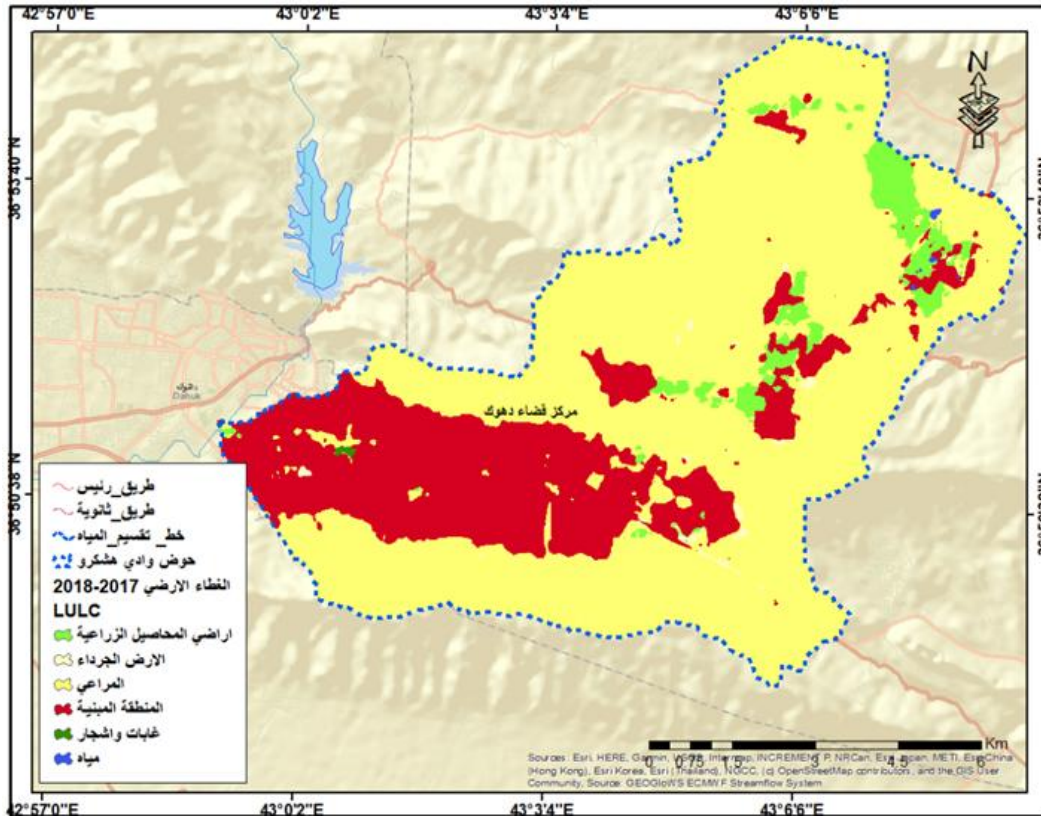
حوض وادي هشكرو

لوحظ تغير مفاجئ في المناطق المبنية والزراعية وتشديد المباني ما يؤدي إلى بناء منازل جديدة لإيوائهم، يظهر من الخريطة (٨) والجدول (٦)، تقلص في مساحة الأراضي الجرداء، ونسبتها من ٠.٤١ / كم² ٠.٥٢% للمدة (٢٠١٧-٢٠١٨)، ومن ثم تغيرت

الى ٠.٠٠٩ / كم ٢ ٠.١٢ % خلال المدة اللاحقة وهي (٢٠٢٢-٢٠٢٣)، يلاحظ خريطة (٩) سبب ذلك تزايد مجموع الأمطار في المنطقة، وتوسع مساحة أراضي المحاصيل والمراعي والمنطقة المبنية على حسابها، وهذا أمر جيد في إيجاد نظام بيئي متوازن يقلل من مخاطر الجريان المائي في الوديان، الا ان الملاحظ هو انخفاض مساحة ونسبة صنف الأشجار، اذ شغلت خلال المدة (٢٠١٧-٢٠١٨) مساحة قدرها ٠.٠٠٦ كم/ ٢ ٠.٠٠٧ % ثم انخفضت إلى أدنى مساحة لها خلال المدة (٢٠٢٢-٢٠٢٣) لتصل الى ٠.٠٠٤ / كم ٢ ٠.٠٠٥ % هذا ناتج عن التوسع العمراني باتجاه الاراضي الزراعية، وإزالة تلك الاشجار سيؤثر ذلك في عمليات اعاقه الجريان، كما تبين زيادة كبيرة في مساحة ونسبة المنطقة المبنية، إذ بلغت مساحتها ٢٠٠.٠٢ / كم ٢ ٢٥.١٧ % للمدة (٢٠١٧-٢٠١٨) لتصل إلى ٢٣٣.٩١ / كم ٢ ٣٠.٠٦ % للمدة (٢٠٢٢-٢٠٢٣)، هذا التوسع الحضري كان في المنطقة السهلية على جانبي ضفاف وادي هشكرو لم يراع فيها المخطط المخاطر المحتملة للفيضان والسيول في حال تساقط أمطار كبيرة والتي تعمل على طغيان مياه الوادي الى المنطقة المجاورة وهذا ما حدث فعلا.

الخريطة (٨)

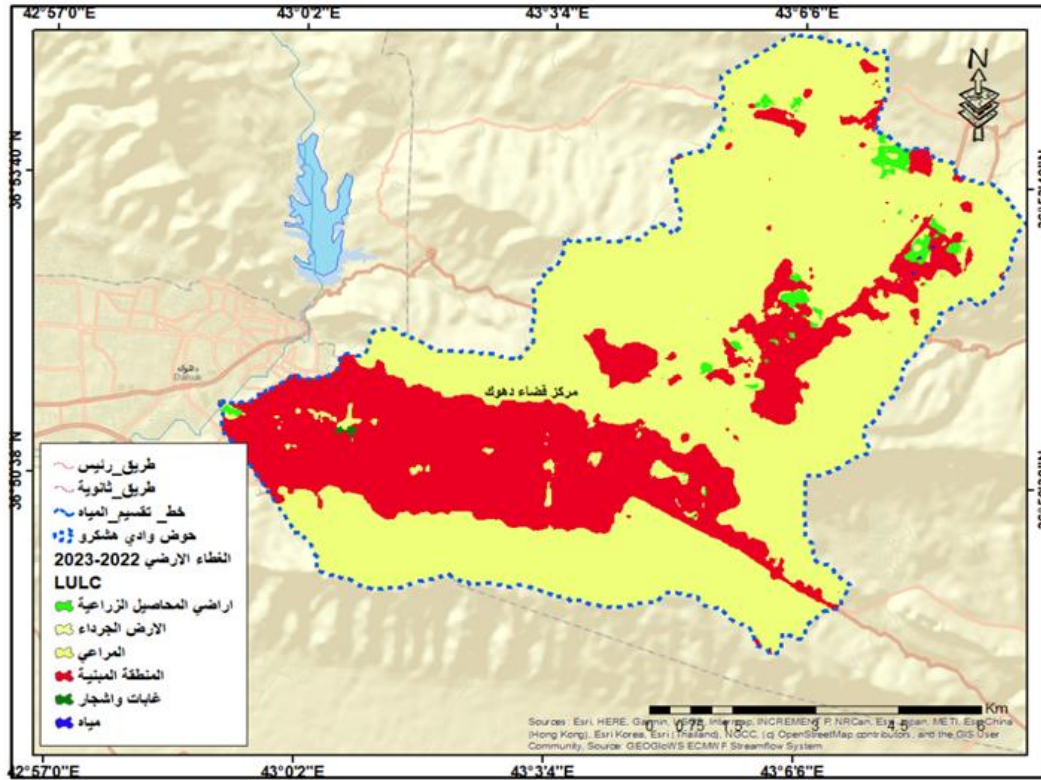
استخدام الأراضي/ الغطاء الأرضي (LULC) ٢٠١٧- ٢٠١٨ في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد / <https://livingatlas.arcgis.com/> وتقانات برنامج ArcMap ١٠.٤.٢.

الخريطة (٩)

استخدام الأراضي/ الغطاء الأرضي (LULC) ٢٠٢٢ - ٢٠٢٣ في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد / <https://livingatlas.arcgis.com/> وتقانات برنامج ArcMap ١٠.٤.٢.

الجدول (٦) تباين مساحة ونسبة استخدام الأراضي/ الغطاء الأرضي (LULC) ٢٠١٧ - ٢٠٢٣ في حوض وادي هشكرو

النسبة %	المساحة /كم ²	الصنف	المدة
4.27	3.4	أراضي المحاصيل الزراعية	2017-2018
0.52	0.41	الأرض الجرداء	
69.89	55.58	المراعي	
25.17	20.02	المنطقة المبنية	
0.07	0.06	غابات وأشجار	
0.07	0.05	مياه	
1.2	0.96	أراضي المحاصيل الزراعية	2022-2023
0.12	0.09	الأرض الجرداء	
68.55	54.52	المراعي	
30.06	23.91	المنطقة المبنية	
0.05	0.04	غابات وأشجار	
0.01	0.01	مياه	

المصدر: عمل الباحث باعتماد الخريطة (٨،٩).

٣-٦ / المؤشرات التضاريسية المؤثرة في مخاطر الفيضان والسيول في حوض وادي هشكرو

سيتم تطبيق بعض المؤشرات التضاريسية التي تعمل على حساب تأثير التضاريس على تنشيط المخاطر البيئية التي تمثلت بمخاطر الفيضان والسيول، وذلك عن طريق اجراء سلسلة من العمليات الحسابية، ولتنفيذ تلك المؤشرات تم بناء انموذج (Model Builder) (Ahmad, & Simonovic, 2011) في صندوق الادوات (Arc Toolbox)، ومن ثم العمل على تغيير خصائص الانموذج (Model Properties) ليتمكن البرنامج من تحديد آلية التحليل المكاني (Spatial Analyst Tools)، ومن ثم ادراج الطبقات ذات المعايير الخاصة بالموقع المفضل وهي اشتقاق خصائص الانحدار Slope Layer باعتماد انموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وهي بحسب الآتي:

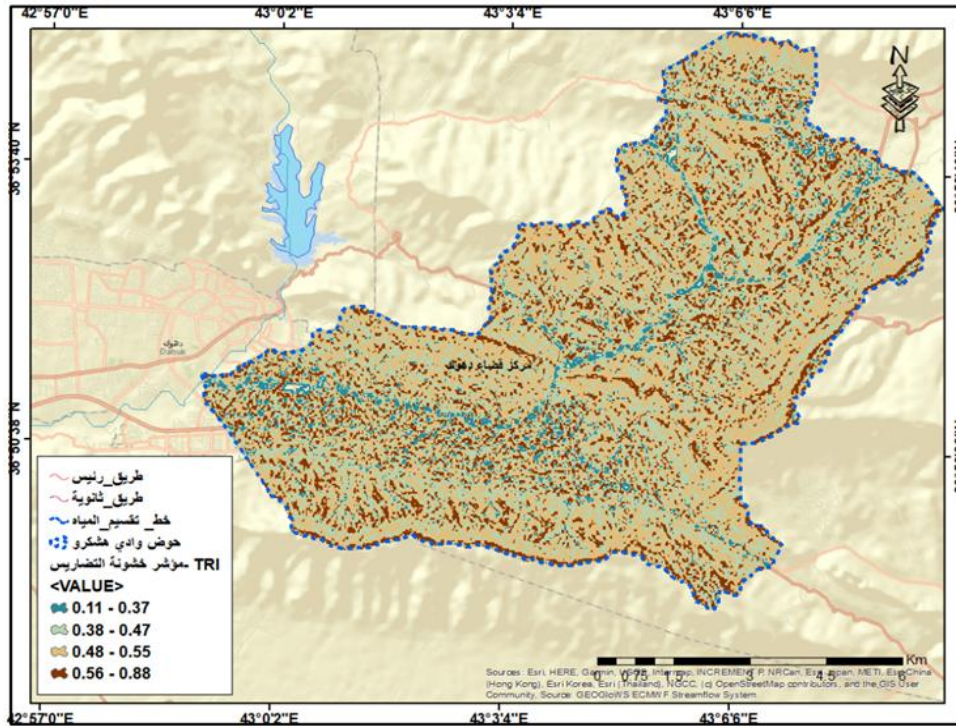
٣-٦-١: مؤشر خشونة التضاريس (TRI)

يظهر من الخريطة (١٠) والجدول (٧)، أن منطقة الدراسة تميزت بخشونة التضاريس بسبب فارق الارتفاع، والذي عمل تركيز الجريان في مجرى الوادي الرئيس، إذ وقع ضمن الفئة الأولى (١.١١ - ٠.٣٧) بمساحة قدرها ٤.٠٣ كم² ونسبة ٥.٠٧% من مساحة منطقة الدراسة، وهذا الأمر جعل الجريان المائي خطرا لتركزه ضمن مساحة صغيرة نسبيا مقارنة مع منطقة الدراسة، والذي عمل على وصول موجة الفيضان والسيول إلى المنطقة المبنية في كل من بيسري، ايتيت، نزركي، به روشكي، زركا.

٣-٦-٢: مؤشر نقل الرواسب (STI)

يظهر من الخريطة (١١) والجدول (٧)، أن تركيز قدرة النهر على نقل الرواسب ضمن مجرى الوادي الرئيس بسبب اتساع المجرى وانبساط نسبي لسطح الأرض مع التقاء جميع المراتب النهرية للحوض مع المرتبة الخامسة التي تشكل المجرى الرئيس، إذ بلغت مساحة تلك الفئة الرابعة من المؤشر (٢.٨ - ٣.٦) ٠.٨٣ كم² ونسبتها ١.٠٤%، وهذه المنطقة الصغيرة تركزت فيها كل الرواسب التي حملتها المراتب النهرية بسبب نشاط عمليات التعرية المائية المسيلية والجدولية، والذي ادى الى نقل كل تلك الترسبات الى جانبي الوادي والتي القى بها على المنطقة المبنية، لذلك يجب الاخذ في الحسبان تلك الترسبات المنقولة فيما لو تم اختيار موضع مناسب لاقامة مشاريع السدود والخزن لتحقيق أعلى جدوى اقتصادية لتلك المنشآت (Arabkhedri, Heidary, & Parsamehr, 2021)

الخريطة (١٠) مؤشر خشونة التضاريس - TRI في حوض وادي هشكرو



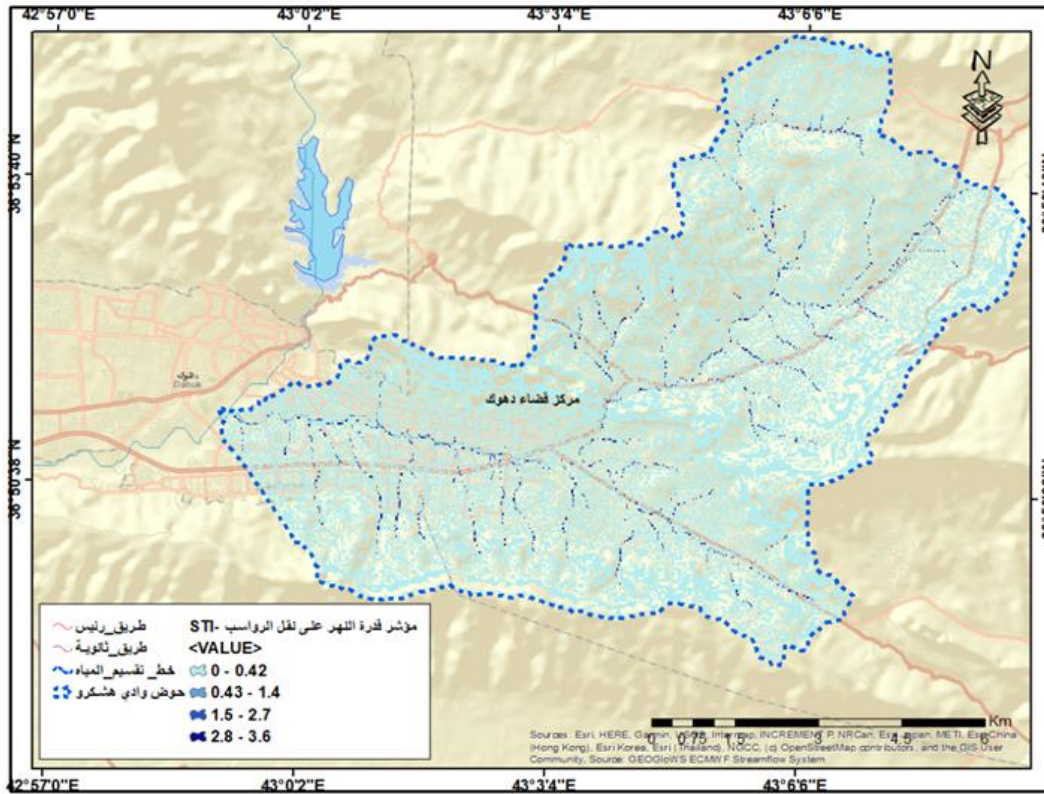
المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

الجدول (٧) تباين مساحة ونسبة المؤشرات التضاريسية في حوض وادي هشكرو

النسبة المئوية %	المساحة/ كم ²	قيم المؤشرات	المؤشرات
5.07	4.03	0.11 - 0.37	مؤشر خشونة التضاريس- TRI
28.79	22.9	0.38 - 0.47	
47.86	38.06	0.48 - 0.55	
18.28	14.54	0.56 - 0.88	
97.59	77.61	0 - 0.42	مؤشر قدرة النهر على نقل الرواسب- STI
0.64	0.51	0.43 - 1.4	
0.73	0.58	1.5 - 2.7	
1.04	0.83	2.8 - 3.6	
97.8	77.78	0 - 120	مؤشر قوة النهر- SPI
1.26	1	130 - 370	
0.77	0.61	380 - 710	
0.17	0.13	720 - 2,200	
46.79	37.21	-12 - -9.4	مؤشر تجمع المياه -TWI
42.86	34.09	-9.3 - -8.1	
10.35	8.23	-8 - -0.59	

المصدر: عمل الباحث باعتماد الخريطة (٥).

الخريطة (١١) مؤشر قدرة النهر على نقل الرواسب - STI في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية earthexplorer.usgs.gov، نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

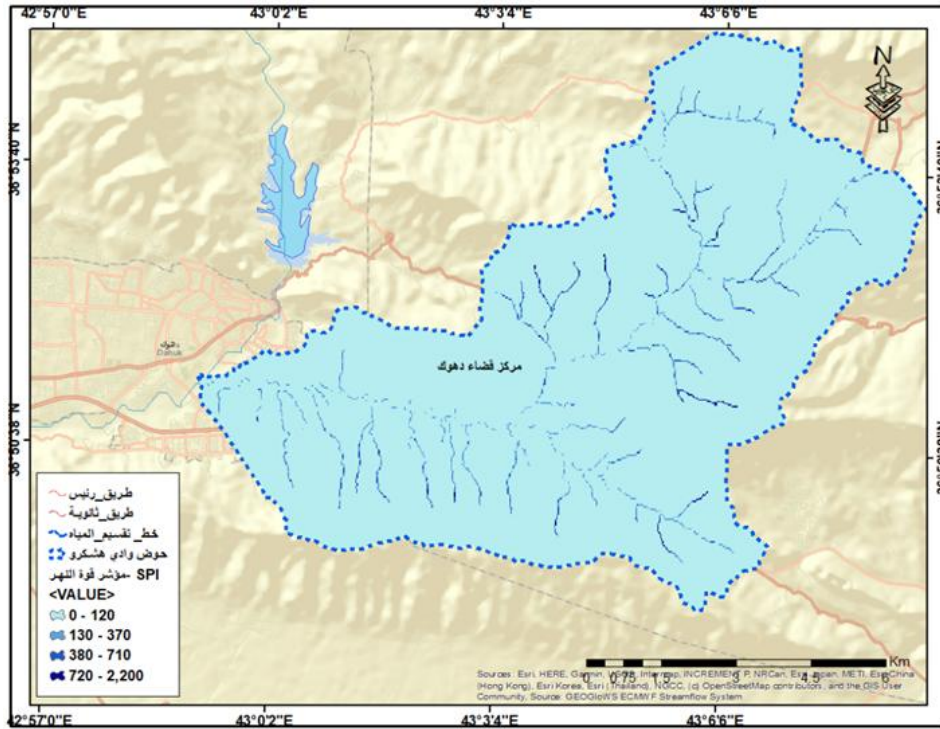
٣-٦-٣: مؤشر قوة النهر (SPI)

يظهر من الخريطة (١٢) والجدول (٧)، ان قوة النهر تتركز في المجرى الرئيس لحوض هشكرو الذي يقع ضمن الفئة الرابعة (٧٢٠ - ٢٢٠٠) والتي بلغت مساحتها ٠.١٣ كم² ونسبتها ٠.١٧%، هذا يحدد المناطق الخطرة التي يمكن أن تتكرر فيها مخاطر الفيضان والسيول.

٣-٦-٤: مؤشر تجمع المياه (TWI)

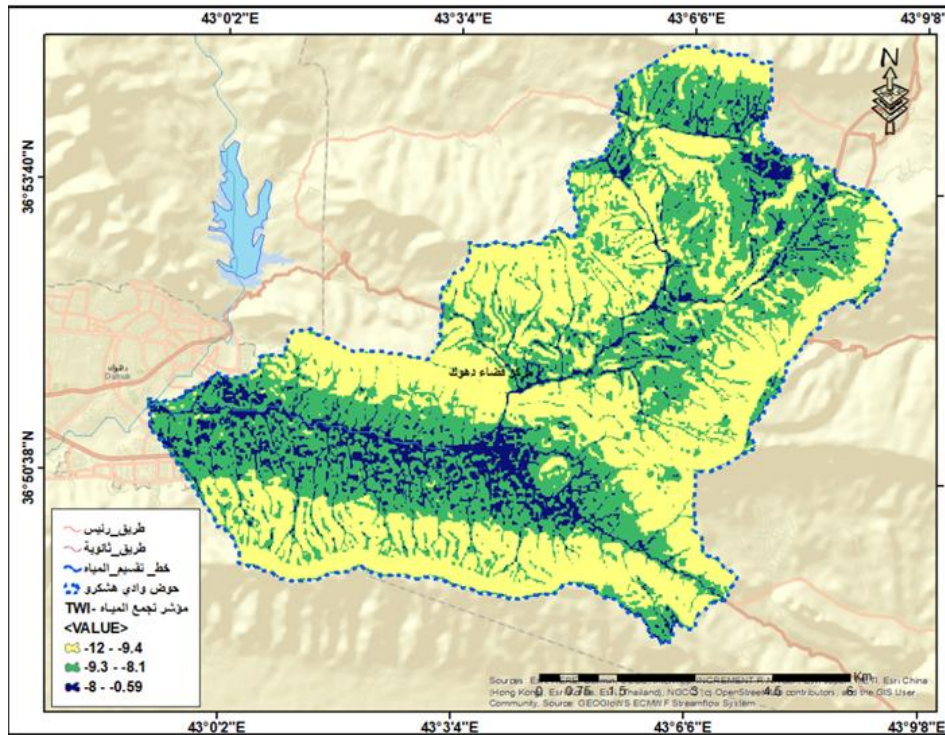
اتصفت المناطق الواقعة عن المنطقة السهلية من الحوض بين خطي درجات انحدار (٠ - ٣٠°) بأنها أكثر الأماكن احتمالية تجمع مياه الأمطار فيها، فيظهر من الخريطة (١٣) والجدول (٧)، أن مجموع المساحة التي تتجمع فيها المياه ضمن الفئة الثالثة من المؤشر وهي ٨.٢٣ كم² ونسبتها ١٠.٣٥% من مجموع مساحة منطقة الدراسة، وهذه المناطق لو تم استغلالها ستكون مناسبة لتنفيذ تقانات حصاد مياه الوديان، كما يمكن عدها مناطق ذات درجة خطورة كبيرة بسبب امكانية طغيان مياه الوديان ضمنها والتي تسبب خطرا بيئيا على البنية الحضرية في منطقة الدراسة.

الخريطة (١٢) مؤشر قوة النهر - SPI في حوض وادي هشكرو



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

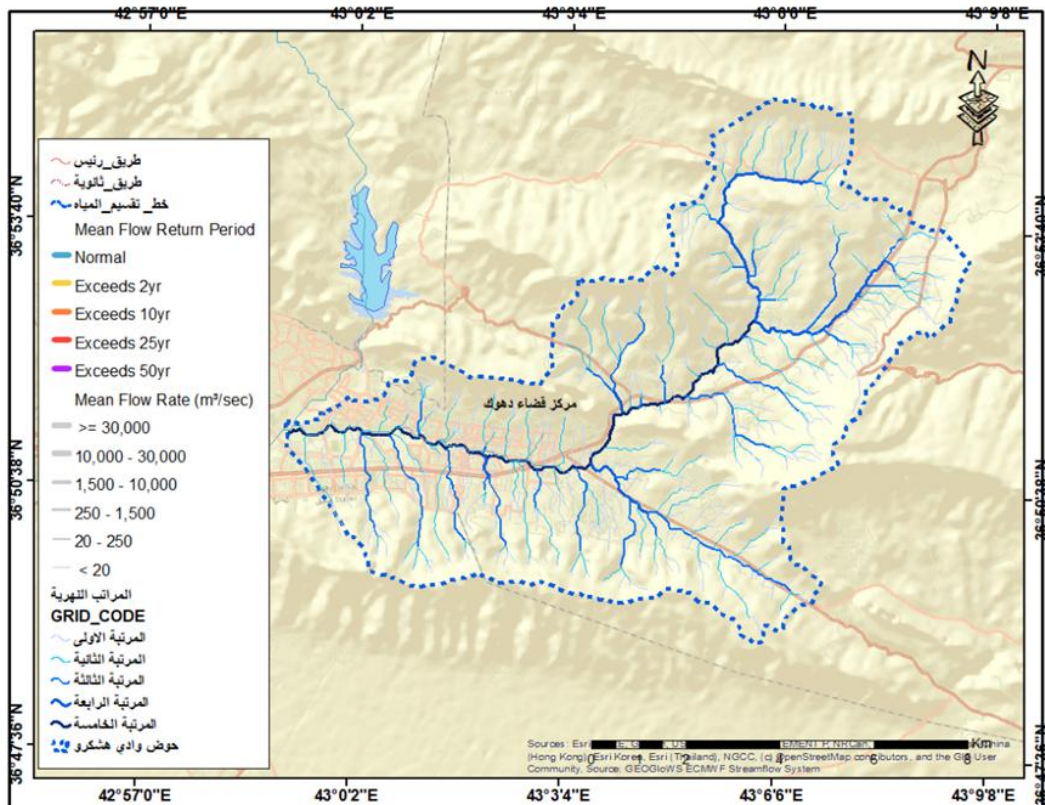
الخريطة (١٣) مؤشر تجمع المياه في حوض وادي هشكرو - TWI



المصدر: عمل الباحث باعتماد بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map ١٠.٤.١.

إن هذا التغير الحاصل في كميات التساقط يعمل على ايجاد مخاطر بيئية تسترعي الانتباه لتوزيعها المكاني والزمني والتنبؤ بها عبر تلك المؤشرات، لتجنب الأضرار في الأرواح والممتلكات، وتحقيق التنمية المستدامة في المنطقة لضمان التخفيف من حدة تأثيرها مستقبلاً (Abdelkarim, & Gaber 2023). وإذا ماتم بناء انموذج مناطق محرمة حول مجرى الوادي الرئيس لمسافة ٥٠ م ، يمكن أن تتعرض ٦١٥ مسكنا عشوائيا لمخاطر الفيضان والسيول وهي كل من محلة (رزا، قسارا)، وفي حالة اعتماد مسافة ٤٠م، ينخفض عدد المساكن العشوائية وتتأثر ٥٣٥ مسكنا ،وتتوزع على ٩ محلات سكنية من ضمنها رزا وقسارا، اما في حالة اعتماد ٣٠م يصل عدد المساكن العشوائية المتأثرة الي ٤٥٠ موزعة على ٨ محلات سكنية، ومسافة ٢٠ م ستتناثر ٣٣٤ مسكنا عشوائيا مقسمة على ٨ محلات، اما مسافة ١٠م فتبلغ عدد المساكن العشوائية المتناثرة ٢١٣ موزعة على ٨ محلات سكنية(الدوسكي، ٢٠٢٢). أما كمية المياه التي قام بتصريفها الحوض بتاريخ (٢٠٢٤/٣/١٩)، كانت موزعة الى فئات عدة وهي: ينظر الخريطة (١٤).

الخريطة (١٤) حجم الجريان في حوض وادي هسكرو للمدة من (٣/١٩ - ٣/٢٤ / ٢٠٢٤)



المصدر: عمل الباحث باعتماد

<https://livingatlas.arcgis.com/en/browse/#d=2&categories=Weather+and+Climate> (6 Day Forecast), GEOGloWS ECMWF Streamflow System, 19/3- 24/3/2024.

الفئة الأولى التي شملت المرتبة الأولى (اكبر من ٢٠ متر مكعب/ ثانية).

الفئة الثانية التي شملت المرتبة الثانية (٢٠ - ٢٥٠ متر مكعب/ ثانية).

- الفئة الثالثة التي شملت المرتبة الثالثة (٢٥٠ - ١٥٠٠ متر مكعب/ ثانية).
- الفئة الرابعة التي شملت المرتبة الرابعة (١٥٠٠ - ١٠٠٠٠ متر مكعب/ ثانية).
- الفئة الخامسة التي شملت المرتبة الخامسة (اكبر من ٣٠٠٠٠ متر مكعب/ ثانية).

٤ - الاستنتاجات

- ٤-١: قصر المسافة الأفقية التي تقطعها المياه في المرتبة الأولى لتصب في المرتبة الثانية مع وجودها ضمن درجات انحدار عالية وصلت إلى ٨٨°، ساعد على سرعة وصول موجة المياه إلى مجرى الوادي الرئيس في المرتبة الخامسة.
- ٤-٢: التوسع الحضري كان في المنطقة السهلية على جانبي ضفاف وادي هشكرو لم يراع فيها المخطط المخاطر المحتملة للفيضان والسيول.
- ٤-٣: منطقة الدراسة تميزت بخشونة التضاريس بسبب فارق الارتفاع، والذي عمل تركيز الجريان في مجرى الوادي الرئيس.
- ٤-٥: تركز قدرة النهر على نقل الرواسب ضمن مجرى الوادي الرئيس بسبب اتساع المجرى وانبساط نسبي لسطح الأرض.
- ٤-٦: قوة النهر تتركز في المجرى الرئيس لحوض هشكرو.
- ٤-٧: اتصفت المناطق الواقعة عن المنطقة السهلية من الحوض بين خطي درجات انحدار (٠ - ٣٠°) بأنها أكثر الأماكن احتمالية تجمع مياه الامطار فيها.

٥ - المقترحات

- ٥-١: اعادة توزيع استعمالات الأرض بما يتناسب مع المناطق المعرضة لمخاطر الفيضان والسيول.
- ٥-٢: الاستفادة من المواقع التي تتجمع فيها المياه لإقامة مشاريع حصاد مياه الأمطار والسيول.
- ٥-٣: نصب منظومة انذار لسكان المناطق المجاورة في حال تعرضهم لكميات تساقط.

٦ - المصادر والمراجع:

- الجنابي، صلاح حميد، جغرافية الحضر، دار الكتب للطباعة والنشر، الوصل، ١٩٨٥، ص ٥١.
- الدوسكي، خالد احمد احمد، السكن العشوائي في مدينة دهوك، (دراسة في جغرافية المدن) ن دهوك، ٢٠٢٢، ص ١٤٨.

Abbas, W., Hassan, A. & Ismael, H. (2021) Climate change impact on renewable energy resources in the Arab world based on Jacobson's roadmap of renewable wind, water, and sunlight (WWS) 2050, *Geography, Environment, Sustainability*, 14 (2), 92–104. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2020-133>.

- Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Applied Ecology*, 43(6), 1223-1232. doi:10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x
- Al-Awadhi, J., Abd el-aal, A., Misak, R., Abdulhadi, A., (2023) Geo- and environmental hazard studies in Kuwait. In: Abd el-aal, A. E. K., Al-Awadhi, J. M. & Al-Dousari, A. (eds.) *The Geology of Kuwait. Regional Geology Reviews*. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16727-0_8.
- Abdelkarim, A. & Gaber, A. (2023) Flood risk mapping and management in urban areas: Integrating geomatics and hydrodynamic modeling, a case study of Al Bidi City, Saudi Arabia, *Information Sciences Letters*, 12 (9). Available at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/isl/vol12/iss9/41>.
- Jahn, R., Joisten, H., & Kabala, C. (2004). The “Reference Soil Series” Concept of the First European Joint Soil Map at a Scale of 1:50 000, Sheet Zittau – a Framework to Upgrade the Information Content of Lower Level WRB Units. Paper presented at the EUROSOIL 2004, Freiburg im Breisgau.
- Batista, P.V., Fiener, P., Scheper, S., & Alewell, C. (2022). A conceptual-model-based sediment connectivity assessment for patchy agricultural catchments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(14), 3753-3770. doi:10.5194/hess-26-3753-2022
- Ahmad, S. & Simonovic, S. 2011 A three-dimensional fuzzy methodology for flood risk analysis. *J. Flood, Risk Manag.* 4, 53–74. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2011.01090.x>
- Akber, A. & Mukhopadhyay, A. (2021) An overview
- Arabkhedri, M., Heidary, K., & Parsamehr, M.R. (2021). Relationship of sediment yield to connectivity index in small Watersheds with similar erosion potentials. *Soils and Sediments*, 21(7), 1-10. doi:10.1007/s11368-021-02978-z
- Abdelkarim, A. & Gaber, A. (2023) Flood risk mapping and management in urban areas: Integrating geomatics and hydrodynamic modeling, a case study of Al Bidi City, Saudi Arabia, *Information Sciences Letters*, 12 (9). Available at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/isl/vol12/iss9/41>.
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=cfc7609de5f478eb7666240902d4d3d>