النمذجة الهيدرولوجية وتقييم مخاطر الفيضانات لحوض وادي المحمدي في هضبة العراق الغربية

م. د. عبدالقادر مهدي صالح[1]
[1]جامعة الانبار – المعهد العالي لعلوم الصحراء
abdulqader.mahdi@uoanbar.edu.iq

م. د. لؤي ماهر حماد[2]
[2]جامعة الانبار – كلية الآداب
luai.hammad@uoanbar.edu.iq

م. م. ميادة صفاء جاسم[3]
mayada.safaa@uoanbar.edu.iq

م. م. سارة اسماعيل جياد[4]
sara.i.chiad@uoanbar.edu.iq

[3، 4]جامعة الانبار – المعهد العالي لعلوم الصحراء

تاريخ الاستلام 2026/6/16 تاريخ القبول 2026/8/16 تاريخ النشر 2026/8/30

الملخص:

يستهدف هذا البحث تقييم مخاطر الفيضانات المفاجئة والنمذجة الهيدرولوجية في حوض وادي المحمدي الواقع بالهضبة الغربية للعراق (محافظة الأنبار)، البالغ مساحته 1474 كم². وهدفت الدراسة بشكل رئيسي إلى بناء نظام لتقييم بؤر التهديد ومحاكاة سلوك السيول لمساعدة صانعي القرار، بالاعتماد على دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد مع أسلوب التحليل الهرمي (AHP). تم اختيار سبعة معايير طبوغرافية ومناخية وهيدرولوجية مؤثرة في الفيضان؛ تشمل الارتفاع، الانحدار، مؤشر الرطوبة (TWI)، التربة، كثافة الصرف، هطول الأمطار، والغطاء الأرضي. وأظهرت مصفوفة الأوزان النسبية أن مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI)، والارتفاع، والانحدار كانت العوامل الأكثر تأثيراً في تحفيز الفيضانات. وكشفت الخريطة النهائية للمخاطر أن مستويات الخطورة المرتفعة جداً والمرتفعة تشكل 12.71% و23.15% من المساحة الإجمالية للمستجمع على التوالي، وتتركز هذه الفئات شديدة الخطورة عند القطاع الشمالي للحوض حيث الأراضي المنبسطة والمنخفضة عند مصب الوادي في نهر الفرات، وهو ما يهدد التجمعات الحضرية والبنى التحتية بشكل مباشر. وقد أثبت النموذج كفاءته بعد التحقق من صحته بمقارنته مع فيضان حقيقي مرصود بالمنطقة. وتبرز أهمية المنهجية التطبيقية المتبعة في تقديم بديل فعال لنمذجة الأودية التي تعاني من شح ونقص في قياسات هطول الأمطار ومقاييس تدفق المياه.

الكلمات المفتاحية: مخاطر الفيضانات الفجائية، التحليل الهرمي، مؤشر الرطوبة الطبوغرافية، اتخاذ القرارات متعددة المعايير، الجريان السطحي.

مجلة المدارات العلمية للعلوم الانسانية والاجتماعية، المجلد 4، العدد 2، 2026

Hydrological Modeling and Flood Risk Assessment of the Al-Muhammadi Valley Basin in The Western Iraqi Plateau

Dr. Abdulqader Mahdi Salh[1] Dr. Luay Maher Hammad[2]
[1]University of Anbar- Higher Institute of Desert Sciences [2]University of Anbar-College of Arts
Mayada Safaa Jasm[3] Sara Ismail Chiad[4]
[3, 4]University of Anbar- Higher Institute of Desert Sciences

Abstract:

This research aims to assess flash flood risks and hydrological modeling in the Wadi Al-Muhammadi basin, located in the western plateau of Iraq (Anbar Governorate), covering an area of 1474 km². The study primarily aimed to develop a system for assessing threat hotspots and simulating flash flood behavior to assist decision-makers. This was achieved by integrating Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques with the Analysis Hierarchy Process (AHP). Seven topographic, climatic, and hydrological parameters influencing flooding were selected: elevation, slope, topographic moisture index (TWI), soil type, drainage density, rainfall, and land cover. The relative weighting matrix revealed that the topographic moisture index (TWI), elevation, and slope were the most influential factors in triggering floods. The final risk map revealed that very high- and high-risk levels constitute 12.71% and 23.15% of the total catchment area, respectively. These high-risk categories are concentrated in the northern sector of the basin, where the low-lying, flat lands at the valley's mouth meet the Euphrates River, directly threatening urban areas and infrastructure. The model proved its effectiveness after being validated by comparison with an actual observed flood in the region. The importance of the applied methodology lies in providing an effective alternative for modeling valleys that suffer from scarce rainfall and water flow measurements.

Keywords: Flash Flood Hazards, Hierarchical Analysis, Topographic Moisture Index, Multi-Criteria Decision Making, Surface Runoff.

المقدمة:

تُلحق الفيضانات أضراراً بالمناطق الزراعية والحضرية وغيرها أكثر من أي كارثة طبيعية أخرى[1]. تؤثر الفيضانات سنوياً على ملايين الأفراد، وتشير التقديرات إلى أن الفيضانات قد تسببت في أضرار جسيمة. تسببت في 43% من جميع الكوارث الطبيعية الموثقة من عام 1995 إلى عام 2015، مما أثر على 2.3 مليار حول العالم، مما تسبب في أضرار بقيمة 662 مليار دولار أمريكي، وتسبب في مقتل 157000 شخص، تشير الدراسات البيئية الحديثة إلى أن ظاهرة الفيضانات تنتج عن تداخل معقد بين عدة عوامل محورية، يأتي على رأسها الأنشطة البشرية والتغيرات البيئية باعتبارهما المحركين الأكثر تأثيراً في تحديد وتفاقم هذه الكوارث. وتتجلى هذه التغيرات البيئية بشكل واضح في اضطراب معدلات وهطول الأمطار الموسمية، حيث تؤدي الهطولات الغزيرة والمفاجئة إلى تشكل سيول جارفة تتجاوز القدرة الاستيعابية للمجاري المائية والتربة، لا سيما في المناطق التي تعرضت لتدخلات بشرية غير مدروسة مثل إزالة الغابات والتوسع العمراني العشوائي الذي يعيق التصريف الطبيعي للمياه. النمو السكاني السريع في المناطق المعرضة للفيضانات، وإزالة الغابات، بالإضافة إلى ذلك التغير المناخي تأثير كبير على الدورة الهيدرولوجية وأنظمة موارد المياه. ونتيجة لذلك، فإن دراسة دورة المياه وتطورها الزمني والجغرافي في ظل التغير البيئي باهتمام أكاديمي كبير[2]. ارتفاع درجة حرارة لقد حدث الغلاف الجوي والبحار والأرض منذ بداية التصنيع، ارتفع متوسط درجة الحرارة العالمية بمقدار 0.9 إلى 1.2 درجة[3]. من المرجح أن يزداد تواتر الفيضانات وكميتها في المستقبل وستكون آثار الفيضانات الكبيرة من المتوقع أن تتزايد حالات الفيضانات الناجمة عن تغير المناخ في المستقبل. زيادة كبيرة في خطر الفيضانات الإجمالي، أظهرت الأبحاث السابقة أن التخطيط المكاني أمر بالغ الأهمية لإدارة مخاطر الكوارث المتكاملة ويعود ذلك أساساً إلى مساهمته في التخفيف من آثار الكوارث على المدى الطويل[4]. يؤدي نمو الأسطح الاصطناعية إلى تغيير خصائص الصرف، مما ينتج عنه غمر أكثر مناطق بسبب الفيضانات في كل من الأراضي المطورة وغير المطورة. ونتيجة لذلك، أصبحت أكثر أهمية يُعدّ تخطيط استغلال موارد الأراضي ضروريًا للحد من آثار الفيضانات على المناطق المعرضة للخطر. تحدث الفيضانات المفاجئة عادةً في مستجمعات المياه الجبلية، وتنتج عن هطول أمطار غزيرة وأحداث هطول الأمطار الغزيرة. تُعتبر الفيضانات المفاجئة على نطاق واسع أحد الأسباب الرئيسية لـ أكثر الكوارث الطبيعية تهديداً وتكلفة في العالم[5]. تقييم عالمي أظهرت دراسة أجريت في الفترة من عام 1975 إلى

عام 2002 أن 181 شخصًا لقوا حتفهم في كل حدث من أحداث الفيضانات المفاجئة. معدل الوفيات (عدد القتلى مقارنة بعدد الأشخاص المعرضين للحدث) هو 3.62 بالمائة.

تعد الهضبة الغربية من العراق من اكثر المناطق المعرضة لحدوث امطار فجائية تلحق اضراراً كبيرة في مناطق المجمع خاصة عند مصبات الوديان، تحدث هذه الفيضانات بسبب عوامل جغرافية مختلفة منها طبيعة الامطار التي يبدأ تساقطها بعد فصل جفاف طويل وكذلك العامل الطبوغرافي وقلت القطاء النباتي، تسبب اضراراً كبيرة على المناطق الواقعة عند مصب الوادي منها الطرق والقرى والاراضي الزراعية.

يمكن التنبؤ بدقة بمواقع الكوارث الفيضانية من خلال رسم خرائط مخاطر الفيضانات. مما قد يساعد في تخفيف آثارها[6]. ويتأثر موقع الفيضان وذلك من خلال العديد من العوامل التي يجب تحديدها ورسم خرائطها بدقة. لذلك، من خلال الدمج يمكن استخدام قواعد بيانات متعددة وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لـ إجراء تحليل مكاني[7]. إحدى طرق تقييم البدائل المتعددة هي عملية التحليل الهرمي (AHP). تُعد عملية التحليل الهرمي (AHP) أسلوبًا فعالًا لاتخاذ القرارات. والتي يمكن استخدامها في تطوير خرائط مخاطر الفيضانات لمقارنة أداء مختلف المعايير، باستخدام بيانات الارتفاع والمناخ واستخدام الأراضي وبيانات التربة وبيئة نظم المعلومات الجغرافية، يمكن تحسين كفاءة تحليل الفيضانات[8].

يمكن أن يساعد البحث صانعي القرار المحليين وسلطات الرقابة على إنشاء قاعدة بيانات للفيضانات تحليل المخاطر لتحديد إجراءات التخفيف الأكثر ضرورة والحصول عليها فهم كيف يمكن للسكان المجاورين تحسين مقاومتهم للمستقبل الفيضانات.

مشكلة البحث:

تتمحور مشكلة البحث في تعرض حوض وادي المحمدي لأمطار فجائية تُحدث سيولاً ومخاطر فيضانية تهدد المستوطنات البشرية والبنى التحتية عند المصب، بالتزامن مع وجود قيد هيدرولوجي حرج يتمثل في شح ونقص محطات الرصد ومقاييس تدفق المياه بالحوض.

فرضية البحث:

يفترض البحث أن دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مع أسلوب التحليل الهرمي (AHP) يتيح بديلًا رقميًا فعالًا للتنبؤ بمسارات السيول وتحديد بؤر التهديد الفيضاني في حوض وادي المحمدي، وأن المحاكاة الدقيقة لسلوك الجريان السطحي ستثبت أن القطاع الشمالي المنخفض للحوض هو الأكثر عرضة للمخاطر الشديدة التي تهدد التجمعات الحضرية والبنى التحتية بشكل مباشر.

هدف البحث:

يهدف البحث بشكل رئيسي إلى تقييم مخاطر الفيضانات الفجائية والنمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي المحمدي عبر بناء نظام رقمي دقيق يحاكي سلوك السيول ويتنبأ بمساراتها، وذلك من خلال دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مع أسلوب التحليل الهرمي لإنشاء قاعدة بيانات مكانية تحدد بؤر التهديد، مما يساعد صانعي القرار المحليين في اتخاذ إجراءات التخفيف اللازمة وحماية المنطقة.

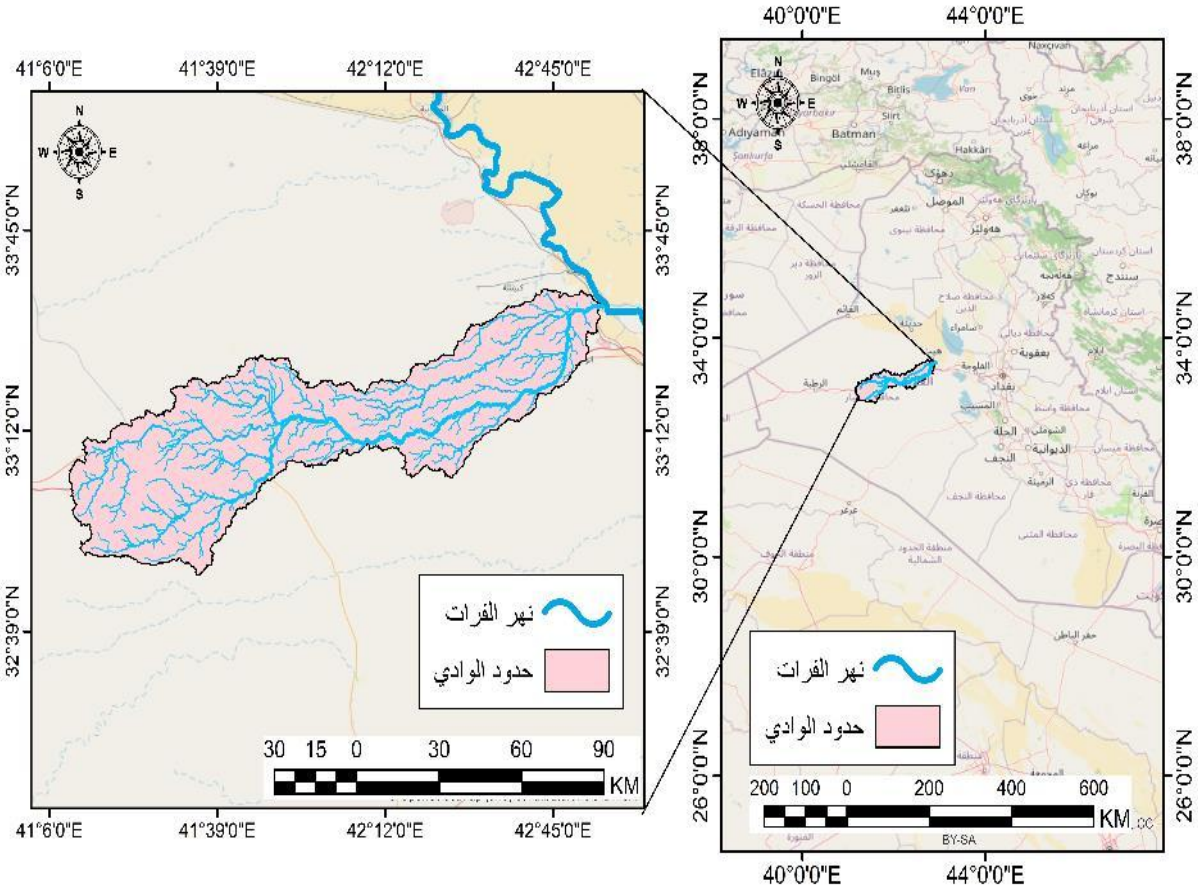
اهمية البحث:

- **تقديم بديل نمذجة فعال للأحواض شحيحة البيانات:** تبرز أهمية المنهجية التطبيقية في توفير حلول رقمية بديلة وعالية الكفاءة لنمذجة الأودية الجافة التي تعاني من نقص حاد في محطات الرصد المطري ومقاييس تدفق المياه، مثل حوض وادي المحمدي.
- **حماية التجمعات الحضرية والبنى التحتية:** يساهم البحث في تحديد بؤر التهديد الفيضاني بدقة، لاسيما في القطاع الشمالي للحوض المستهدف، مما يمنع غمر الأراضي الزراعية والمستوطنات البشرية والطرق الحيوية الواقعة عند المصب.
- **دعم صناع القرار وسلطات التخطيط:** يوفر البحث قاعدة بيانات جغرافية ومكانية متكاملة تساعد الجهات البلدية والرقابية على اتخاذ تدابير التخفيف العاجلة، وإدراج خرائط المخاطر كوثيقة أساسية في التخطيط العمراني ومنح رخص البناء.
- **التحول نحو الاستدامة وحصاد المياه:** تتيح مخرجات النمذجة الهيدرولوجية إمكانية تحديد المواقع المثلى لإنشاء السدود الصغيرة والبحيرات الاصطناعية، مما يسهم في تحويل خطر السيول إلى مورد تنموي مستدام للحصاد المائي في الهضبة الغربية.

اولاً: الموقع والمساحة:

تقع منطقة البحث في الجزء الغربي من العراق ضمن محافظة الانبار وهي تمثل حوض وادي المحمدي ضمن هضبة العراق الغربية يصب في الضفة اليمنى من نهر الفرات الى الغرب من قضاء الرمادي، حيث يجري من الجنوب الغربي باتجاه شمالي شرقي، يقع بين دائرتي عرض (32°40′00″ – 33°39′00″) شمالاً وبين خطي طول (41°06′00″ – 42°45′00″) شرقاً، ينظر الخريطة (1). اما المساحة فقد بلغت مساحة الحوض 1474 كم^2.

خريطة (1) موقع وادي المحمدي من العراق ومحافظة الانبار



المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية، الهيأة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، مقياس 1:1000000، بغداد، 2000 وباستعمال برنامج (Arc GIS 10).

ثانياً: قاعدة البيانات

يُعد إعداد البيانات خطوة حاسمة واستباقية في إنشاء خريطة قابلية الفيضانات. تم جمع بيانات منطقة الدراسة من مصادر متعددة، تم الحصول على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية 12.5 متر. تمت معالجة نموذج الارتفاع الرقمي في برنامج ArcGIS لإنشاء عدة طبقات، مثل الارتفاع، والانحدار، وكثافة التصريف، وتراكم التدفق، ومؤشر الرطوبة الطبوغرافية تم الحصول على بيانات هطول الأمطار اليومية المرصودة من محطات الرصد الارضي المتمثلة بمحطة الرمادي. تم إنشاء خريطة استخدام الأراضي وتغطيتها من صور القمر الصناعي الامريكي Landsat 9 باستخدام تقنيات تصنيف الصور وأقصى احتمال
خوارزمية في ArcGIS 10.8. تمت إعادة معاينة جميع الطبقات الجغرافية المكانية إلى تنسيق نقطي بدقة مكانية تبلغ10 م × 10 م للحصول على قاعدة بيانات موحدة.

ثالثاً: المنهجية:

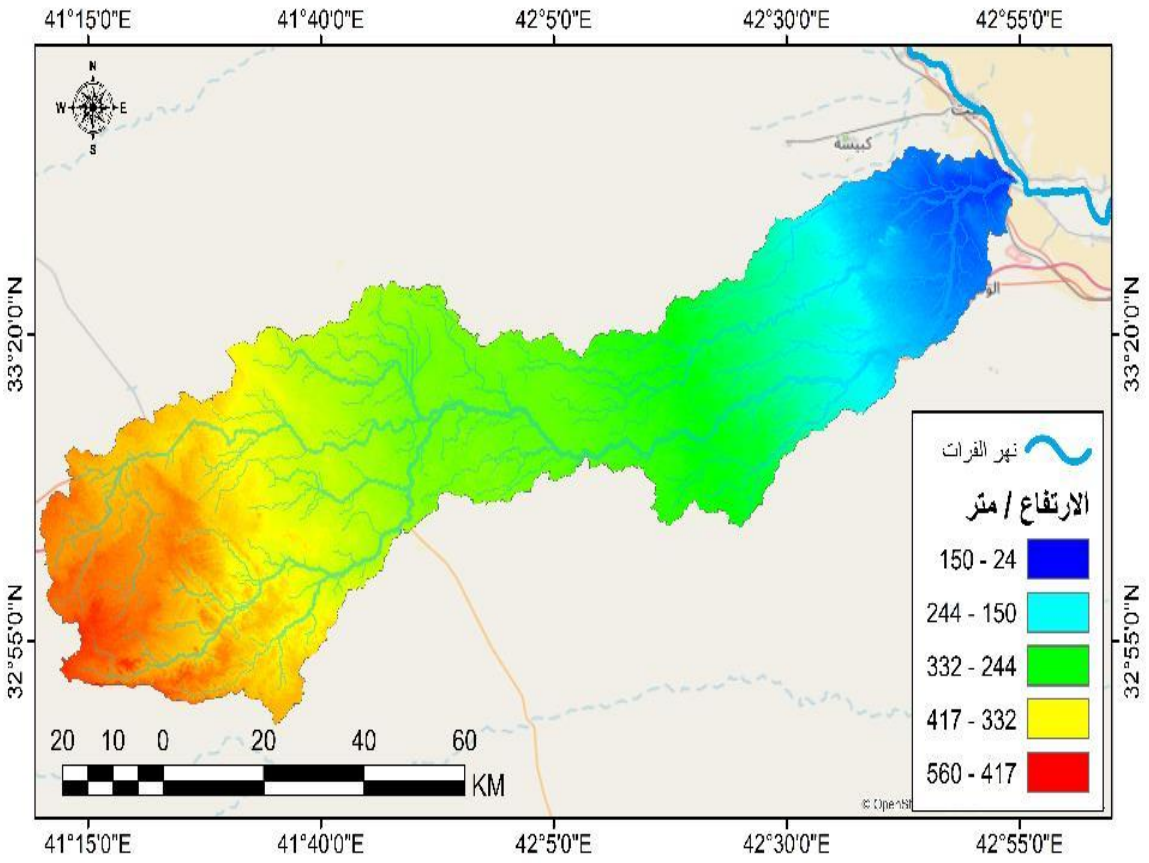
يعتمد البحث على المنهج الوصفي لتوصيف الخصائص الجيومورفولوجية والمناخية لحوض وادي المحمدي بالهضبة الغربية، يتكامل معه المنهج التحليلي الكمي لإخضاع البيانات المطرية للتوزيعات الإحصائية وحساب حجم الجريان السطحي. كما يُوظّف المنهج التجريبي القائم على النمذجة الرقمية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ليحاكي سلوك الفيضانات والتنبؤ بمساراتها وأعماقها بدقة. ويأتي منهج النظم (التحليل المكاني) عبر تقنيات الـ GIS والاستشعار عن بعد لربط المتغيرات الجغرافية وتحديد بؤر التهديد، وصولاً إلى المنهج التطبيقي الذي يهدف إلى تقييم المخاطر وصياغة حلول هندسية وتخطيطية لإدارة السيول وحصاد المياه.

وقد تم تحديد سبعة عوامل. تم اختيارها وتبين أنها عوامل حاسمة في حدوث الفيضانات. وتتشابه العوامل المختارة مع تلك المعتمدة في الأدبيات السابقة والتي لها نفس خصائص مستجمعات المياه تم استخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP) لإجراء تحليل الترجيح ومقارنة العوامل، وذلك لجميع العوامل. وإنشاء مصفوفة مقارنة AHP، بعبارة أخرى، هذا الترجيح تم استخدام منهجية الجمع بين أساليب التحليل الهرمي (AHP) لإنشاء خريطة التعرض النهائية للفيضانات.

1.عامل الارتفاع:

يُعد الارتفاع عاملاً مهماً يؤثر على اتجاه التدفق الزائد وعمقه يبلغ مستوى الماء، لذلك، يُعد الارتفاع أحد أهم العوامل المؤثرة في الفيضانات[9]. قد تغمر المياه المناطق المنخفضة بسرعة أكبر عندما تتدفق المياه من المرتفعات العالية إلى الأراضي المنخفضة. تقل احتمالية حدوث الفيضانات في المناطق المرتفعة مقارنةً بالمناطق المنخفضة. مناطق الارتفاع[10]. في هذا البحث، تم إعداد خريطة الارتفاع من نموذج الارتفاع الرقمي. تم تصنيف نموذج الارتفاع الرقمي إلى خمس فئات تتراوح بين 24 متر عند ادنى نقطة إلى 560 متر باستخدام برنامج ArcGIS 10.8، كما هو موضح في الخريطة (2).

خريطة (2) توضح فئات الارتفاع في الوادي عن مستوى سطح البحر



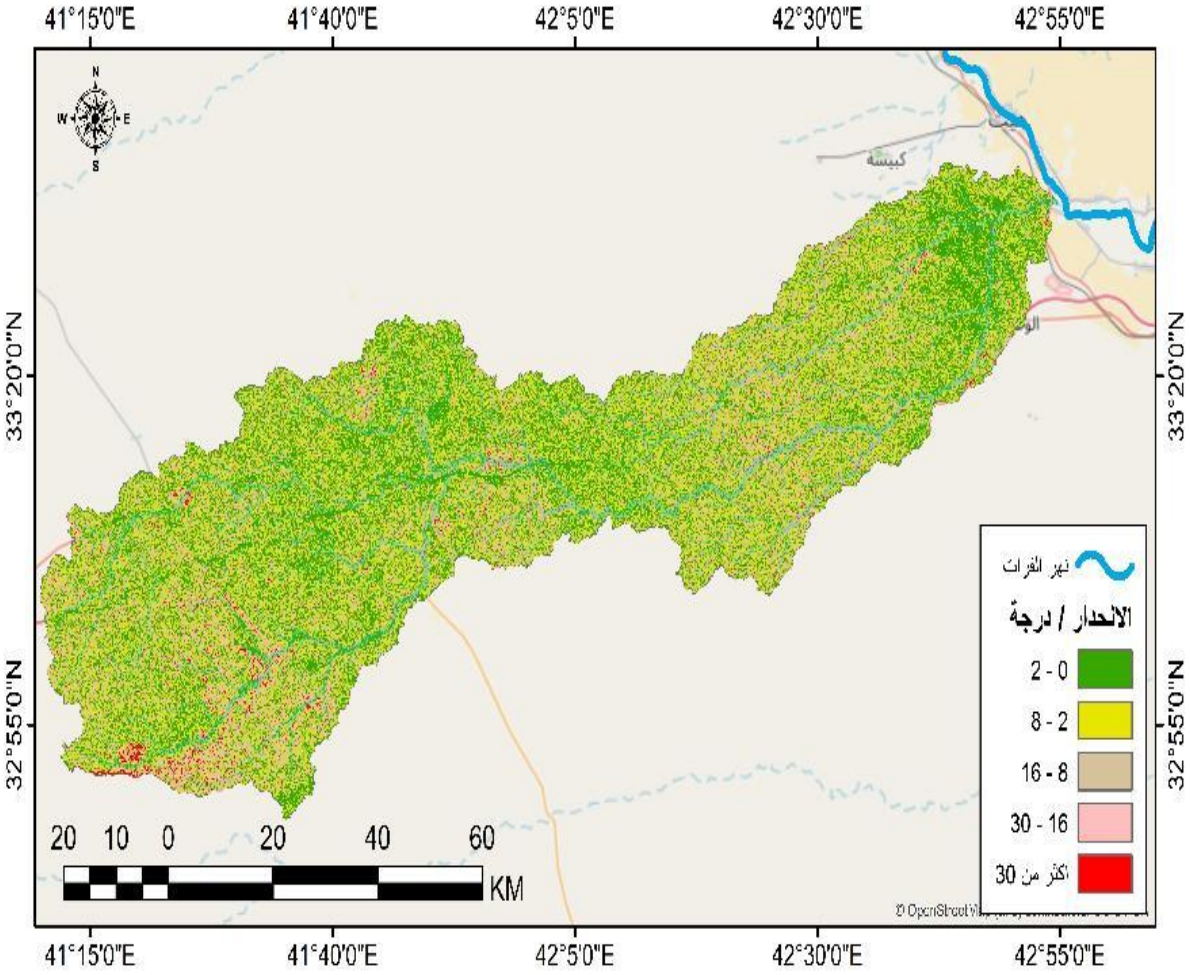
المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10).

2.عامل الميل:

الميل هو مقياس لمدى انحدار أو ميل الجسم بالنسبة إلى مستوى أفقي[11]. يُعد عامل الميل مؤشرًا أساسيًا لمناطق السطح التي معرضة للفيضانات، ويؤثر الانحدار بشكل كبير على مدة ومعدل تدفق

المياه التدفق. الأسطح المستوية أكثر عرضة للفيضانات من التضاريس الأكثر انحدارًا لأن الماء يسافر ببطء أكثر، ويتجمع لفترات أطول، ويتراكم هناك[12]. باستخدام أداة السطح في ArcGIS 10.8، تم إنشاء خريطة الانحدار على الفور من نموذج الارتفاع الرقمي، وحسب تصنيف زنك قسمة إلى خمس فئات، كما هو موضح في الخريطة (3).

خريطة (3) تبين فئات الانحدارات



المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

3.عامل كثافة التصريف:

تُعد كثافة التصريف مفهومًا أساسيًا في الدراسات الهيدرولوجية، ويتم حسابها على النحو التالي: طول التصريف الكلي لمنطقة الحوض. النفاذية، قدرة المواد السطحية وتتأثر الكثافة بعوامل التعرية والغطاء النباتي والميل والزمن، ويؤدي التصريف إلى تدفق المياه السطحية، مما قد يؤدي إلى انسداد قنوات التصريف وقنوات المياه[13]. وهناك علاقة عكسية بين كثافة المياه وكثافة التصريف، وتشير كثافة

التصريف الأعلى إلى زيادة جريان المياه في مستجمعات المياه وانخفاض خطر الفيضانات. كما يرتبط ذلك بالمواد الجيولوجية القابلة للتآكل[14]. يتم تحديد كثافة التصريف على النحو التالي:

$$D = L/A \ldots\ldots\ldots (1)$$

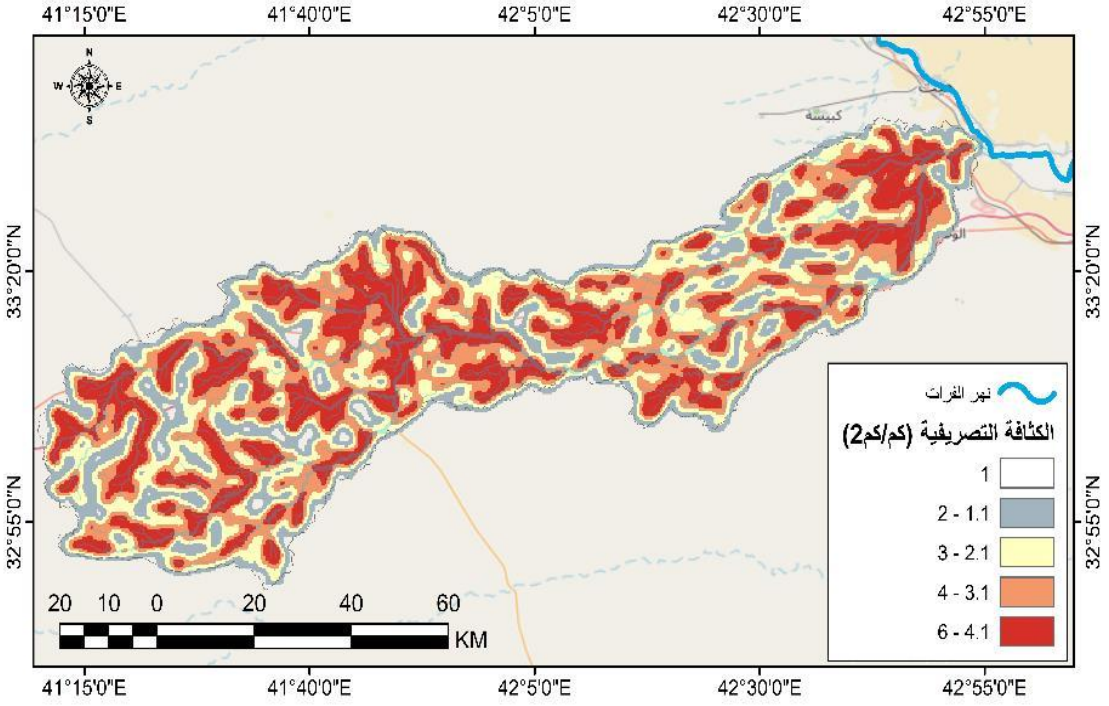
حيث D هي كثافة تصريف المياه في مستجمع المياه.

L هو الطول الإجمالي للتصريف القناة في مستجمع المياه (كم).

A هي المساحة الكاملة لمستجمع المياه (كم ^{2}).

تم حساب كثافة التصريف باستخدام المعادلة (2) وأداة نظم المعلومات الجغرافية، كما هو موضح في الخريطة (4).

خريطة (4) توضح كثافات التصريف



المصدر: المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

4.مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (Topographic Wetness Index TWI):

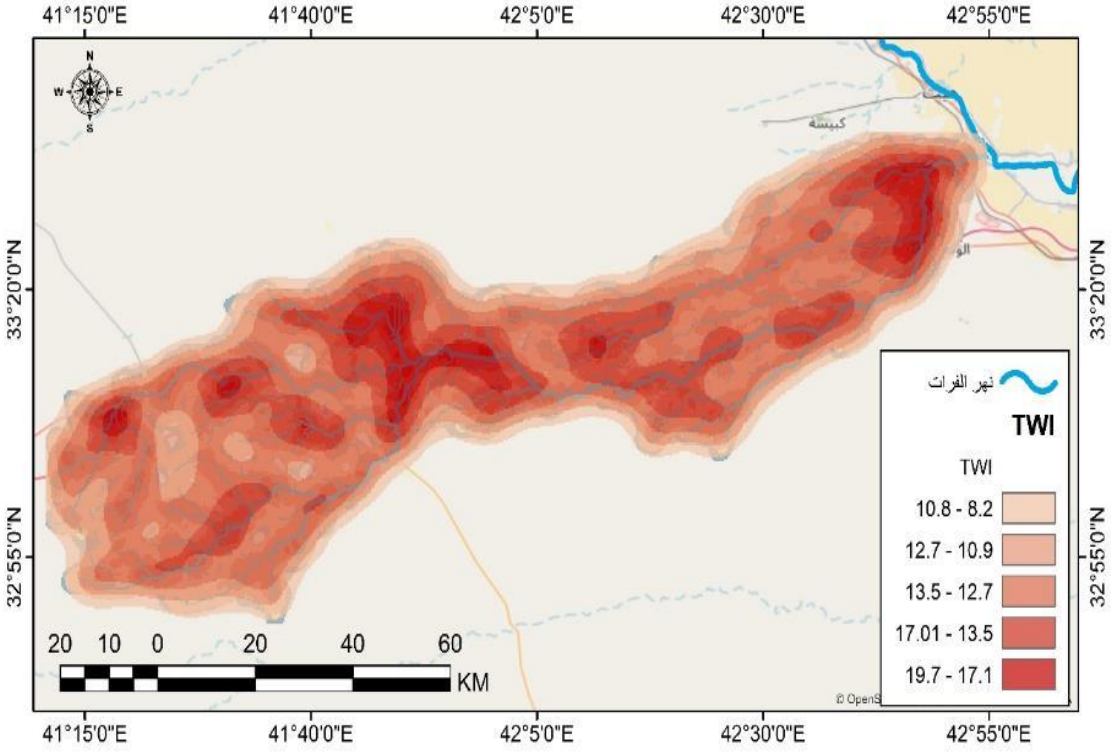
يُستخدم مؤشر TWI بشكل شائع لتقييم تأثير التضاريس على إنتاج الفيضانات وتراكم التدفق عند أي نقطة في مستجمع مياه مجرى مائي [1، 49]. المناطق ذات مؤشر التراكم العالي هي المناطق الأكثر عرضة للفيضانات، في حين أن المناطق ذات مؤشر TWI المنخفض أقل عرضة لها[15]. ويحسب هذا المؤشر من الصيغة التالية:

$$TWI = In\left[\frac{A_s}{\tan(B)}\right] \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث As هي منطقة التغذية العلوية، وβ هو انحدار المنحدر.

تم تحديدها في نظم المعلومات الجغرافية من خلال تحليل نموذج الارتفاع الرقمي، كما هو موضح في الخريطة (5).

خريطة (5) مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI)



المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

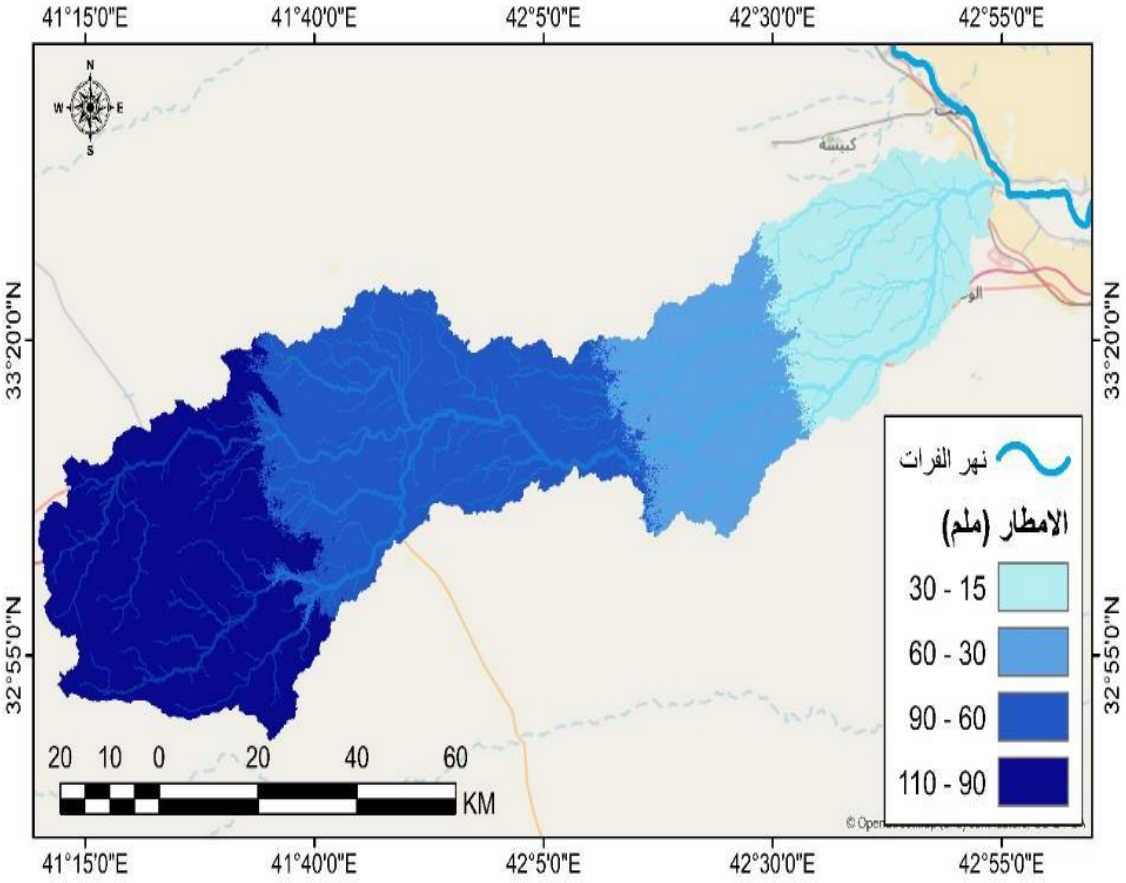
5.عامل هطول الأمطار:

يُعدّ هطول الأمطار الغزيرة في فترة قصيرة أحد الأسباب الرئيسية للفيضانات المفاجئة. لطالما كانت السبب الأكثر شيوعًا للوفيات الناجمة عن الكوارث الطبيعية، وهي أكثر مخاطر الكوارث شيوعًا المرتبطة بالتغير المناخي[16]. التغيرات في المناخ العالمي يمكن أن يؤثر المناخ والعوامل المناخية الفردية على الفيضانات. نتيجة لزيادة منسوب المياه تخزين البخار بسبب ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي، وهطول الأمطار الغزيرة وما يتبعه من ومضات قد يكون حدوث الفيضانات أكثر احتمالاً[17].

تم إنشاء خريطة توزيع هطول الأمطار في برنامج ArcGIS 10.8 باستخدام تقنية الاستيفاء بالترجيح

العكسي للمسافة (IDW Inverse Distance Weighting) من متوسط هطول الأمطار، كما هو موضح في الخريطة (6).

خريطة (6) توزيع قيم عامل تأثير الامطار (ملم)

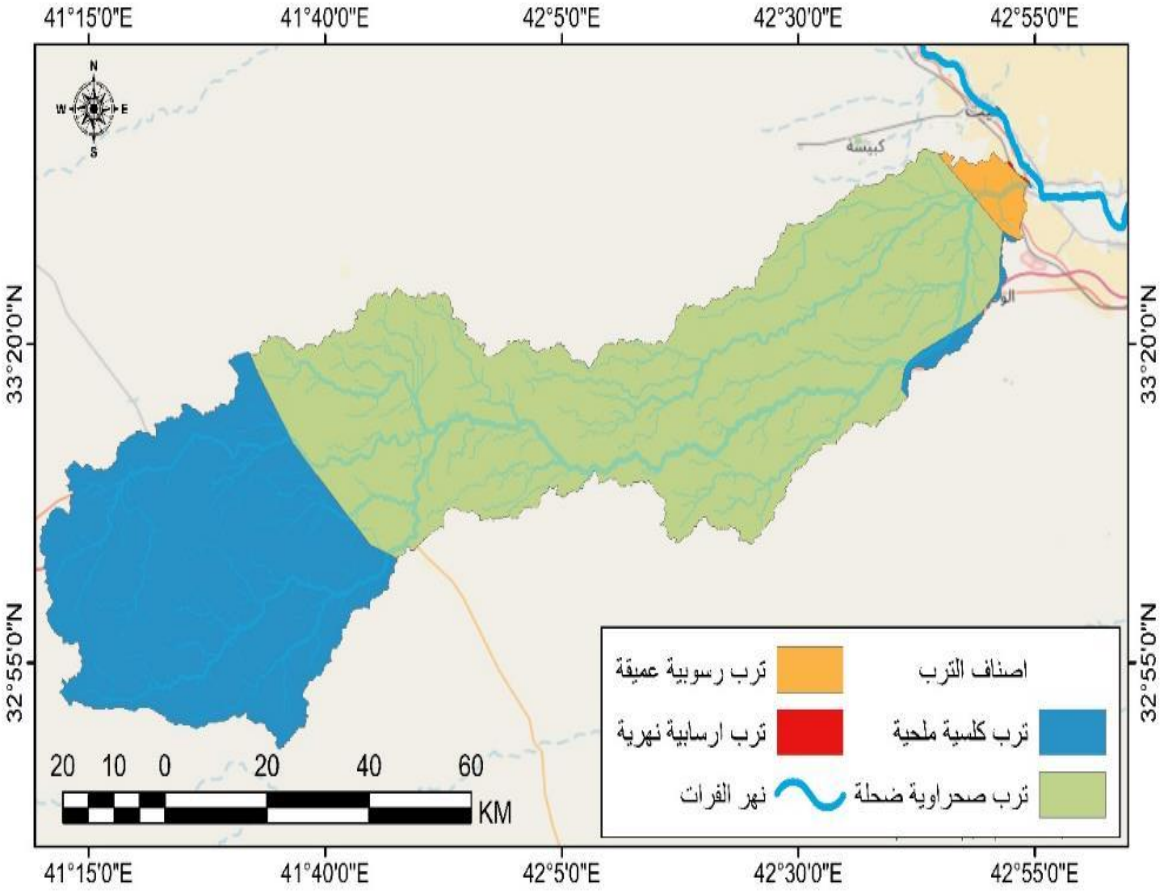


المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10).

6.عامل التربة:

يؤثر معيار التربة، مثل سمك طبقة التربة، والنفاذية، والتسرب. على كمية المياه الجارية بعد سقوط الامطار وكميات المياه المتسربة بشكل مباشر وغير مباشر[18]. تؤثر بنية التربة وقدرتها على الترشيح بشكل كبير في قدرتها على ترشيح المياه، وذلك بسبب قدرات الأنواع المختلفة للترب، اذ يؤدي انخفاض قدرة التربة على ترشيح المياه إلى زيادة الجريان السطحي، مما يزيد من خطر الفيضانات[19]. عندما تتجاوز معدلات إمداد المياه قدرة التربة أما بالنسبة للتسرب، فإن الماء يتحرك أسفل المنحدر كجريان سطحي فوق التضاريس المنحدرة، مما يؤدي إلى الفيضانات[20]. وقد تم استخلاص ثلاثة أنواع من التربة في منطقة الدراسة تبعاً لتصنيف منظمة الفاو، والطين، كما هو موضح في الخريطة (7).

خريطة (7) توزيع اصناف الترب

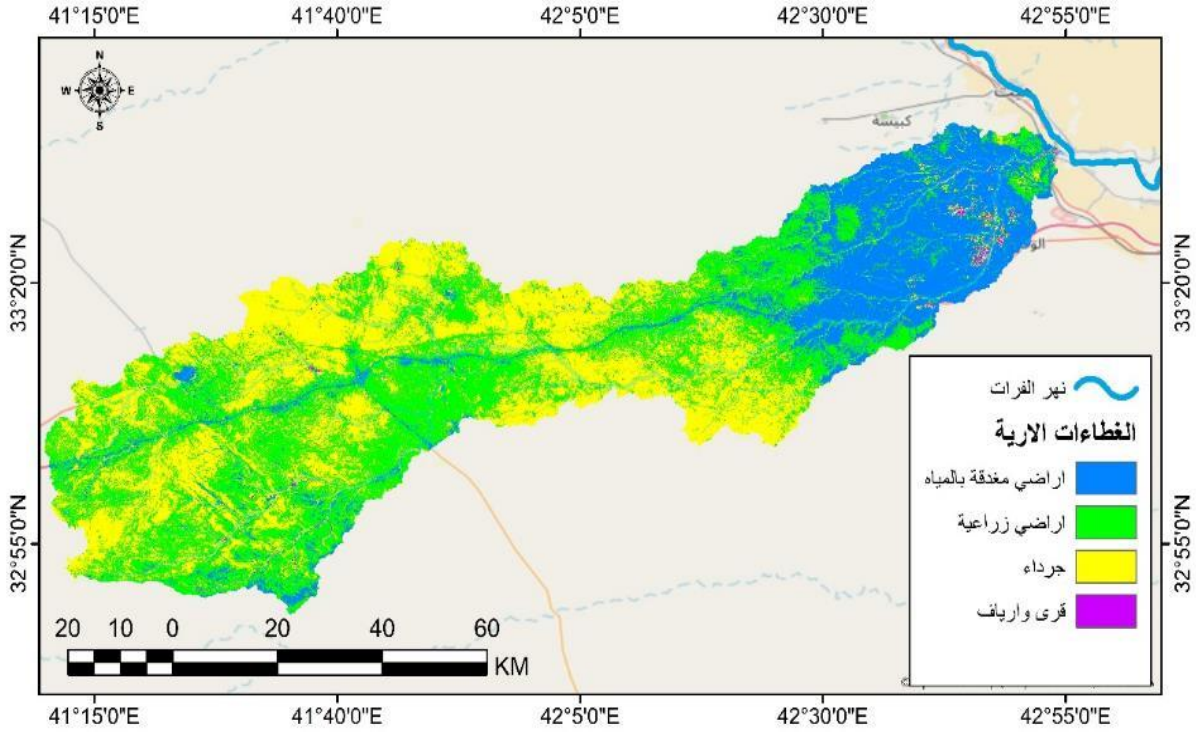


المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

7.الغطاء الأرضي:

مع تزايد التوسع العمراني، تتزايد مساحة الأسطح غير المنفذة للماء، ويتناقص الغطاء الحرجي في المناطق الحضرية، وكل ذلك يساهم في زيادة الجريان السطحي الحيالي،[21]. يتفق العديد من الخبراء في مجال إدارة مخاطر الفيضانات على أن استخدام الأراضي/غطاء الأرض يُعد التغيير عنصرًا مهمًا في الفيضانات[22]. استخدام تقنيات تصنيف الصور وخوارزمية الاحتمالية القصوى في برنامج ArcGIS 10.8، تم إنشاء خريطة استخدام الأراضي وتغطيتها من صور الأقمار الصناعية. وتضمنت أربع فئات. تم تحديدها على خريطة استخدام الأراضي وتغطيتها، وهي الأراضي الجرداء والأراضي الزراعية والجبال والمناطق الحضرية، كما هو موضح في الخريطة (8).

خريطة (8) توزيع الغطاءات الارضية



المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

ثالثاً: عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP Analytic Hierarchy Process):

تنقسم عملية التحليل الهرمي (AHP) إلى أربع خطوات[23]:

الخطوة الأولى: بناء التسلسل الهرمي للقرار.

الخطوة الثانية: إنشاء الأهمية النسبية للخصائص والسمات الفرعية.

الخطوة الرابعة: تقييم كل خيار وحسابه وزنها الإجمالي بالنسبة لكل سمة.

الخطوة الخامسة: التحقق من اتساق التقييم الذاتي التقييمات.

يتم إنشاء طبقات المعلمات لإنتاج خريطة مخاطر الفيضانات، ثم يتم تحديد الوزن عن طريق إعادة تصنيف الفئات المؤهلة. يُظهر الجدول (1) المعايير المرجحة بترتيب هرمي. اتخاذ القرارات متعددة المعايير– استُخدمت طريقة اتخاذ القرارات متعددة المعايير (Multi-Criteria MCDM Decision Making) لإنشاء خريطة مخاطر الفيضانات، واستُخدمت طريقة التحليل الهرمي (AHP) كأداة اتخاذ القرارات متعددة المعايير. أُجريت مقارنة ثنائية لجميع المعايير المحتملة كجزء

من عملية التحليل الهرمي (AHP). تم تحديد واحد وعشرين مقارنة ثنائية لسبعة معايير. الأرقام الموجودة خارج القطر تمثل وزن العامل بالنسبة للعناصر الأخرى.

الجدول (1) تصنيف العوامل المساهمة في مخاطر الفيضانات في مستجمع المياه.

العوامل	الارتفاع	الانحدار	مؤشر الرطوبة (TWI)	التربة	كثافة الصرف	هطول الأمطار	غطاء الأرض (LULC)
الارتفاع	1	1	1	4	3	3	3
الانحدار	1	1	1	5	1	3	3
مؤشر الرطوبة (TWI)	1	1	1	7	3	1	5
التربة	0.25	0.20	0.14	1	1	1	1
كثافة الصرف	0.33	1.00	0.33	1	1	1	1
هطول الأمطار	0.33	0.33	1.00	1	1	1	2
المجموع	4.25	4.87	4.68	20	11	10.5	16

المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10).

نتيجةً لمقارنة أحد المكونات بنفسه، تكون جميع القيم القطرية متساوية. يوضح الجدول (1) المصفوفة المعيارية. لكل عامل متجه أولوية ووزن. تم حسابها. عندما تكون نسبة الاتساق (Consistency Ratio CR) أقل من الحد المسموح به لـ في حالة عدم الاتساق، تُعتبر جميع المقارنات الثنائية صحيحة. يسمح أسلوب التحليل الهرمي (AHP) بنسبة تصل إلى 10%. عدم الاتساق. تم استخدام المعادلة (3) لحساب CR[24].

$$CR = CI/RI \ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث يمثل CI مؤشر الاتساق، ويمثل RI مؤشر الاتساق العشوائي. وهو يساوي 1.32 لسبعة عوامل، كما هو موضح في الجدول (2).

الجدول (2) مقارنة المصفوفة المعيارية وأوزان الأولوية

عوامل خطر الفيضانات	الارتفاع	الانحدار	مؤشر الرطوبة (TWI)	التربة	كثافة الصرف	هطول الأمطار	غطاء الأرض (LULC)	متجه الأولويات X	النسبة المئوية (%)
الارتفاع	0.24	0.21	0.21	0.20	0.27	0.29	0.19	0.229	%23.0
الانحدار	0.24	0.21	0.21	0.25	0.09	0.29	0.19	0.21	%21.1
مؤشر الرطوبة (TWI)	0.24	0.21	0.21	0.35	0.27	0.10	0.31	0.241	%24.1
التربة	0.06	0.04	0.03	0.05	0.09	0.10	0.06	0.061	%6.1
كثافة الصرف	0.08	0.21	0.07	0.05	0.09	0.10	0.06	0.093	%9.4
هطول الأمطار	0.08	0.07	0.21	0.05	0.09	0.10	0.13	0.103	%10.4
المجموع	1	1	1	1	1	1	1	1	%100

المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

تم تحديد مؤشر الثقة باستخدام المعادلة التالية[25]:

$$CI = (\lambda max - n)/(n - 1) \ldots\ldots\ldots 4$$

حيث n هو عدد العوامل وλmax يمثل حاصل ضرب الأوزان النسبية ومجموع كل عمود من أعمدة مصفوفة المقارنة. λmax لعوامل مستجمعات المياه يتم حساب المساهمة في الفيضانات باستخدام الجدولين (1) و (2)، كما يلي:

الحد الأقصى = 4.25 × 0.229 + 4.87 × 0.21 + 4.68 × 0.241 + 20 × 0.061 + 11 × 0.093 + 10.5 × 0.103 + 16 × 0.063 = 7.45.

تبلغ نسبة المخاطر للمتغيرات المساهمة في الفيضانات في حوض وادي الليث 4.6%، في بالمقارنة مع النسبة النموذجية البالغة 11%. ونتيجة لذلك، يتم قبول ترتيب المصفوفة الثنائية.

تمثل مستويات الخطورة وتوزيعها:

تُستخدم مصفوفة التباين الثنائي وخريطة العوامل لتحديد الوزن وترتيب كل عامل. يتم عرض قيمة وزن عامل الأولوية كنسبة مئوية. النسبة المئوية بين 0% و100%. يتضمن الجدول 4 قائمة بالعوامل المستهدفة وأوزانها، وتصنيفاتهم. تراوحت التصنيفات من 1 إلى 5، حيث يمثل الرقم 5 العامل الأكثر تأثيرًا. أحدها الأقل تأثيرًا. خريطة مخاطر الفيضانات لحوض الدراسة كانت تم إنشاؤها باستخدام البيانات من الجدول 3، كما هو موضح في الشكل 7. وفقًا لحوض التصريف خطر الفيضانات، كان هناك خطر فيضانات مرتفع للغاية، مرتفع، متوسط، منخفض، ومنخفض للغاية مساحة المنطقة المعرضة للخطر، والتي شكلت 12.71%، و23.15%، و26.85%، و24.23%، و13.06% من مستجمع المياه المساحة، على التوالي.

الجدول (3) تصنيف مخاطر الفيضانات المرجحة في مستجمع المياه

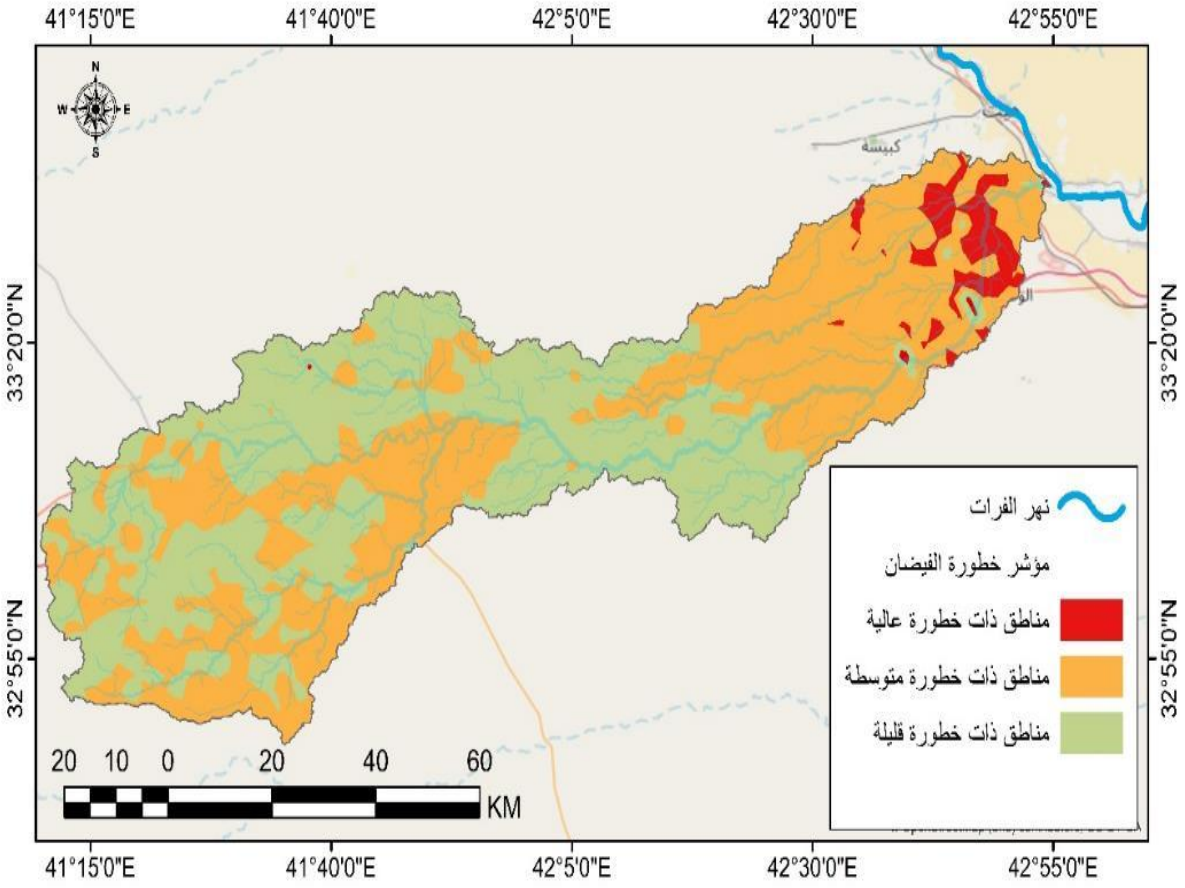
المعايير	الوزن النسبي	اعادة تصنيف المعايير	الترتيب	مستوى الخطورة
الارتفاع	%22.87	2000 – 2700	1	منخفض جداً
الارتفاع	%22.87	1500 – 1900	2	منخفض
الارتفاع	%22.87	880 – 1400	3	متوسط
الارتفاع	%22.87	420 – 870	4	مرتفع
الارتفاع	%22.87	-9.1 – 410	5	مرتفع جداً
الانحدار	%20.98	37 – 83	1	منخفض جداً
الانحدار	%20.98	28 – 38	2	منخفض
الانحدار	%20.98	19 – 27	3	متوسط
الانحدار	%20.98	7.9 – 18	4	مرتفع
الانحدار	%20.98	0 – 7.8	5	مرتفع جداً
مؤشر الرطوبة (TWI)	%24.07	6.6 – 9	1	منخفض جداً
مؤشر الرطوبة (TWI)	%24.07	9.1 – 11	2	منخفض
مؤشر الرطوبة (TWI)	%24.07	12.0 – 14	3	متوسط
مؤشر الرطوبة (TWI)	%24.07	15 – 17	4	مرتفع

مؤشر الرطوبة (TWI)	%24.07	18 – 25	5	مرتفع جداً
التربة	%6.13	طمي	2	منخفض
التربة	%6.13	طمي رملي	3	متوسط
التربة	%6.13	طين	4	مرتفع
كثافة الصرف	%9.34	0 – 0.52	1	منخفض جداً
كثافة الصرف	%9.34	0.52 – 1.2	2	منخفض
كثافة الصرف	%9.34	1.3 – 1.7	3	متوسط
كثافة الصرف	%9.34	1.8 – 2.1	4	مرتفع
كثافة الصرف	%9.34	2.2 – 2.9	5	مرتفع جداً
هطول الأمطار	%10.31	14 – 27	1	منخفض جداً
هطول الأمطار	%10.31	28 – 35	2	منخفض
هطول الأمطار	%10.31	36 – 41	3	متوسط
هطول الأمطار	%10.31	42 – 47	4	مرتفع
هطول الأمطار	%10.31	48 – 55	5	مرتفع جداً
غطاء الأرض (LULC)	%6.30	أرض قاحلة	2	منخفض
غطاء الأرض (LULC)	%6.30	أرض زراعية	3	متوسط
غطاء الأرض (LULC)	%6.30	ارض مرتفعة	4	مرتفع
غطاء الأرض (LULC)	%6.30	منطقة حضرية	5	مرتفع جداً

المصدر: بالاعتماد على الجدولين (1 و 2) وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

ومن الخريطة (9) يمكن ملاحظة مستويات الخطورة التي يمكن ان تسببها مياه الفيضانات في حوض وادي المحمدي اذ تنقسم الى ثلاثة مستويات اعلى مستوى فئة تتركز عند مناطق مصب الوادي عند التقاء الوادي بنهر الفرات حيث الارض المنبسطة والاقل ارتفاعً من غيرها، اما الفئة المتوسطة الخطورة فيلاحظ انها تتركز عند مستجمعات المياه حيث تلتقي اغلب المراتب النهرية والاجزاء الاكثر عرضة لعمليات الهدم.

خريطة (9) مستويات الخطورة في منطقة حوض الوادي



المصدر: بالاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي وباستخدام برنامج (Arc GIS 10) .

الاستنتاجات:

في هذه الورقة البحثية تم إنشاء خريطة لمناطق خطر الفيضانات باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP) القائمة على منهجية نظم المعلومات الجغرافية لحوض وادي المحمدي في هضبة الانبار الغربية. سبعة معايير تم تقييمها في هذا البحث بناءً على بيانات التضاريس والمناخ والتربة واستخدام الأراضي. تم تحديد المعايير المتعددة كضرورة لتحليل المخاطر، خاصة عندما تكون البيانات تفتقر إلى بعض العناصر. بعد حساب الأوزان، تم الحصول على خريطة مخاطر الفيضانات النهائية. باستخدام برنامج ArcGIS. تم تحديد الارتفاع والانحدار والفيضانات المفاجئة في منطقة البحث. يتم تحفيزها أو إنتاجها في الغالب بواسطة TWI.

وعلى مستوى مستجمعات المياه، يكون الجزء الشمالي اكثر عرضة للفيضانات عند منطقة المصب وهي المناطق التي تمثل مواقع المستقرات البشرية من القرى، عرضة بشدة للفيضانات بسبب وجود

مناطق منخفضة وغير منفذة. وعلى وجه التحديد، تُظهر نتائج النموذج حدوث الفيضانات الخطر في مستجمع المياه، حيث بلغت نسبته 12.71%، و23.15%، و26.85%، و24.23%، و13.06% من يمكن وصف مستجمعات المياه بأنها ذات مخاطر فيضانات عالية، أو متوسطة، أو منخفضة، تم التحقق من صحة نتائج النموذج ومقارنتها بالفيضان الذي حدث ذلك في 23 شباط 2026. علاوة على ذلك، تمت مقارنته بخريطة احتمالية حدوث الفيضانات لفترات العودة الممتدة لعشرات السنين كأن تكون مئة عام أو اقل والذي سيكون بالغ الأهمية لمساعدة صانعي القرار في التخطيط لمواجهة الفيضانات او التخفيف منها. يمكن لأسلوب التحليل الهرمي (AHP)، مقترنًا بنظم المعلومات الجغرافية (GIS)، التعامل بفعالية مع التحديات المعقدة ضمن نطاقات واسعة يمكن استخدام أسلوب التحليل الهرمي التحليلي (AHP) كنهج بديل لإحداث فيضانات في مناطق مستجمعات المياه عند دمجها مع إطار نظم المعلومات الجغرافية. على سبيل المثال، منطقة وادي المحمدي تعاني من ندرة ونقص في قياسات هطول الأمطار على فترات قصيرة ومقاييس تدفق المياه في الجداول يمكن استخدام المنهجية المقترحة للتخفيف من آثار الكوارث الناجمة عن الفيضانات في مستجمعات المياه الأخرى في الانبار او اي جزء من العراق. ويمكن أن تقلل نتائج هذا البحث من الخطر الذي يهدد المجتمع المحلي من كوارث الفيضانات. تم استخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP) في تطوير استراتيجيات التخفيف من آثار الطوارئ والتأهب لها لمختلف الفئات المستهدفة، وخاصة لـ سكان الأحياء عالية الخطورة.

وهنا يجب التأكيد انه قد يتأثر نهج التحليل الهرمي (AHP) بندرة ونقص هطول الأمطار على فترات قصيرة القياسات ومقاييس تدفق المياه. أما بالنسبة للقيود المذكورة، فإذا كان النموذج قابلاً للتطبيق وبعد التحقق من صحته باستخدام نماذج أخرى وأحداث الفيضانات المرصودة، سيكون أداة جيدة لـ رسم خرائط وتقييم أحداث مخاطر الفيضانات. ستحلل الأبحاث المستقبلية وتحدد المكونات الأكثر تأثيراً، وسيتم توسيع نطاق البحث لتشمل بحثًا كاملاً في تقنيات الحوسبة، مثل الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs) وأساليب التعلم الآلي، للتنبؤ بمخاطر الفيضانات في مستجمعات المياه.

التوصيات:

1. تبني استراتيجيات عاجلة لحماية المصبات :ضرورة قيام سلطات التخطيط المحلي بإنشاء مصدات هندسية وجدران حماية عند التقاء مصب وادي المحمدي بنهر الفرات (المنطقة الشمالية)، لحماية الأحياء السكنية عالية الخطورة والأراضي الزراعية من الغمر.

2. استثمار المياه عبر مشاريع الحصاد المائي :الاستفادة من مخرجات النمذجة الهيدرولوجية في تحديد المواقع المثلى لإنشاء السدود الصغيرة والبحيرات الاصطناعية لتخزين مياه السيول وفترات الجريان السطحي، وتحويل الخطر إلى مورد تنموي للهضبة الغربية.
3. تطوير شبكات الرصد ومحطات القياس :العمل على تلافي القيد الهيدرولوجي المتمثل بنقص البيانات، وذلك بتركيب محطات رصد مطري آلية ومقاييس تدفق حديثة على فترات زمنية قصيرة داخل الحوض لضمان التنبؤ والإنذار المبكر بدقة أعلى.
4. دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في الأبحاث المستقبلية :التوصية بتوسيع نطاق الدراسات القادمة في أودية الأنبار عبر دمج النماذج الحالية مع تقنيات الحوسبة المتقدمة مثل الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs) وخوارزميات التعلم الآلي لرفع دقة التنبؤ بمخاطر الفيضانات .
5. تضمين خرائط المخاطر في التخطيط العمراني :إلزام الجهات البلدية وسلطات الرقابة باستخدام خريطة التعرض للفيضانات الناتجة كوثيقة أساسية عند منح رخص البناء، ومنع التوسع العمراني أو إقامة البنى التحتية (مثل الطرق) في مسارات التدفق الرئيسي ومستجمعات المياه ذات الخطورة العالية.

الهوامش:

(1) Khosravi, K.; Nohani, E.; Maroufinia, E.; Pourghasemi, H.R. A GIS-Based Flood Susceptibility Assessment and Its Mapping in Iran: A Comparison between Frequency Ratio and Weights-of-Evidence Bivariate Statistical Models with Multi-Criteria Decision-Making Technique. .Nat. Hazards 2016, 83, 947–987

(2) القرني، سعيد علي، والشهري، عبد الله مسفر، نمذجة أخطار السيول الفجائية وتقييمها في الأحواض الجافة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة حوض وادي نجران، المجلة العربية للعلوم الجغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2023، ص 112–140.

(3) Elkarim, A.A. Intergration remote sensing and hydrologic, hydroulic modelling on assessment flood risk and mitigation: Al-lith city, ksa. ,Int. J. GEOMATE 2020, 18 ,280–252

(4) حمادي، محمد موسى، تقدير الجريان السطحي وأخطاره السيلية في حوض وادي المحمدي بالعراق (باستخدام تقنيات الاستشعار عَن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية)، اطروحة دكتوراه، جامعة عين شمس، كلية الآداب، قسم الجغرافية، القاهرة، 2015، ص196–198.

(5) Youssef, A.M.; Abu-Abdullah, M.M.; AlFadail, E.A.; Skilodimou, H.D.; Bathrellos, G.D. The Devastating Flood in the Arid Region a Consequence of Rainfall and Dam Failure: Case Study, Al-Lith Flood on 23th November 2018, Kingdom of Saudi Arabia. Z. Für Geomorphol. 2021, 63, 115–136.

(6) العاني، عمر محمد، والحديثي، ميثم عبد الله ، تحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضانات في حوض وادي زغدان (غرب العراق) باستخدام عملية التحليل الهرمي(AHP) ، مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الأنبار، الرمادي، العراق، 2023، ص 210–235.

(7) المعايطة، رائد أحمد، والضمور، محمد عيسى، تحديد المناطق المعرضة لمخاطر الفيضانات في جنوب الأردن باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP) والنمذجة الرقمية للتضاريس، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، عمادة البحث العلمي، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، 2021، ص 85–114.

(8) Elkarim, A.A. Intergration remote sensing and hydrologic, hydroulic modelling on assessment flood risk and mitigation: Al-lith city, ksa. ,Int. J. GEOMATE 2020, 18, p. 252-280.

(9) Gigovi´c, L.; Pamuˇcar, D.; Baji´c, Z.; Drobnjak, S. Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas. .Water 2017, 9, 360.

(10) الجبوري، رائد مجيد، تقييم خطر الفيضانات والسيول الفجائية في حوض وادي شيشين باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والتحليل المتعدد المعايير، مجلة التخطيط الحضري والإقليمي، مركز التخطيط الحضري والإقليمي للدراسات العليا، جامعة بغداد، بغداد، العراق، 2020، ص 200–228.

(11) القرني، سعيد علي، والشهري، عبد الله مسفر، نمذجة أخطار السيول الفجائية وتقييمها في الأحواض الجافة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة حوض وادي نجران"، المجلة العربية للعلوم الجغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2023، ص 112–140.

(12) Rimba, A.B.; Setiawati, M.D.; Sambah, A.B.; Miura, F. Physical Flood Vulnerability Mapping Applying Geospatial Techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. .Urban Sci. 2017, 1, 7.

(13) Rimba, A.B.; Setiawati, M.D.; Sambah, A.B.; Miura, F. Physical Flood Vulnerability Mapping Applying Geospatial Techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. Urban Sci. 2017, 1, 7.

(14) Wondim, Y. K. Flood Hazard and Risk Assessment Using GIS and RemoteSensing in Lower Awash Sub-Basin, Ethiopia. J. Environ. Earth Sci. 2016, 6, 69–86.

(15) Khosravi, K.; Melesse, A.M.; Shahabi, H.; Shirzadi, A.; Chapi, K.; Hong, H. Chapter 33—Flood Susceptibility Mapping at Ningdu Catchment, China Using Bivariate and

Data Mining Techniques. In Extreme Hydrology and Climate Variability; Melesse, A.M., Abtew, W., Senay, G., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; pp. 419–434.

(16) Santato, S.; Bender, S.; Schaller, M. The European Floods Directive and Opportunities Offered by Land Use Planning, CSC Report 12; Climate Service Center: Hamburg, Germany, 2013; p. 79.

(17) الحسيناوي، علياء عبد الله، والخفاجي، سرحان نعيم، تقدير حجم الجريان السطحي باستخدام طريقة (SCS–CN) لحوض وادي أبو حضير في بادية السماوة جنوب غرب العراق، مجلة ابن خلدون للدراسات والأبحاث، المجلد (2)، العدد (6)، بغداد، العراق، 2022، ص 301–324.

(18) الدليمي، مشعل فيصل، تقدير الجريان السطحي وحجم السيول لحوض وادي الأبيَض في بادية العراق الغربية باستخدام نموذج (SCS–CN) وتقنيات التحسس النائي، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، الجمعية الجغرافية العراقية، بغداد، العراق، 2022، ص 54–79.

(19) الحسيناوي، علياء عبد الله، والخفاجي، سرحان نعيم، تقدير حجم الجريان السطحي باستخدام طريقة (SCS–CN) لحوض وادي أبو حضير في بادية السماوة جنوب غرب العراق، مجلة ابن خلدون للدراسات والأبحاث، المجلد (2)، العدد (6)، بغداد، العراق، 2022، ص 301–324.

(20) الموسوي، حسين عذاب، ومشاري، دعاء محمد، الأشكال الجيومورفولوجية والخصائص الهيدرولوجية في حوض وادي التليل شرق العراق"، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، المجلد (3)، العدد (46)، الكوت، العراق، 2022، ص 412–439.

(21) الحيالي، شيماء باسم عبد القادر، المخاطر الهيدرولوجية للأحواض المائية في منطقة عقرة شمال العراق، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل، الموصل، العراق، 2021، ص 190–225.

(22) Fura, G.D. Analysing and Modelling Urban Land Cover Change for Run-off Modelling in Kampala, Uganda. ,Master's Thesis, University of Twente, Enschede .The Netherlands, 2013.

(23) Ouma, Y.O.; Tateishi, R. Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment. Water 2014, 6, 1515–1545.

(24) Ouma, Y.O.; Tateishi, R. Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment. Water 2014, 6, 1515–1545.

(25) Ouma, Y.O.; Tateishi, R. Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment. Water 2014, 6, 1515–1545.

المصادر:

أولاً: المصار باللغة العربية:

1. الجبوري، رائد مجيد، تقييم خطر الفيضانات والسيول الفجائية في حوض وادي شيشين باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والتحليل المتعدد المعايير، مجلة التخطيط الحضري والإقليمي، مركز التخطيط الحضري والإقليمي للدراسات العليا، جامعة بغداد، بغداد، العراق، 2020.
2. الحسيناوي، علياء عبد الله، والخفاجي، سرحان نعيم، تقدير حجم الجريان السطحي باستخدام طريقة (SCS–CN) لحوض وادي أبو حضير في بادية السماوة جنوب غرب العراق، مجلة ابن خلدون للدراسات والأبحاث، المجلد (2)، العدد (6)، بغداد، العراق، 2022.
3. الحسيناوي، علياء عبد الله، والخفاجي، سرحان نعيم، تقدير حجم الجريان السطحي باستخدام طريقة (SCS–CN) لحوض وادي أبو حضير في بادية السماوة جنوب غرب العراق، مجلة ابن خلدون للدراسات والأبحاث، المجلد (2)، العدد (6)، بغداد، العراق، 2022.
4. حمادي، محمد موسى، تقدير الجريان السطحي وأخطاره السيلية في حوض وادي المحمدي بالعراق (باستخدام تقنيات الاستشعار عَن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية)، اطروحة دكتوراه، جامعة عين شمس، كلية الآداب، قسم الجغرافية، القاهرة، 2015.
5. الحيالي، شيماء باسم عبد القادر، المخاطر الهيدرولوجية للأحواض المائية في منطقة عقرة شمال العراق، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل، الموصل، العراق، 2021.
6. الدليمي، مشعل فيصل، تقدير الجريان السطحي وحجم السيول لحوض وادي الأبيَض في بادية العراق الغربية باستخدام نموذج (SCS–CN) وتقنيات التحسس النائي، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، الجمعية الجغرافية العراقية، بغداد، العراق، 2022.
7. العاني، عمر محمد، والحديثي، ميثم عبد الله، تحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضانات في حوض وادي زغدان (غرب العراق) باستخدام عملية التحليل الهرمي(AHP) ، مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الأنبار، الرمادي، العراق، 2023.
8. القرني، سعيد علي، والشهري، عبد الله مسفر، نمذجة أخطار السيول الفجائية وتقييمها في الأحواض الجافة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة حوض وادي

نجران، المجلة العربية للعلوم الجغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2023.

9. المعايطة، رائد أحمد، والضمور، محمد عيسى، تحديد المناطق المعرضة لمخاطر الفيضانات في جنوب الأردن باستخدام طريقة التحليل الهرمي (AHP) والنمذجة الرقمية للتضاريس، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، عمادة البحث العلمي، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن، 2021.
10. الموسوي، حسين عذاب، ومشاري، دعاء محمد، الأشكال الجيومورفولوجية والخصائص الهيدرولوجية في حوض وادي التليل شرق العراق"، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، المجلد (3)، العدد (46)، الكوت، العراق، 2022.

ثانيا: المصادر باللغة الانكليزية:

1. Elkarim, A.A. Integration of remote sensing and hydrologic, hydraulic modelling on assessment flood risk and mitigation: Al-lith city, ksa. .Int. J GEOMATE, 2020 .
2. Fura, G.D. Analysing and Modelling Urban Land Cover Change for Run-off Modelling in Kampala, Uganda. Master's Thesis, University of .Twente, Enschede, The Netherlands, 2013.
3. Gigovi´c, L.; Pamu˘car, D.; Baji´c, Z.; Drobnjak, S. Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas. Water 2017.
4. Khosravi, K.; Melesse, A.M.; Shahabi, H.; Shirzadi, A.; Chapi, K.; Hong, H. Chapter 33—Flood Susceptibility Mapping at Ningdu Catchment, China Using Bivariate and Data Mining Techniques. In Extreme Hydrology and Climate Variability; Melesse, A.M., Abtew, W., Senay, G., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019.
5. Khosravi, K.; Nohani, E.; Maroufinia, E.; Pourghasemi, H.R. A GIS-Based Flood Susceptibility Assessment and Its Mapping in Iran: A Comparison between Frequency Ratio and Weights-of-Evidence Bivariate Statistical Models with Multi-Criteria Decision-Making Technique. Nat. Hazards ,2016.
6. Ouma, Y.O.; Tateishi, R. Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment, 2014.

7. Rimba, A.B.; Setiawati, M.D.; Sambah, A.B.; Miura, F. Physical Flood Vulnerability Mapping Applying Geospatial Techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. Urban Sci. 2017.
8. Santato, S.; Bender, S.; Schaller, M. The European Floods Directive and Opportunities Offered by Land Use Planning, CSC Report 12; Climate Service Center: Hamburg, Germany, 2013.
9. Wondim,Y. K. Flood Hazard and Risk Assessment Using GIS and RemoteSensing in Lower Awash Sub-Basin, Ethiopia. J. Environ. Earth Sci. 2016.
10. Youssef, A.M.; Abu-Abdullah, M.M.; AlFadail, E.A.; Skilodimou, H.D.; Bathrellos, G.D. The Devastating Flood in the Arid Region a Consequence of Rainfall and Dam Failure: Case Study, Al-Lith Flood on 23th November 2018, Kingdom of Saudi Arabia. Z. Für Geomorphol. 2021.