Received: 7/ 2/2024 Accepted: 14/3/ 2024 Published: 10/ 7/ 2024

النمذجة الخرائطية لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات لحوضي واديي الزرجي وكوردرة في محافظة اربيل باستعمال طريقة تحليل متعددة المعايير (AHP)

أ.م.د. محمد عباس جابر الحميري

mhmed_abbas1984@uomisan.edu.iq

جامعة ميسان، كلية التربية، قسم الجغرافية

الملخص

كانت الفيضانات في العقود الأخيرة من أكثر الكوارث الطبيعية شيوعاً وتعقيداً وتدميراً في العالم وذلك بسبب الاضرار الكبيرة التي تلحقها بالجوانب الاقتصادية والاجتماعية والعمرانية والبنية التحتية وفقدان الأرواح البشرية ، وبما ان مدينة اربيل تقع في الجزء الشرقي من منطقة الدراسة الذي تعرضت الى العديد من الفيضانات وكانت آخرها في عام 2022 مما سببت هذه الفيضانات التي تعرضت لها المدينة في وفاة 12 شخصاً ودمرت آلاف المنازل ولحقت الاضرار الكبيرة في المشاريع العامة مثل محطات الكهرباء والطرق وغيرها ، لذلك هدف البحث الى تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة وذلك لغرض الحد من مخاطرها في المدينة من قبل صناع القرار. وقد تم استعمال طريقة (AHP) وتقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد مناطق مخاطر الفيضانات بالاعتماد على عشرة متغيرات وهي الارتفاع ، والانحدار، ومؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) ، وقوة دفع التيار المائي (SPI)، وكثافة الشبكة المائية ، والمسافة بين المجاري المائية ، والامطار، والصخارية ، والتربة ، وأغطية واستعمالات الارض ، وقد تم الكشف عن أهمية كل معيار من خلال تحليل الحساسية للمتغيرات جميعها وإعطائها وزناً لكل منها وذلك لبناء مؤشر مخاطر الفيضانات (FHI) ، اذ تبين من هذا المؤشر ان المناطق القليلة الخطورة جداً والقليلة الخطورة بلغت مساحتها (384.5 كم^2) وبنسبة (22.86%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة ، في حين بلغت مساحة مناطق المتوسطة الخطورة (529.29 كم^2) وبنسبة (31.47%) ، اما المناطق العالية الخطورة والعالية الخطورة جداً فقد بلغت مساحتها (767.91 كم^2) وبنسبة (45.76%) من مجموع مساحة المنطقة الكلية .

الكلمات المفتاحية : النمذجة الخرائطية ، عمليات التحليل الهرمية (AHP) ، الاستشعار عن بعد (RS) ، نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، الفيضانات

Cartographic Modeling to Determine Flood Risk Areas for the Wadi Al-Zarji and Kordra Basins in Erbil Governorate Using a Multi-Criteria Analysis Method (AHP)

Asst. Prof. Muhammad Abbas Jaber Al-Humairi(Ph.D.)

mhmed_abbas1984@uomisan.edu.iq

University of Maysan , College of Education , Department of Geography

Abstract

Floods in recent decades have been among the most common, complex and destructive natural disasters in the world due to the significant damage they cause to the economic, social, urban and infrastructure aspects and the loss of human lives, and since the city of Erbil is located in the eastern part of the study area, which has been exposed to many floods, the last of which was in In the year 2022, these floods that the city was exposed to cause the death of 12 people, destroyed thousands of homes, and caused major damage to public projects such as power stations, roads, etc. Therefore, the research aimed to identify areas of flood risk in the study area for reducing its risks in the city by the

decision makers. The AHP method, remote sensing techniques, and geographic information systems were used to determine flood risk areas based on ten variables: elevation, slope, topographic humidity index (TWI), water current impetus (SPI), water network density, and the distance between sewers. Water, rain, rock, soil, land covers and uses. The importance of each criterion was revealed through analyzing the sensitivity of all variables and giving a weight to each of them in order to build the Flood Hazard Index (FHI), as it was revealed from this index that areas with very low risk and low risk Its area was (384.5 km2) with a percentage of (22.86%) of the total area of the study area, while the area of medium-risk areas reached (529.29 km2) with a percentage of (31.47%). As for the high-risk and very high-risk areas, its area reached (767.91 km2) with a percentage of (45.76%) of the total area of the region.
Keywords: Cartographic Modeling, Analytical Hierarchical Processes (AHP), Remote Sensing (RS), Geographic Information Systems (GIS), Floods.

1- المقدمة (Introduction) :

تعد الفيضانات واحد من أكثر الكوارث الطبيعية تدميراً ،اذ انها تسبب أضراراً كبيرة في المظاهر الطبيعية والاصطناعية وتؤدي الفيضانات القوية الى الخسائر بالأرواح البشرية والممتلكات والبنية التحتية والزراعة . وقد تحدث الفيضانات نتيجة للتساقطات المطرية الكبيرة في أعالي الأودية او ذوبان الثلوج فيها مما يزيد من إيراداتها المائية على طاقتها التصريفية بشكل كبير جداً فتخرج المياه من مجاري الأودية فتسبب غمر مساحات واسعة من الأراضي التي تقع بجانبي تلك الأودية ، لذلك فأنها تعد من أهم الأخطار الطبيعية المباغة سواء كانت على المستوى الحضري او الريفي .

وعلى الرغم من انه لايمكن منع حدوث الفيضانات او إدارتها بشكل تام بسبب تعقيد حدوثها ، فأن تحديد الأماكن الأكثر تعرضاً لخطر الفيضانات تعد مرحلة أولية للتقليل والحد من المخاطر والآثار السلبية التي سوف تنتج عنها مستقبلاً ، اذ يعد رسم خرائط المناطق المعرضة للفيضانات مرحلة أولية تعمل بمثابة الإنذار المبكر الذي يمكن عن طريقها إنشاء خطط للطوارئ لغرض السيطرة على الفيضانات والتقليل من إخطارها قدر الإمكان وخاصة في المناطق الحضرية كما يمكن الاستفادة منها ايضاً عند تخطيط وتوزيع استعمالات الارض المختلفة او الخدمات المجتمعية .

ان خرائط مخاطر الفيضانات تعد واحدة من الخرائط الطبيعية التي تهتم بتمثيل مناطق خطر الفيضانات وتحديد درجة خطورتها وفق أسس علمية وكارتوكرافية متقدمة كما انها تعد شكلاً من إشكال التواصل المكاني لوصف المناطق والمواقع الأكثر والأقل خطورة للفيضانات وبالتالي فأنها وسيلة مهمة ومثالية لتعريف عامة الناس بمخاطر الفيضانات قبل وقوع حدوثها . ويوجد اختلاف جوهري بين خرائط مخاطر الفيضانات وخرائط خطر الفيضان اذ ان خرائط مخاطر الفيضانات تحتوي على معلومات حول احتمال او حجم حدوث الفيضان بينما خرائط خطر الفيضان فأنها تحتوي على معلومات إضافية حول عواقب الفيضان مثل الخسائر الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والزراعية وعدد الضحايا وغير ذلك وقد تمثل خرائط الفيضانات مدة بقاء الفيضان وعمق المياه وسرعة التدفق المائي ومعدل ارتفاع موجة الفيضان ومناطق الامتداد المكاني التي غطاها .

ان التطورات التي شهدتها تقنيتي الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في برمجياتها ومعطياتها أدت الى تسهيل عمل إنتاج نماذج خرائطية متعددة بالاعتماد على مجال دعم القرار المكاني وفق منهجية تحليل البيانات المكانية عبر مجموعة من الإجراءات التحليلية المستعملة لاشتقاق معلومات حول العلاقات المكانية بين الظواهر الجغرافية بهدف دراسة الظاهرات المكانية ومحاكاتها والتنبؤ بحالتها في ضوء مجموعة من المعايير المؤثرة فيها وذلك لتسهيل حل المشكلات المرتبطة بها والتخطيط لها استناداً الى برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لعمل تقييم مكاني من خلال مجموعة من المعايير الموزونة من قبل مختصين لإنشاء خريطة واحدة تدعم اتخاذ القررات السليمة **(عيد:2023)**.

تبرز أهمية البحث من كون ان مدينة اربيل تقع في القسم الشمالي الشرقي من منطقة الدراسة وتعد إحدى المدن التي تقع في شمال العراق والتي تتعرض وبشكل مستمر لمخاطر الفيضانات مما أدى الى خسائر كبيرة بالجوانب الاقتصادية والاجتماعية والعمرانية والبنية التحتية وفقدان الأرواح البشرية فيها بسبب موجات الفيضانات التي تعرضت لها ، لذلك يعد تحديد مستويات مخاطر مناطق الفيضانات أمر بالغ الأهمية في منطقة الدراسة وذلك لغرض اتخاذ الإجراءات اللازمة من قبل أصحاب القرار للحد او التقليل من مخاطر الفيضانات في حال حدوثها .

يهدف البحث إلى التعرف على تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة من خلال بناء أنموذج خرائطي مكاني بالاعتماد على طريقة تحليل متعددة المعايير(AHP) التي تعد من الطرق الحديثة في عملية التحليل المكاني في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) اذ تم الاعتماد على عشرة معايير في هذه الدراسة وهي الامطار، وقوة دفع التيار المائي (SPI) ، والانحدار، وكثافة الشبكة المائية ، والمسافة بين المجاري المائية ، والارتفاع ، والتربة ، والصخارية ، وأغطية واستعمالات الارض ، ومؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) وذلك لغرض تحديد مناطق مخاطر الفيضانات بدرجاتها بشكل دقيق .

وتنسلد مشكلة البحث من خلال هل يمكن للنمذجة الخرائطية ان تقدم وثيقة مكانية توضح فيها درجات خطورة مناطق الفيضانات في حوضي واديي الزرجي وكوردرة بالاعتماد على عمليات تحليل هرمية متعددة المعايير(AHP) وبالاستناد على معطيات الاستشعار عن بعد(RS) ونظم المعلومات الجغرافية(GIS) وبعض مصادر البيانات ذات العلاقة .

وتنطلق فرضية البحث من خلال وصفها حلاً مقترحاً لمشكلتها مفادها انه بالإمكان إنتاج خريطة تحدد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة بالاعتماد على طريقة تحليل متعددة المعايير (AHP) في ضوء التكامل المعلوماتي بين معطيات الاستشعار عن بعد (RS) وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وبعض البيانات ذات العلاقة .

بنيه البحث على المدخل الاستقرائي الذي يبدأ بالجزئيات وينتهي بالكليات ابتداءً من تحديد المعايير اللازمة في بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات ، مروراً بتقسيم المعاير الى درجات حسب خطورة كل معيار وإعطاء وزن لكل منها بحسب نسبة الأهمية وانتهاءً بنمذجة تلك المعايير ودمجها وإنتاج خريطة توضح مناطق مخاطر الفيضانات في حوضي واديي الزرجي وكوردرة وقد تم ذلك باستعمال المنهج التحليلي ومنهج النمذجة والأسلوب الإحصائي.

2-المواد وطرق العمل (Materials and Methods) :

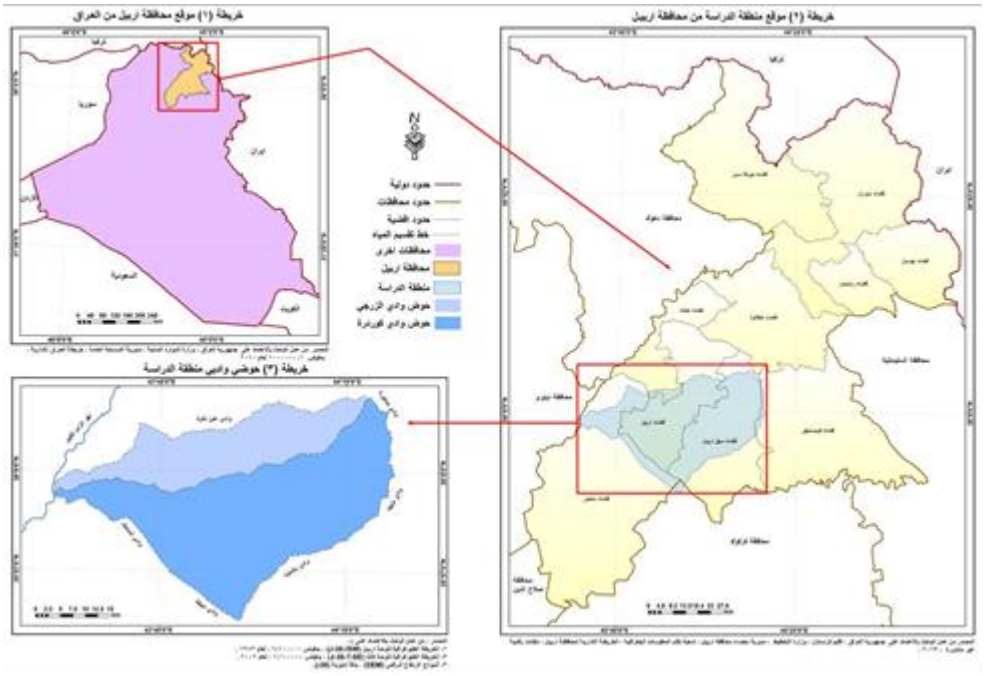
2-1 منطقة الدراسة (Study Area) :

تقع منطقة الدراسة في شمال العراق ضمن اقليم كردستان وتحديداً في محافظة اربيل وتغطي جزء من ثلاث أقضية وهي قضاء اربيل وقضاء سهل اربيل وقضاء مخمور وتنتهي منطقة الدراسة والمتمثلة بحوضي واديي الزرجي وكوردرة في نهر الزاب الكبير ، وطبيعياً يحد الواديين من الشمال وادي عين كاوة ومن الشرق واديي باستورة وشلغة ومن الجنوب الشرقي والجنوب واديي باشتبه وديبكة ومن الجنوب الغربي وادي شمامك ومن الغرب نهر الزاب الكبير ، وتنحصر فلكياً بين دائرتي عرض (48" 15' 36° - 34" 51 '35°) شمالاً وخطي طول (27" 16' 44° - 43" 30' 46°) شرقاً ، وتبلغ مساحة حوض وادي الزرجي (515.41 كم^2) وحوض وادي وكوردرة (1166.30 كم^2) الخرائط (1،2،3) .

ويتأثر مناخ منطقة الدراسة بمناخ البحر الأبيض المتوسط ، لذلك يكون الصيف فيها جافً وحاراً ، بينما يكون الشتاء بارداً ورطباً ، وهنالك أربعة فصول تظهر في منطقة الدراسة لكل منها مناخه الخالص والذي يكون من بارد في فصل الشتاء الى حار في فصل الصيف ومعتدل في الخريف والربيع وقد بلغ معدل درجة الحرارة العظمى فيها في الشتاء والربيع والصيف والخريف (12.9 ، 23.8 ، 40.3 ، 27،9 م°) على التوالي ، في حين بلغت درجة الحرارة الصغرى (5.4 ، 12.6، 25.8 ، 16.7 م°) . وبلغ مجموع متوسطات التساقط المطري حوالي (426.5 ملم) (البيانات المناخية لمحطة اربيل للمدة 2002-2021)، بينما يتراوح ارتفاعها مابين (206 - 1087 م) فوق مستوى سطح البحر. وكثيراً ما تغمر المياه منطقة البحث بسبب هطول الامطار الغزيرة في فصلي الربيع والشتاء نتيجة لوقوعها بالقرب من السلاسل الجبلية التي تحتوي على العديد من المجمعات السكنية كما ان للعامل البشري قد زاد من حدوث الفيضانات في منطقة الدراسة بسبب التوسع السكني مما أدى الى طمر العديد من مسالك الأودية فيها فاتخذت بعد ذلك الطرق مسلكاً لجريانها .

2-2 مصادر البيانات (Data Sources) :

لغرض رسم ونمذجة خرائط تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة فقد تم جمع البيانات من مواقع مجانية (مفتوحة المصدر) فضلاً عن المعلومات الثانوية التي تم الحصول عليها من الجهات الحكومية ذات العلاقة وكما هي موضحة في جدول (1)



جدول (1) نوع ووصف ومصادر البيانات المستعملة في البحث

نوع البيانات	وصف البيانات	مصدر البيانات
DEM	أنموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة (SRTM) ذو دقة مكانية (30 م)	http://dwtkns.com/srtm30m
المرئية الفضائية	المرئية الفضائية لمنطقة الدراسة العائدة للقمر الصناعي لاندسات (8) ذات المتحسس (OLI) و (TIRS) ذات دقة مكانية (15 و 30 م)	https://earthexplorer.usgs.gov
بيانات التربة	خريطة تربة العراق	(Buringh ,Map Soil ,Scale 1:1000000)
بيانات الصخارية	خريطة الصخارية للتكوينات المكشوفة في العراق	(Sissakian and Fouad,2015)
بيانات الامطار	المجموع السنوي للأمطار الساقطة على منطقة الدراسة	جمهوريه العراق ، اقليم كردستان ، وزارة النقل والاتصالات ، المديرية العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي ، بيانات الامطار في محطات اربيل ومخمور وخبات وصلاح الدين وكويه، للمدة (2002-2021).
مواقع المناطق التي تعرضت للفيضانات	المناطق التي تعرضت للفيضانات لغرض التأكد من صحة النتائج	مديرية مياه الشرب والصرف الصحي في محافظة اربيل

3-2 طريقة تهيئة الطبقات (Methods for Preparing Flood Thematic Layers) :

يتطلب بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات الى مجموعة كبيرة من البيانات الطبوغرافية والهيدرولوجية ، لذلك يعد تحديد المتغيرات (الطبقات) من المهام الرئيسة في بناء الأنموذج ، وقد تم اختيار عشرة متغيرات لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة وهي الارتفاع ، والانحدار ، ومؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) ، وقوة دفع التيار المائي (SPI) ، وكثافة الشبكة

المائية ، والمسافة بين المجاري المائية ، والامطار ، والصخارية ، والتربة، وأغطية واستعمالات الارض وفيما يلي دراسة وتحليل المتغيرات المشمولة في بناء الأنموذج .

2-3-1 الارتفاع (Elevation) :

تحدث الفيضانات بشكل متكرر في المناطق المنخفضة الارتفاع وقد أظهرت الدراسات السابقة ان الارتفاع هو احد أهم العوامل التي تؤثر على حدوث الفيضانات (Chakrabortty et al., 2021; Tehrany et al., 2019) وذلك بسبب تدفق المياه من المناطق المرتفعة (المناطق الجبلية) الى المناطق المنخفضة (السهول وضفاف الأنهار) بسبب قوة الجاذبية ويتم انتشارها عبر المناطق المنخفضة والمنبسطة مما يؤدي ذلك الى حدوث الفيضانات (Ullah and Zhang, 2020; Allafta and Opp, 2021) وتم اشتقاق خريطة الارتفاعات بالاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) اذ يتراوح ارتفاع المنطقة بين (206 – 1087 م) فوق مستوى سطح البحر خريطة (4) ، كما تم إعادة تصنيف خريطة الارتفاعات الى خمس مستويات بناءً على ارتفاعات المنطقة لتكون من (206 – 351.1 م) عالية الخطورة جداً ومن (351.2 – 465.1 م) عالية الخطورة ومن (365.2 – 613.7 م) متوسطة الخطورة ومن (613.8 – 776.1 م) قليلة الخطورة ومن (776.2 – 1087 م) قليلة الخطورة جداً خريطة (5) جدول (2) .

2-3-2 الانحدار (Slope) :

يعد الانحدار من العوامل الطبوغرافية التي تؤثر على الفيضانات وحدوثها ودرجة خطورتها لأنه يؤثر على سرعة جريان المياه السطحية (Tehrany et al., 2019; Islam et al., 2021) وكلما كانت المنطقة أكثر انحداراً كانت اقل عرضة للفيضانات اذ ان المناطق الأكثر انحداراً يكون معدل ترسيب المياه فيها اقل وسرعة جريان اعلى (Das, 2020; Zzaman et al., 2021) وبذلك فأن المناطق المنبسطة وذات الانحدار القليل تكون أكثر عرضة لمخاطر الفيضانات بسبب تراكم جريان المياه السطحية فيها(Tabarestani and Afzalimehr, 2021) وقد تم اشتقاق خريطة الانحدار بالاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وتتراوح انحدارات منطقة الدراسة بين (0 – 20.0051) درجة خريطة (6) كما تم تصنيف خريطة مستويات الانحدار الى خمس فئات بناءً على انحدارات منطقة الدراسة لتكون من (0 – 5) عالية الخطورة جداً ومن (5.01 – 10) عالية الخطورة ومن (10.01 – 15) متوسطة الخطورة ومن (15.01 – 20) قليلة الخطورة وأكثر من (20) قليلة الخطورة جداً خريطة (7) جدول (2) .

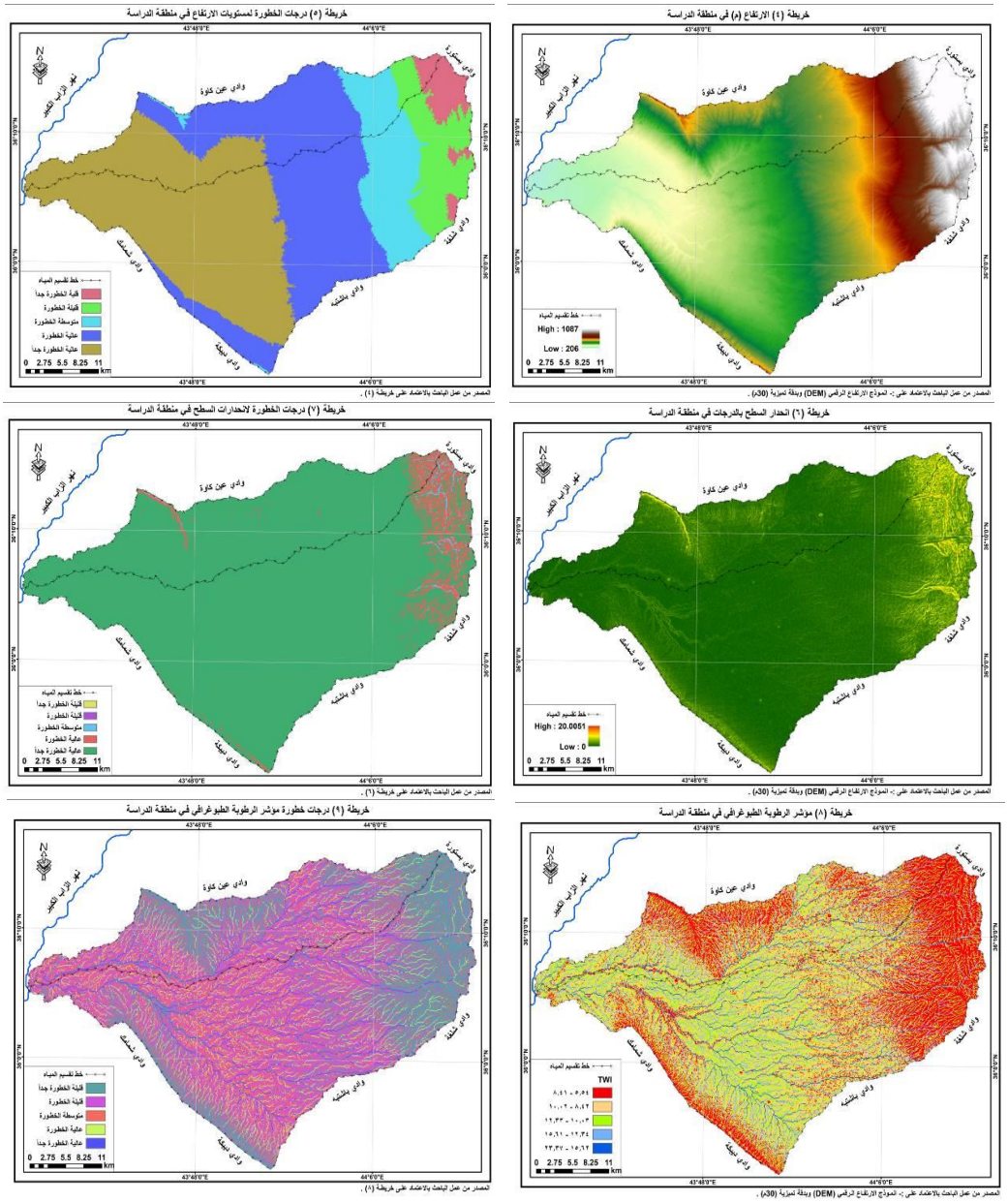
2-3-3 مؤشر الرطوبة الطبوغرافي (Topographic wetness index TWI) :

يستعمل هذا المؤشر على نطاق واسع لتقييم تأثير التضاريس على حدوث الفيضانات وتشبع التربة بالمياه وفي العمليات الهيدرولوجية والبيئية ايضاً (Lappas and Kallioras, 2019) كما يستعمل ايضاً في تحديد المناطق التي لديها القدرة على توليد الفيضانات (Tang et al., 2020) وتم اشتقاق مؤشر الرطوبة الطبوغرافي من خلال تتبع المعادلات أدناه (Meles et al., 2020)

Slope = (Slope *1.570796)/ 90 .
Tan Slope = Con(Slope > 0 , Tan(Slope) , 0.001) .
Fa-Scaled = (Fa+1)*Cell Size.
TWI = Ln(Fa-Scaled) / (Tan Slope) .

ويمثل TWI مؤشر الرطوبة الطبوغرافي وLn لوغارتم العدد وFa الجريان المتجمع وCell Size حجم الخلية وTan ظل الزاوية وSlope الانحدار بالدرجات .

وتتراوح قيم مؤشر الرطوبة الطبوغرافي في منطقة الدراسة بين (5.54 – 23.37) خريطة (8) وتم تصنيف الخريطة الى خمس فئات بناءً على القيم الواردة للمؤشر في منطقة الدراسة لتكون من (5.54 – 8.41) قليلة الخطورة جداً ومن (8.42 – 10.02) قليلة الخطورة ومن (10.03 – 12.33) متوسطة الخطورة ومن (12.34 – 15.61) عالية الخطورة ومن (15.62 – 23.37) عالية الخطورة جداً خريطة (9) جدول (2) .



جدول (2)

المعيار ووحدة القياس والصنف وقابلية الخطورة ودرجاتها للطبقات الداخلة في تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة

المعيار	وحدة القياس	الفئة او الصنف	قابلية الخطورة	درجة الخطورة
الارتفاع	م	351.1 – 206	عالية الخطورة جداً	5
		465.1 – 351.2	عالية الخطورة	4
		613.7 – 465.2	متوسطة الخطورة	3
		776.1 – 613.8	قليلة الخطورة	2
		1078.0 – 776.2	قليلة الخطورة جداً	1
الانحدار	درجة	5 – 0	عالية الخطورة جداً	5

المعيار	وحدة القياس	الفئة او الصنف	قابلية الخطورة	درجة الخطورة
		10 – 5.01	عالية الخطورة	4
		15 – 10.01	متوسطة الخطورة	3
		20 – 15.01	قليلة الخطورة	2
		أكثر من 20	قليلة الخطورة جداً	1
مؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI)	مستوى	8.41 – 5.54	قليلة الخطورة جداً	1
		10.02 – 8.42	قليلة الخطورة	2
		12.33 – 10.03	متوسطة الخطورة	3
		15.61 – 12.34	عالية الخطورة	4
		23.37 – 15.62	عالية الخطورة جداً	5
قوة دفع التيار المائي (SPI)	–	صفر	متوسطة الخطورة	3
		9400.0 – 0.1	عالية الخطورة	4
		3718387.0 – 9400.1	عالية الخطورة جداً	5
كثافة الشبكة المائية	كم^2	1 – 0	قليلة الخطورة جداً	1
		3 – 1.01	قليلة الخطورة	2
		5 – 3.01	متوسطة الخطورة	3
		7 – 5.01	عالية الخطورة	4
		9.05 – 7.01	عالية الخطورة جداً	5
المسافة بين المجاري المائية	م	100 – 0	عالية الخطورة جداً	5
		250 – 101	عالية الخطورة	4
		500 – 251	متوسطة الخطورة	3
		1000 – 501	قليلة الخطورة	2
		2860 – 1001	قليلة الخطورة جداً	1
الامطار	ملم	351.43 – 303.73	قليلة الخطورة جداً	1
		399.13 – 351.44	قليلة الخطورة	2
		446.82 – 399.14	متوسطة الخطورة	3
		494.52 – 446.83	عالية الخطورة	4
		542.22 – 494.53	عالية الخطورة جداً	5
الصخارية	صنف	المدملكات	قليلة الخطورة	2
		الرواسب النهرية	عالية الخطورة جداً	5
التربة	صنف	تربة بنية ذات السمك العميق	متوسطة الخطورة	3
		تربة الليثوسول مع الحجر الرملي والجبسي	عالية الخطورة	4
		تربة بنية ذات السمك المتوسط والضحل	عالية الخطورة جداً	5

المعيار	وحدة القياس	الفئة او الصنف	قابلية الخطورة	درجة الخطورة
		تكسو الحصو البختياري		
أغطية واستعمالات الارض	صنف	المناطق العمرانية وطرق النقل	عالية الخطورة جداً	5
		المناطق الجرداء	عالية الخطورة	4
		غطاء نباتي خفيف	متوسطة الخطورة	3
		غطاء نباتي كثيف	قليلة الخطورة	2

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط من (4 – 23) .

2-3-4 مؤشر قوة دفع التيار المائي (Stream power index SPI) :

يعد مؤشر قوة دفع التيار المائي (SPI) احد العوامل المهمة ذات التأثير الحاسم في حدوث الفيضانات (Vojtek and Vojteková,2019) وتشير القيم المنخفضة للمؤشر الى تعرض المناطق لحدوث الفيضانات بينما تشير القيم المرتفعة الى زيادة سرعة تدفق المياه ومن ثم تزداد القوة التدميرية عند حدوث الفيضانات (Tehrany et al., 2019) ويتم حسابه من خلال المعادلة أدناه (Islam et al., 2021) .

SPI = Fa * Cell Size * Tan (Slope * 0.017453).

ويمثلSPI مؤشر قوة دفع التيار المائي وFa الجريان المتجمع وCell Size حجم الخلية وTan ظل الزاوية وSlope الانحدار بالدرجات .

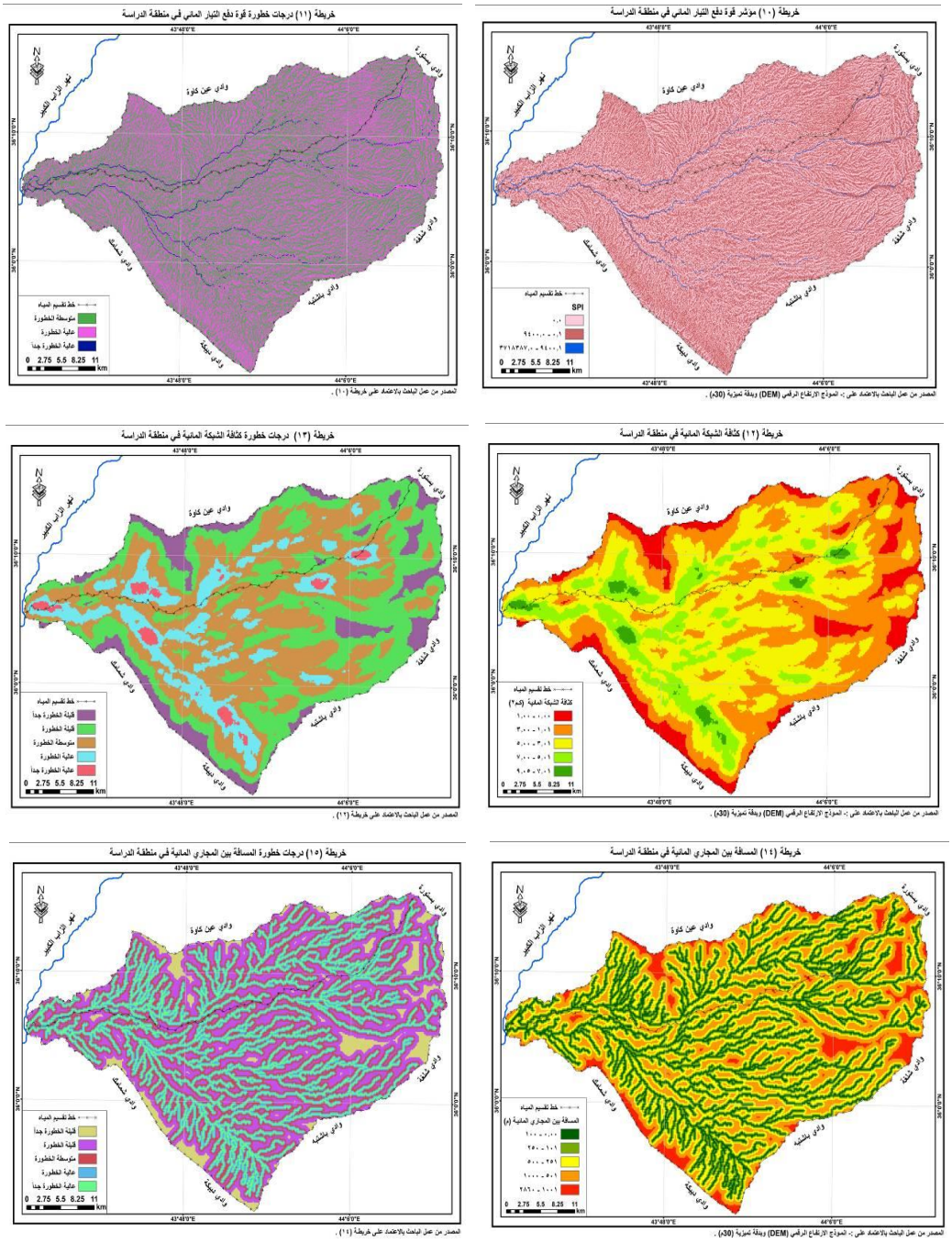
وتتراوح قيم مؤشر قوة دفع التيار المائي في منطقة الدراسة بين (0 – 3718387) خريطة (10) وتم تصنيف الخريطة الى ثلاث فئات بناءً على القيم الواردة للمؤشر في منطقة الدراسة لتكون القيم الصفرية ذات خطورة متوسطة ومن (0.01 – 9400) عالية الخطورة ومن (9400.1 – 3718387) عالية الخطورة جداً خريطة (11) جدول (2) .

2-3-5 كثافة الشبكة المائية (Density from the streams) :

تعد كثافة الشبكة المائية من العوامل المهمة التي تؤثر على حدوث الفيضانات فكلما زاد كثافة الشبكة المائية زاد الاحتمال بحدوث الفيضانات ويعبر عن كثافة الشبكة المائية بطول المجاري المائية لكل وحدة مساحية داخل احواض التصريف (Penki, 2022) وتتميز تضاريس منطقة الدراسة بكثافة تصريف تتراوح بين (0 – 9.05) خريطة (12) وتم تصنيف الخريطة الى خمس فئات بناءً على القيم الواردة لكثافة الشبكة المائية في منطقة الدراسة لتكون من (0 – 1) قليلة الخطورة جداً ومن (1.01– 3) قليلة الخطورة ومن (3.01 – 5) متوسطة الخطورة ومن (5.01 – 7) عالية الخطورة ومن (7.01– 9.05) عالية الخطورة جداً خريطة (13) جدول (2) .

2-3-6 المسافة بين المجاري المائية (Distance from the streams) :

تعد المسافة بين المجاري المائية من العوامل المسببة لحدوث الفيضانات والتي عن طريقها يمكن تحديد المناطق التي سوف تحدث فيها الفيضانات وقد تمتاز المناطق القريبة من المجاري المائية بأنها أكثر عرضة للفيضانات من المناطق البعيدة من المجاري النهرية وقد تغمر الجداول الصغيرة مساحات قليلة وتكون على بعد أمتار قليلة من الشبكة النهرية على العكس من الأنهار الكبيرة عند فيضانها قد تغطي عدة كيلومترات. (Zzaman et al., 2021) وتتراوح المسافة بين المجاري المائية في منطقة الدراسة بين (0 – 2860 م) خريطة (14) وتم تصنيف الخريطة الى خمس فئات بناءً على القيم الواردة للمسافة بين المجاري المائية لتكون (0 – 100) عالية الخطورة جداً ومن (101– 250) عالية الخطورة ومن (251 – 500) متوسطة الخطورة ومن (501– 1000) قليلة الخطورة ومن (1001– 2860) قليلة الخطورة جداً خريطة (15) جدول (2) .



7-3-2 الامطار (Rainfall) :

تعد الامطار احد الأسباب الرئيسة في حدوث الفيضانات بشكل عام ، وان تساقط الامطار الغزيرة في فترة زمنية قصيرة قد تؤدي الى حدوث الفيضانات . وقد تم الاعتماد على بيانات الامطار في محطة اربيل كمحطة رئيسة ومخمور وخبات وصلاح الدين وكويه كمحطات ضابطة وذلك لغرض نمذجة ورسم خريطة الامطار بشكل دقيق ، حيث بلغت كمية الامطار في اربيل (426.52 ملم) ومخمور (318.89 ملم) وخبات (245.78 ملم) وصلاح الدين (608.45 ملم) وكويه (679.80 ملم) للمدة (2002 – 2021) ، و استعمل طريقة (IDW) في نمذجة ورسم خريطة (16) اذ تبين منها بان منطقة الدراسة تنحصر أمطارها بين (303.73 – 542.22 ملم) وتم تصنيف الخريطة الى خمس فئات بناءً على كمية الامطار الواردة لتكون (303.73 – 351.43) قليلة الخطورة جداً ومن (351.44 – 399.13) قليلة الخطورة ومن (399.14 – 446.82) متوسطة الخطورة ومن (446.83 – 494.52) عالية الخطورة ومن (494.–2860) عالية الخطورة جداً خريطة (17) جدول (2) .

2-3-8 الصخارية (Lithology) :

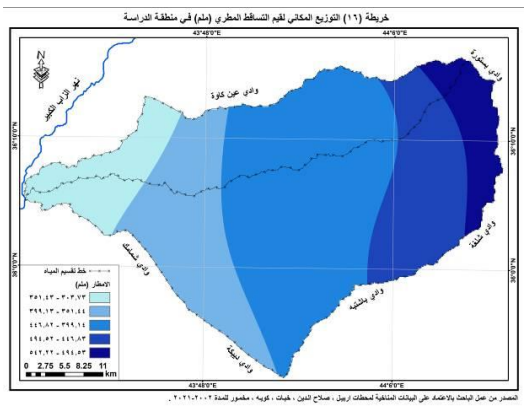
تعد الخصائص الجيولوجية احد العوامل المؤثرة على سرعة جريان المياه كما انها تلعب دوراً مهماً في حدوث الفيضانات ، اذ تتميز التكوينات الصخرية غير النفاذة بزيادة تراكم المياه فوقها مما يؤدي الى حدوث الفيضانات على العكس تماماً من التكوينات الصخرية النفاذة **(Argaz et al., 2019)** ، ويتبين من خريطة (18) ان منطقة الدراسة تتكون من المدملكات التي تمتاز بنفاذيتها العالية وكذلك تحتوي ايضاً على الرواسب النهرية غير النفاذة مثل الطين والطمي ، وتم تصنيف الخريطة أعلاه لتكون المناطق التي تحتوي على المدملكات بأنها قليلة الخطورة اما المناطق التي تحتوي على الرواسب النهرية فأنها تكون عالية الخطورة جداً خريطة (19) جدول (2) .

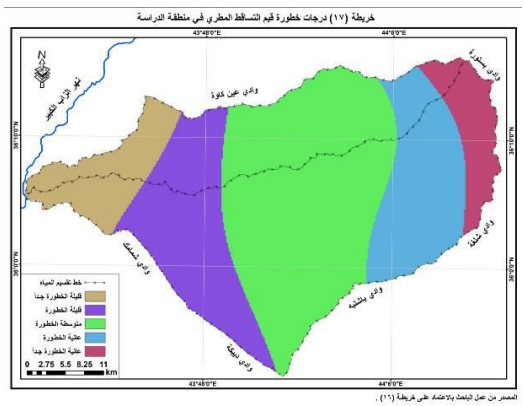
2-3-9 التربة (Soil) :

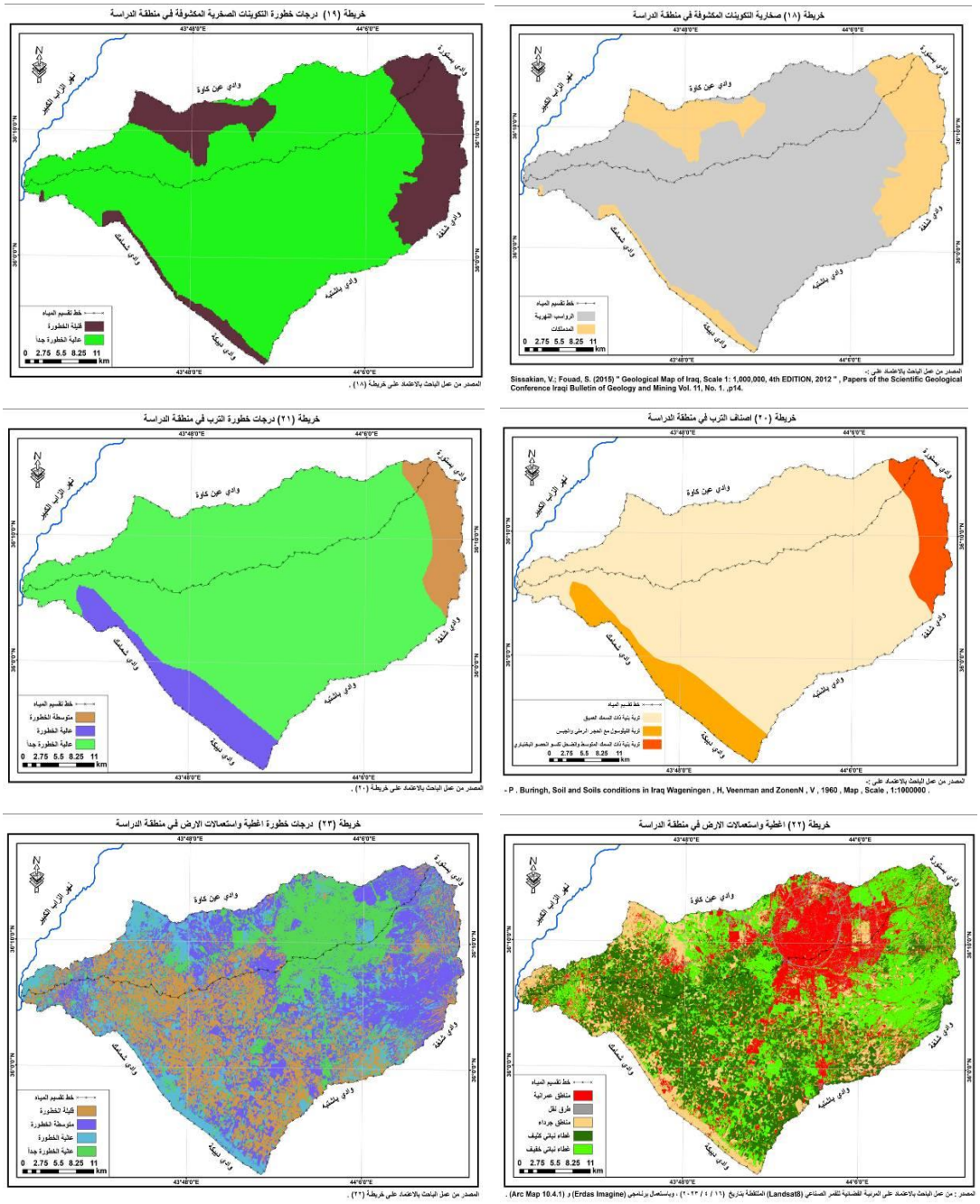
تعد التربة من العوامل الطبيعية الهامة التي تؤثر على الجريان السطحي للأمطار وقد تتراكم كميات كبيرة من المياه في المناطق التي تمتاز تربتها بمعدل ترسيب منخفض وبالتالي تزداد من احتمالية حدوث الفيضانات **(Islam et al., 2021)** ، وتشير خريطة (20) ان منطقة الدراسة تحتوي على ثلاثة أنوع من الترب وهي الترب البنية ذات السمك العميق وتربة الليثوسول الممزوجة بالحجر الرملي والجبس والترب البنية ذات السمك المتوسط والضحل التي تكسو الحصو البختياري وقد تم تصنيف الخريطة أعلاه الى ثلاث أصناف تبعاً لدرجة خطورة كل نوع من أنواعها لتكون الترب البنية ذات السمك العميق بعالية الخطورة جداً وتربة الليثوسول الممزوجة بالحجر الرملي والجبس بعالية الخطورة والترب البنية ذات السمك المتوسط والضحل التي تكسو الحصو البختياري بمتوسطة الخطورة خريطة (21) جدول (2) .

2-3-10 أغطية واستعمالات الارض (Land Use Land Cover LULC) :

تعد أغطية واستعمالات الارض احد أقوى العوامل المسببة للفيضانات التي يمكن استعمالها كمعيار رئيس لتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للفيضانات **(Ullah and Zhang, 2020)** وقد تؤثر أغطية واستعمالات الارض على معدل التسرب وتراكم المياه والتفاعل بين المياه السطحية والجوفية ومعدل التبخر **(Allafta and Opp, 2021)** ، كما ان معدل الترسيب في المناطق ذات الغطاء النباتي يكون عالي بيد انه يكون منخفض في المناطق المبنية وبذلك فأن هذه المناطق تكون أكثر عرضة للفيضانات في حالة حدوثها **(Lappas and Kallioras, 2019)** وتشير خريطة (22) ان منطقة الدراسة تحتوي على خمسة أصناف من الغطاء الأرضي واستعمالات الارض وهي المناطق العمرانية وطرق النقل والمناطق الجرداء والغطاء النباتي الكثيف والغطاء النباتي الخفيف ، وقد تم إعادة تصنيف الخريطة أعلاه الى أربعة مستويات حسب درجة خطورتها لتكون المناطق العمرانية وطرق النقل ذات خطورة عالية جداً ، وعالية الخطورة للمناطق الجرداء ومتوسطة الخطورة للغطاء النباتي الخفيف وقليلة الخطورة للغطاء النباتي الكثيف خريطة (23) جدول (2) .







4-2 عمليات التحليل الهرمية لنمذجة المعايير (AHP) :

تتطلب القرارات المكانية المهمة كتحديد الأهمية النسبية لمتغيرات تحديد مناطق مخاطر الفيضانات معلومات وأدوات للمساعدة في فهم أوليات كل معيار مؤثر في تحديد مناطق الفيضانات ومخاطرها ، فكما هو معروف عند معظم الجغرافيون بان العوامل الجغرافية المؤثرة على ظاهرة ما ماهي ليست بذات الأهمية ، ففي الأحكام التقليدية على الأهمية النسبية لعوامل جغرافية مؤثرة يتم البت فيها بناءً على معرفة الباحث الجغرافي بموضوع دراسته وخبراته المكتسبة وبهذا فان اي حكم مبني على خبرات شخصية يعد قراراً غير موثوق، على العكس تماماً من اتخاذ القرار الموثوق الناتج عن اختيار العامل الجغرافي الأكثر تأثيراً من خلال التقييم الرياضي لجميع البدائل المتاحة (القصاب ،2021، 184) .

وتعد عمليات التحليل الهرمية احد الأساليب المعتمدة في اتخاذ القرارات المتعددة المعايير التي تعتمد على توظيف التقنيات الإحصائية (الرياضيات) في عملية اتخاذ القرارات الخاصة بانتقاء البدائل المثلى من بين مجموعة من البدائل طبقاً لمعايير متعددة (Abedini et al., 2017) . وقد تعمل طريقة التحليل الهرمية في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية على حساب قيمة الأهمية

النسبية لكل متغير وذلك لغرض إنتاج خريطة ذات فئات مرتبة على نحو متسلسل معتمدة على قيمة الأهمية النسبية الذي تم تنسيبه الى المتغيرات الداخلة في نمذجتها (Das and Gupta, 2021) ويتضمن دعم القرار متعدد المعايير لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات ونمذجتها في حوضي الزرجي وكوردرة باستخدام طريقة (AHP) في نظم المعلومات الجغرافية الى مجموعة من الإجراءات وهي على النحو الأتي :-

2-4-1 تعريف الهدف من بناء المعيار : ان الهدف الأساسي الذي يتم معالجته وفق هذا المضمار هو تحديد الأهمية النسبية (الوزن النسبي) للمعايير الداخلة في بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة ، وذلك حتى يتم بناء الأنموذج بالشكل العلمي الصحيح بعيداً عن الحكم الشخصي في هذا المجال .

2-4-2 تجهيز المعيار : تتضمن هذه المرحلة تهيئة المعايير الداخلة في عمليات التحليل الهرمي على شكل نماذج خرائطية يتم تقييسها جميعاً بمقياس نسبي وقد تم اعداد المعايير وتقيسها سابقاً في هذا البحث ضمن فقرة طريقة تهيئة الطبقات .

2-4-3 تحديد البدائل : يتم تحديد البدائل اعتماداً على المقياس الذي وضعه (Saaty) الذي يتضمن العلاقة بين مجموعة من المعايير مع مجموعة من البدائل في شكل هرمي ، اذ ان لكل معيار داخل في الأنموذج له مجموعة بدائل قابلة للمقارنة الزوجية بينه وبين المعايير الأخرى ، وتقاس هذه البدائل بمقياس خاص وضعه (Saaty) الذي يتراوح من (1 – 9) (Saaty, 2008) ، وبناءً على ذلك تم تحديد خمسة بدائل لكل معيار داخل في بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات جدول (3) ، الشكل (1) .

2-4-4 وزن المعايير الداخلة في الأنموذج : ان عملية وزن المعايير تعد من أكثر الإجراءات أهمية لدعم القرار المكاني المتعدد المعايير ، وقد تتضمن ثلاث مراحل رئيسة وهي اعداد استمارة الاستبيان لغرض جمع أراء المحكمين حول أهمية كل معيار وبناء مصفوفة المقارنة الزوجية للبدائل واخيراً قياس مستوى ثبات الأحكام الصادرة عن المعايير من قبل المحكمين .

2-4-4-1 الاستبيان : تم اعداد الاستبانة (ملحق1) لغرض الحصول على أراء المحكمين حول اختيار البدائل المناسبة لكل معيار، وقد وزعت استمارة الاستبيان على عينة قصدية مكونة من (30) مستبين عشرون منهم ذو تخصص هيدرولوجي ومن خلفيات علمية جيولوجية وجغرافية وخمس حكام من تخصص جيومورفولوجي وأيضاً من خلفيات علمية جيولوجية وجغرافية واخيراً خمس حكام من تخصص التربة ذو خلفيات علمية زراعية وجغرافية علماً ان جميع المستبينين هم من حملة شهادة الدكتوراه وبألقاب علمية متقدمة ، وجاءت نتائج الاستبيان متمثلة فيما يخص تحديد المعايير الأكثر تأثير على تحديد مناطق مخاطر الفيضانات ، اذ حكم 21 من المستبينين على ان الامطار هي ضمن الأهمية الكبيرة جداً ، في حين حكم 14 منهم ان قوة دفع التيار المائي هي ضمن الأهمية الكبيرة جداً ، اما الانحدار فحكم عليه 9 ضمن الأهمية الكبيرة جداً ، بينما كثافة الشبكة المائية فحكم 13 منهم ضمن الأهمية الكبيرة ، في حين حكم 9 على المسافة بين المجاري المائية بأنها تقع ضمن الأهمية المتوسطة ، وحكم 10 على الارتفاع ضمن الأهمية الكبيرة ، وحكم 11 على التربة بأنها ضمن الأهمية المتوسطة ، وحكم 12 على الصخارية ضمن الأهمية الكبيرة ، وحكم 12 على أغطية واستعمالات الارض ضمن الأهمية المتوسطة ، واخيراً حكم 11 على الرطوبة الطبوغرافية ضمن الأهمية الكبيرة ، جدول (4) .

ولحساب المتوسط الموزون لاستجابات العينة حول جميع البدائل للمعيار الواحد فقد استعملت المعادلة الآتية (العتبي والطائي ، 2012،93).

$$x^{-} = \frac{\sum x_i \, w_i}{\sum w_i}$$

حيث ان x^{-} تمثل المتوسط الموزون لاستجابات العينة حول جميع البدائل للمعيار الواحد وxi تمثل عدد الإجابات الخاصة بالبدائل وwi تمثل القيمة الرقمية لذات البديل و$\sum wi$ تمثل حجم العينة.

2-4-4-2 بناء مصفوفة المقارنة الزوجية : تختص هذه المرحلة بتحويل الأحكام التي تم الحصول عليها من المستبينين الى أوزن تدخل في عملية جبر الخرائط وذلك عن طريق بناء مصفوفة المقارنة الزوجية لكل معيارين بدلالة بديليهما . وقبل البدء في بناء مصفوفة المقارنة الزوجية لابد من تعديل المتوسط الموزون لاستجابات العينة على قيمة الأهمية النسبية لكل معيار داخل في تحديد مناطق مخاطر الفيضانات ، اذ ان الغاية من استعمال المتوسط الموزون هو لإشراك جميع البدائل التي تم الحصول عليها بدلالة قيمة البديل المعدة وفقاً لمقياس (AHP) ، وقد تضمنت عملية التعديل تصحيح القيم الحقيقية للمتوسط الموزون الى اقرب قيمة صحيحة من مقياس (AHP) ، وذلك لغرض تسهيل عملية بناء مصفوفة المقارنة الزوجية جدول (5) .

وقد تم الاعتماد في بناء مصفوفة المقارنة الزوجية على منصة (AHP Online System - AHP-OS) من خلال الموقع الالكتروني (https://bpmsg.com/ahp) وذلك لغرض الحصول على الأهمية النسبية لكل معيار داخل في المصفوفة كما انها تقوم في نفس الوقت باستخراج مستوى ثبات الأحكام او مايسمى بنسبة التناسق وان الغاية من استخراج نسبة التناسق هي معرفة مدى ثبات الأحكام التي جمعت بالاستبانة من قبل المستبينين والتأكد من عدم التناقض بين الأحكام ، وتبعاً لذلك فقد وضع (Saaty) نسبة تناسق قيمتها 0.1 (10%) كمحك للحكم على مستوى ثبات الأحكام في مصفوفة المقارنة الزوجية فكلما كانت قيمة التناسق اقل من 0.1 دل ذلك على اقتراب الأحكام في المصفوفة من الثبات وعدم التناقض اما عند زيادة نسبة التناسق عن أكثر من 0.1 فسوف ترفض الأحكام وتعاد مرة ثانية من البداية عند مرحلة الاستبيان (القصاب ،193، 2021) . وعند بناء مصفوفة المقارنة الزوجية من خلال الموقع أعلاه تم الحصول على الأهمية النسبية (الأوزان) للمعايير الداخلة في عملية التحليل الهرمية مع نسبة تناسق (0.0) اي بمعنى ان الأحكام تشير الى الثبات التام الجدولين (6 ،7) وملحق (2) .

جدول (3)

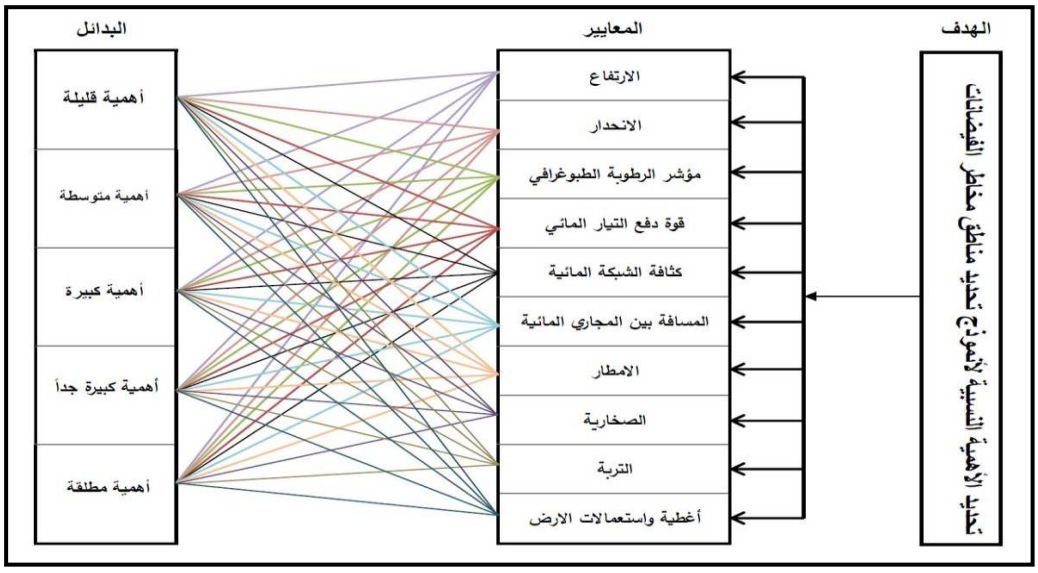
المقياس الترتيبي للأهمية بطريقة (AHP)

درجة الأهمية	البدائل	درجة الأهمية	البدائل
1	أهمية قليلة	7	أهمية كبيرة جداً
3	أهمية متوسطة	9	أهمية مطلقة
5	أهمية كبيرة	الدرجات (2،4،6،8)	درجات بينية بين الإحكام

(Saaty, 2008).

شكل (1)

البنية الهرمية للمعايير الداخلة في بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة وفق طريقة (AHP)



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (3) .

جدول (4)

نتائج الاستبيان حول أهمية المعايير الداخلة في تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة

مقياس الأهمية	قيمة (AHP)	عدد الاستجابات									
		الامطار	قوة التيار المائي (SPI)	الانحدار	كثافة الشبكة المائية	المسافة للمجاري المائية	الارتفاع	التربة	الصخارية	أغطية واستعمالات الارض	الرطوبة الطبوغرافية (TWI)
قليلة	1	0	0	1	0	3	3	2	1	7	9
متوسطة	3	0	1	8	6	9	8	11	11	12	10
كبيرة	5	3	9	8	13	8	10	8	12	8	11
كبيرة جداً	7	21	14	9	9	6	7	8	5	3	0
مطلقة	9	6	6	4	2	4	2	1	1	0	0
المجموع		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
المتوسط الموزون لاستجابات العينة على قيمة الأهمية		7.20	6.67	5.47	5.47	4.93	4.80	4.67	4.60	3.47	3.13

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (3) وملحق (1) .

جدول (5)

تقريب المتوسط الموزون لاستجابات العينة الى اقرب قيمة في مقياس(AHP)

ت	المعيار	المتوسط الموزون لاستجابات العينة على قيمة الأهمية	التصحيح الى مقياس (AHP)
1	الامطار	7.20	7
2	قوة التيار المائي (SPI)	6.67	7
3	الانحدار	5.47	5
4	كثافة الشبكة المائية	5.47	5
5	المسافة للمجاري المائية	4.93	5
6	الارتفاع	4.80	5
7	التربة	4.67	5
8	الصخارية	4.60	5
9	أغطية واستعمالات الارض	3.47	3
10	الرطوبة الطبوغرافية (TWI)	3.13	3

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدولين (3، 4) .

جدول (6)

مصفوفة المقارنة الزوجية للمعايير الداخلة في (AHP) لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة

المعايير	الامطار	قوة التيار المائي (SPI)	الانحدار	كثافة الشبكة المائية	المسافة للمجاري المائية	الارتفاع	التربة	الصخارية	أغطية واستعمالات الارض	مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI)
الامطار	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00
قوة التيار المائي (SPI)	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00
الانحدار	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
كثافة الشبكة المائية	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
المسافة للمجاري المائية	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
الارتفاع	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
التربة	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
الصخارية	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
أغطية واستعمالات الارض	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00
الرطوبة الطبوغرافية (TWI)	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على منصة (AHP Online System – AHP–OS) من خلال الموقع الالكتروني (https://bpmsg.com/ahp) .

جدول (7)

الأوزان المطلقة والأهمية النسبية للمعايير الداخلة في (AHP) لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة

ت	المعيار	الأهمية النسبية (%)	الوزن المطلق (Score)
1	الامطار	18.2	0.182
2	قوة التيار المائي (SPI)	18.2	0.182
3	الانحدار	9.1	0.091
4	كثافة الشبكة المائية	9.1	0.091
5	المسافة للمجاري المائية	9.1	0.091
6	الارتفاع	9.1	0.091
7	التربة	9.1	0.091
8	الصخارية	9.1	0.091
9	أغطية واستعمالات الارض	4.5	0.045
10	الرطوبة الطبوغرافية (TWI)	4.5	0.045

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على منصة (AHP Online System – AHP–OS) من خلال الموقع الالكتروني (https://bpmsg.com/ahp) وجدول (5) .

2-5 بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات (FHI) :

تم بناء أنموذج (موديل) شكل (2) لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة في برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.4.1) من خلال الأداة (Model) وبالاعتماد على المعايير العشرة التي تم تحديدها سابقاً وذلك لغرض تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة كما تم استعمال المعادلة أدناه في بناء أوزان درجات الخطورة في كل طبقة مدخلة في النموذج . (Napolitano and Fabbri, 1996)

$$FHI = \sum_{i-1}^{n} WiRi$$

حيث ان FHI تمثل مؤشر مخاطر الفيضانات و n عدد الطبقات و Wi وزن كل طبقة و Ri درجة خطورة الطبقات ، ويتم تطبيق المعادلة أعلاه على وفق الصيغة أدناه جدول (8) .

مؤشر تحديد مناطق مخاطر الفيضانات (FHI) = (وزن الامطار x درجة خطورة الامطار + وزن قوة دفع التيار المائي x درجة خطورة قوة دفع التيار المائي + وزن الانحدار x درجة خطورة الانحدار + وزن كثافة الشبكة المائية x درجة خطورة كثافة الشبكة المائية + وزن المسافة بين المجاري المائية x درجة خطورة المسافة بين المجاري المائية + وزن الارتفاع x درجة خطورة الارتفاع + وزن التربة x درجة خطورة التربة + وزن الصخارية x درجة خطورة الصخارية + وزن أغطية واستعمالات الارض x درجة خطورة أغطية واستعمالات الارض) .

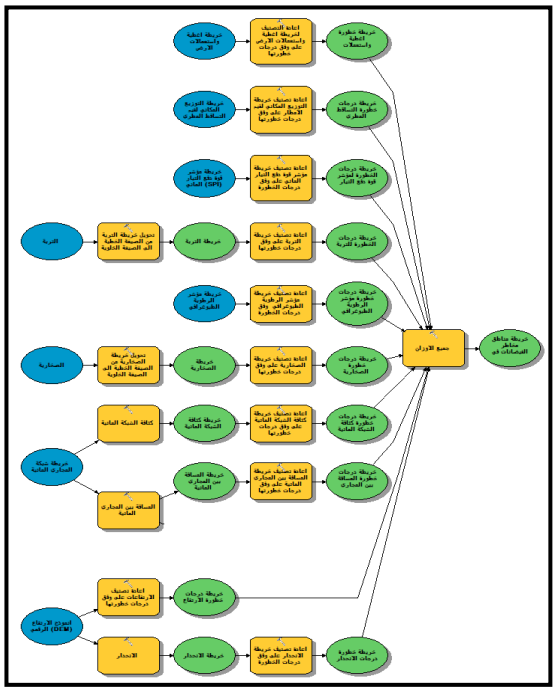
ومن اجل تقيم تأثير كل طبقة على مؤشر الضعف ، لابد ان يتم اجراء تحليل نهائي لحساسية الطبقة الواحدة بدرجات خطورتها ، وقد تم اجراء تحليل الحساسية للقيم الرقمية المخصصة لكل طبقة وذلك لغرض استبدال الأوزان العشوائية التي تم استعمالها في عملية التسلسل الهرمية (AHP) بأوزان فعلية من خلال استعمال المعادلة أدناه (Napolitano and Fabbri, 1996) .

$$W = \frac{(Pr \times pw)}{V} \times 100$$

حيث ان W تمثل الأوزان الفعلية و Pr درجة خطورة و Pw وزن كل طبقة و V هو مؤشر الضعف النتائج عن تطبيق صيغة معادلة (FHI) . وبعد ذلك يتم استعمال الأوزان الفعلية في بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات الجدولين (8،9) ، من خلال تحويل متوسط الوزن الفعال لتحليل حساسية الخطورة الى مقياس من خمسة مراتب يوضح درجات الخطورة .

شكل (2)

الأنموذج المفاهيمي الخاص بتحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة بصيغة المصفوفة العلائقية



المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.4.1) .

جدول (8)

وزن درجة الخطورة لكل معيار داخل في بناء أنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة

المعيار	وحدة القياس	الوزن (%)	درجة الخطورة	وزن درجة الخطورة
الامطار	ملم	18.2	1	18.2
			2	36.4
			3	54.6
			4	72.8
			5	91
قوة دفع التيار المائي (SPI)	-	18.2	3	54.6
			4	72.8
			5	91
الانحدار	درجة	9.1	5	45.5
			4	36.4
			3	27.3
			2	18.2
			1	9.1
كثافة الشبكة المائية	كم2	9.1	1	9.1
			2	18.2
			3	27.3
			4	36.4
			5	45.5
المسافة بين المجاري	م	9.1	5	45.5
			4	36.4
			3	27.3
			2	18.2
			1	9.1
الارتفاع	م	9.1	5	45.5
			4	36.4
			3	27.3
			2	18.2
			1	9.1
التربة	صنف	9.1	3	27.3
			4	36.4
			5	45.5
الصخارية	صنف	9.1	2	18.2
			5	45.5

المعيار	وحدة القياس	الوزن (%)	درجة الخطورة	وزن درجة الخطورة
أغطية واستعمالات الارض	صنف	4.5	5	22.5
			4	18
			3	13.5
			2	9
مؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI)	مستوى	4.5	1	4.5
			2	9
			3	13.5
			4	18
			5	22.5

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدولين (2 ، 7) ومعادلة (FHI) .

جدول (9) إحصائيات تحليل حساسية الأوزان الفعلية

المعيار	ادنى قيمة	اعلى قيمة	المتوسط	الانحراف المعياري
الامطار	4.49	36.40	15.62	6.18
قوة دفع التيار المائي (SPI)	12.01	30.79	17.16	2.99
الانحدار	5.41	18.19	12.53	1.19
كثافة الشبكة المائية	2.24	13.34	6.55	1.99
المسافة بين المجاري المائية	2.38	15.16	8.16	2.65
الارتفاع	2.35	17.56	10.04	2.76
التربة	6.67	19.24	12.08	1.46
الصخارية	4.39	15.88	10.87	2.78
أغطية واستعمالات الارض	1.99	8.53	4.24	1.42
مؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI)	0.99	7.17	2.75	1.19

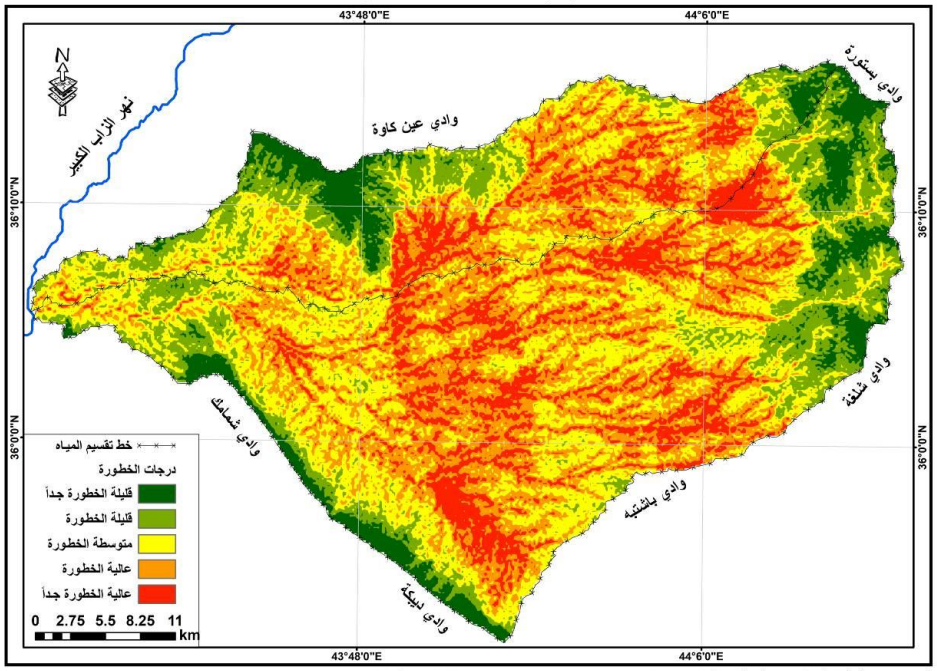
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط (5، 7، 9 ،11 ، 13، 15 ،17، 19،21، 23) ومعادلة الأوزان الفعلية (W) .

3- النتائج (Results) :

بعد ان تم تحديد المعايير(الطبقات) الداخلة في تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة وكذلك تحديد الأوزان لها ودمج خرائط المعايير(الطبقات) بعد إعادة تصنيفها على وفق درجات خطورتها والتي هي الارتفاع ، والانحدار ، ومؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) ، وقوة دفع التيار المائي (SPI) ، وكثافة الشبكة المائية ، والمسافة بين المجاري المائية ، والامطار، والصخارية، والتربة ، وأغطية واستعمالات الارض تم الحصول على الخريطة النهائية لمناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة ، اذ يتبين من خريطة (24) ان منطقة الدراسة تحتوي على جميع درجات الخطورة إلا انها بمساحات ونسب متباينة فقد احتلت مناطق متوسطة الخطورة اكبر مساحة وذلك بواقع (529.29 كم^2) وبنسبة (31.47%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة الكلية ، وبلغت في حوض وادي الزرجي (167.73 كم^2) وبنسبة (32.54%) من مجموع مساحة الحوض بينما بلغت في حوض وادي كوردرة (361.56 كم^2) وبنسبة (31.00%) من مجموع مساحة الحوض ، بينما شكلت المناطق القليلة الخطورة جداً اقلها مساحة وذلك بواقع (159.58 كم^2) وبنسبة (9.49%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة الكلية ، وكانت في حوض وادي الزرجي (54.07 كم^2) وبنسبة (10.50%)

من مجموع مساحة الحوض ، بينما بلغت مساحات المناطق العالية الخطورة والعالية الخطورة جداً والقليلة الخطورة (506.45 ، 261.46 ، 224.92 كم^2) وبنسب (30.12 ، 15.55 ، 13.37 %) من مجموع مساحة منطقة الدراسة الكلية على التوالي، وبلغت في حوض وادي الزرجي (137.87 ، 73.35 ، 82.38 كم2) وبنسب (26.75 ، 14.23 ، 15.98%) من مجموع مساحة الحوض الكلية على التوالي ، في حين كانت في حوض وادي كوردرة (368.58 ، 188.11 ، 142.54 كم^2) وبنسب (31.60 ، 16.13 ، 12.22 %) من مجموع مساحة الحوض الكلية على التوالي جدول (10) .

خريطة (٢٤) مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة



المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط (٥ ، ٧ ، ٩ ، ١١ ، ١٣ ، ١٥ ، ١٧ ، ١٩ ، ٢١ ، ٢٣) وجدول (٩) .

جدول (10)

صنف الخطورة ومساحتها ونسبتها المئوية في حوض واديي الزرجي وكوردرة

ت	حوض وادي الزرجي			حوض وادي وكوردرة			المساحة الكلية لصنف الخطورة	النسبة المئوية للمساحة الكلية لصنف الخطورة
	صنف الخطورة	المساحة	النسبة المئوية	صنف الخطورة	المساحة	النسبة المئوية		
1	قليلة الخطورة جداً	54.07	10.50	قليلة الخطورة جداً	105.51	9.05	159.58	9.49
2	قليلة الخطورة	82.38	15.98	قليلة الخطورة	142.54	12.22	224.92	13.37
3	متوسطة الخطورة	167.73	32.54	متوسطة الخطورة	361.56	31.00	529.29	31.47
4	عالية الخطورة	137.87	26.75	عالية الخطورة	368.58	31.60	506.45	30.12
5	عالية الخطورة جداً	73.35	14.23	عالية الخطورة جداً	188.11	16.13	261.46	15.55
	المجموع	515.41	100.00		1166.30	100.00	1681.71	100.00

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (24) .

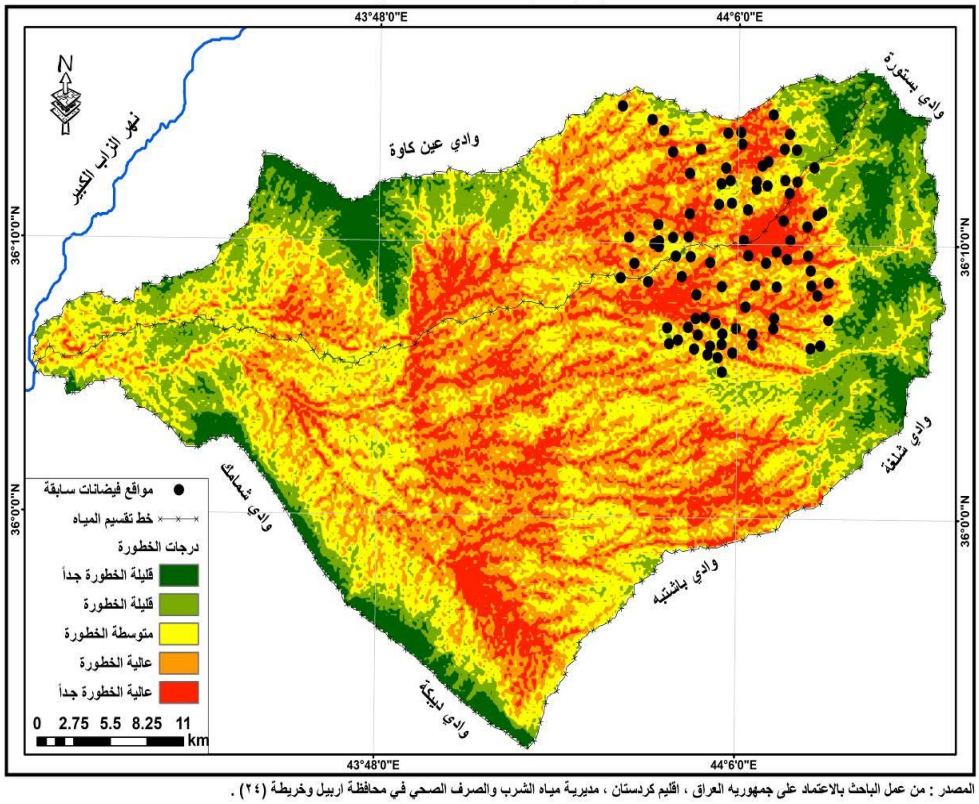
4- التحقق من صحة نتائج الأنموذج (Validation) :

تعد عملية التأكد من دقة صحة النتائج أمر غاية في الأهمية وذلك لغرض التعرف على موثوقية الأنموذج المستعمل لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات من خلال مقارنة نتائج الأنموذج مع مواقع الفيضانات التي حصلت سابقاً في منطقة الدراسة ، اذ تم الاعتماد على الطرق الإحصائية في قياس مدى دقة نموذج (FHI) وموثوقيته ، وقد تم الحصول على بيانات (87) موقع حدثت فيه الفيضانات في منطقة الدراسة لتكون (35) موقعاً للفيضانات العالية الخطورة جداً و(29) موقعاً للفيضانات العالية الخطورة و(23) موقعاً للفيضانات المتوسطة الخطورة خريطة (25) ، كما استعمل برنامج (Arc GIS 10.4.1) في توقيع تلك المواقع على خريطة مناطق مخاطر الفيضانات واجري عليها مجموعة من العمليات لغرض معرفة مواقع تلك الفيضانات ودرجة تكرارها وتلخيص نتائجها من خلال الأدوات (value to point) و (frequency) و(pivot table) ضمن صندوق أدوات (Arctoolbox) وتم تطبيق المعادلة أدناه لحساب دقة نموذج (FHI) (Sreelekha and Reddy, 2019) .

$$\text{الدقة الاجمالية} = \frac{\text{(مجموع العناصر القطرية)}}{\text{العدد الكلي لوحدات العينة}} \times 100$$

وتصنف درجة الدقة من (0.9 – 1) ممتازة ومن(0.8 – 0.9) جيده جداً ومن (0.7 – 0.8) جيدة ومن (0.6 – 0.7) متوسطة ومن (0.5 – 0.6) ضعيفة (Liu et al., 2021) . وبعد تطبيق المعادلة أعلاه على البيانات تبين بأن دقة نموذج (FHI) بلغت (91.95%) ، وبحسب التصنيف أعلاه فأن النموذج هو ذو دقة ممتازة جدول (11) .

خريطة (٢٥) مواقع الفيضانات الماضية في منطقة الدراسة



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على جمهوريه العراق ، اقليم كردستان ، مديرية مياه الشرب والصرف الصحي في محافظة اربيل وخريطة (٢٤) .

جدول (11)

عدد مواقع الفيضانات وعدد الأخطاء ودقة كل صنف والدقة الإجمالية لنموذج تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة

ت	الصنف	عالية الخطورة جداً	عالية الخطورة	متوسطة الخطورة	المجموع	عدد الأخطاء	نسبة دقة الصنف	الدقة الإجمالية
1	عالية الخطورة جداً	32	3	0	35	3	91.43	
2	عالية الخطورة	0	27	2	29	2	93.10	91.95
3	متوسطة الخطورة	0	2	21	23	2	91.30	

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (25) ومعادلة الدقة الإجمالية.

5- المناقشة (Discussion) :

ان المنهجية التي تم استعمالها لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة لها القدرة على ان تكون إستراتيجية فعالة للتنبؤ بتحديد مناطق مخاطر الفيضانات ، فضلاً عن ذلك فإن طريقة التحقق من صدق النتائج والمعتمدة على الفيضانات التي حدثة سابقاً زادة من أهمية النموذج في التطبيق . ووفقاً لنتائج البحث فأن الارتفاع والانحدار والمسافة بين المجاري المائية وقوة دفع التيار المائي (SPI) كانت ذات تأثير عكسي في تحديد مناطق مخاطر الفيضانات ، في حين التساقط المطري وكثافة المجاري المائية ومؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) كانت مرتبطة بشكل ايجابي بتحديد مناطق مخاطر الفيضانات بينما كانت أغطية واستعمالات الارض والصخارية والتربة تعتمد على درجة النفاذية في تحديد مناطق مخاطر الفيضانات .

ويعد الارتفاع من العوامل التي لها تأثر في تحديد مناطق الفيضانات ويتراوح ارتفاع سطح منطقة الدراسة بين(206 – 1087م) فوق مستوى سطح البحر وتكون المناطق المنخفضة عادة أكثر عرضة للفيضانات ومن ثم فان المناطق الوسطى والغربية من منطقة الدراسة هي الأكثر عرضة للفيضانات بسبب وجود ادنى ارتفاع لها والذي يتراوح مابين (206 –465.1 م) فوق مستوى سطح البحر . وتعد الانحدارات ذات تأثير كبير على حدوث الفيضانات وتتراوح انحدارات منطقة الدراسة بين (0 – 20.0051) درجة فالمناطق التي يقل انحدارها عن (10) درجات هي أكثر المناطق عرضة لمخاطر الفيضانات وتنتشر في معظم منطقة الدراسة بينما الأجزاء الشرقية تكون اقل خطورة بالفيضانات بسبب ارتفاع الانحدار فيها . وقد أشارت قراءات مؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) ان المناطق الأكثر عرضة لمخاطر الفيضانات تتراوح قيمها بين (12.34 – 23.37) والتي تقع بالقرب من المجاري المائية ذات المناطق المنبسطة والواقعة في الأجزاء الوسطى والجنوبية من منطقة الدراسة وبذلك فأن القيم الأعلى لمؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) هي أكثر المناطق التي تتعرض الى حدوث الفيضانات بسبب تشبع التربة بالمياه مما يزيد من احتمالية حدوث الفيضانات . وتراوحت قيم قوة دفع التيار المائي (SPI) بين (0 – 3718387) والتي تشير الى ان المجاري المائية التي تصنف بأنها مناطق شديدة التعرض للفيضانات وان قيم قوة دفع التيار المائي (SPI) تتناسب تناسباً عكسياً مع الفيضانات اذ ان القيم الأدنى لهذا المؤشر تشير حدوث فيضانات شديدة والتي تنتشر في المناطق المستوية وذات الانحدارات القليلة والارتفاعات المنخفضة في منطقة الدراسة . وتعد كثافة الشبكة المائية عاملاً أخر يرتبط ارتباطاً مباشرة في حدوث الفيضانات لأنها تزيد من التدفق المائي وتراوحت بين (0 – 9.05) كم^2/كم في منطقة الدراسة كما ان القيم التي تزداد عن (5.01) كم^2/كم تكون أكثر عرضة للفيضانات والتي تنتشر في مناطق متفرقة من منطقة الدراسة وتعد المسافة بين المجاري المائية عاملاً آخر من العوامل التي تؤثر على حدوث الفيضانات وتم تحديد المناطق التي تبعد من (0 – 100 م) على انها مناطق شديد التعرض للفيضانات في حين أظهرت المناطق التي تبعد (500 م) عن المجاري المائية اقل تعرضاً لمخاطر الفيضانات . ان التساقط المطري عاملاً أساسياً في حدوث الفيضانات اذ يتراوح تساقط الامطار في منطقة الدراسة بين (303.73 – 542.22 ملم) ويكون تساقط الامطار في الأجزاء الشرقية أكثر من الأجزاء الغربية والوسطى والجنوبية في حين ان الأجزاء الوسطى والغربية أكثر عرضة للفيضانات من الأقسام الشرقية لكون المنطقة الشرقية هي منطقة جبلية مما تكون اقل تعرضاً للفيضانات بسبب خصائصها الطبوغرافية والجيومورفولوجية وتعد الصخارية احد العوامل التي تؤثر على حدوث الفيضانات اذ ان المناطق الوسطى والجنوبية والغربية أكثر عرضة للفيضانات بسبب النفاذية القليلة بينما المناطق الشرقية

تكون اقل عرضة للفيضانات بسبب نفاذيتها العالية . وتؤثر التربة على حدوث الفيضانات من خلال درجة نفاذيتها وقد تم تحديد أنواع الترب في الأجزاء الوسطى والغربية من منطقة الدراسة على انها شديدة التأثر بالفيضانات بسبب نفاذيتها القليلة . اما أغطية واستعمالات الارض فأنها عاملاً مهماً في التأثير على حدوث الفيضانات وفي منطقة الدراسة صنفت المناطق العمرانية وطرق النقل بأنها أكثر عرضة لحدوث الفيضانات في حين كانت المناطق التي تحتوي على غطاء نباتي بأنها اقل تعرضاً لمخاطر الفيضانات .

ووفقاً للأوزان التي تم تحديدها على وفق طريقة (AHP) قد أعطت لعامل الامطار وقوة دفع التيار المائي (SPI) أهمية متساوية في التأثير على تحديد مناطق مخاطر الفيضانات في حين أعطت للانحدار وكثافة المجاري المائية والمسافة بين المجاري المائية والارتفاع والتربة والصخارية أهمية متساوية وأغطية واستعمالات الارض ومؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) أهمية متساوية في التأثير، على عكس الأوزان التي تم استعمالها على وفق تحليل الحساسية فأنها أعطت لكل عامل أهمية تختلف على العامل الأخر لذلك فأن القيم التي تم إدخالها في بناء مؤشر (FHI) على وفق تحليل الحساسية تكون أكثر دقة من طريقة (AHP) .

6- الاستنتاجات (Conclusions) :

يعد تحديد مناطق مخاطر الفيضانات احد أكثر الأساليب المثلى والفعالة للتقليل من أضرار الفيضانات الخطرة جداً اذ يمكن اعتبارها عنصراً أساسياً في إستراتيجية إدارة الفيضانات ، وقد تنبأت هذه الدراسة وحددت مناطق مخاطر الفيضانات بمستوى عالي من الدقة وبالاعتماد على طريقة (AHP) مع استعمال تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، اذ تم اختيار عشرة متغيرات لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات في منطقة الدراسة وهي الارتفاع ، والانحدار ، ومؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) ، وقوة دفع التيار المائي (SPI) ، وكثافة الشبكة المائية ، والمسافة بين المجاري المائية ، والامطار ، والصخارية ، والتربة ، وأغطية واستعمالات الارض. وأظهرت نتائج مؤشر (FHI) ان منطقة الدراسة تحتوي على جميع درجات الخطورة إلا انها بمساحات ونسب متباينة فقد احتلت مناطق متوسطة الخطورة اكبر مساحة وذلك بواقع (529.29 كم^2) وبنسبة (31.47%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة الكلية ، بينما شكلت المناطق القليلة الخطورة جداً اقلها مساحة وذلك بواقع (159.58 كم^2) وبنسبة (9.49%) من مجموع مساحة المنطقة ، بينما بلغت مساحات المناطق العالية الخطورة والعالية الخطورة جداً والقليلة الخطورة (506.45 ، 261.46 ، 224.92 كم^2) وبنسب (30.12 ، 15.55 ، 13.37 %) من مجموع المساحة الكلية على التوالي . وقد كشف التحليل الإحصائي لصحة دقة نموذج (FHI) انها بلغت (91.95%) مما يعني ذلك بان نتائج الأنموذج ذات دقة ممتازة والذي يمكن اعتماده من قبل أصحاب القرار للتقليل من أضرار الفيضانات والسيطرة عليها في منطقة الدراسة .

المصادر :

جمهورية العراق، اقليم كردستان، وزارة التخطيط، مديرية إحصاء محافظة اربيل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية. (2023). *الخريطة الادارية لمحافظة اربيل*، ملفات رقمية غير منشورة .

جمهورية العراق، اقليم كردستان، وزارة التخطيط. (2002-2021). *البيانات المناخية لمحطات اربيل، صلاح الدين، خبات، كويه ، مخمور*.

جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهياة العامة للمساحة. (1982). *الخريطة الطبوغرافية للوحة اربيل(J-38-SW)*، بمقياس 1:100000 .

جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهياة العامة للمساحة. (2002). *الخريطة الطبوغرافية للوحة كلك(J-38-T-SE)*، بمقياس 1:100000 .

العتبي ، سامي عزيز عباس، و الطائي ، أياد عاشور. (2012). *الإحصاء والنمذجة في الجغرافيا*. بغداد: مكتبة أكرم للطباعة .

عيد، حمدي نبيه. (2023). النمذجة المكانية المتعددة المعايير لتقييم حساسية منحدرات هضبة المعازة للانهيارات الارضية بين مروحتي واديي الاحايوة وعمار شرق سوهاج . *المجلة الجغرافية العربية*: 54(81):225-274.

القصاب ، عمر عبد الله إسماعيل. (2021). *تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في النمذجة الخرائطية لاستعمالات الارض قضاء سهل اربيل أنموذجاً* ، أطروحة دكتوراه غير منشورة. كلية التربية للعلوم الانسانية. جامعة الموصل. العراق.

References:

Al-Qassab, O. A. (2021). *Integration of Geographic Information Systems and Remote Sensing in Cartographic Modeling of Land Use, Erbil Plain District as a Model*, PhD thesis, unpublished, College of Education for the Humanities, University of Mosul.

Al-Atabi, S. A. A. & Al-Taie. I. A.(2012). *Statistics and Modeling in Geography*, Akram Printing Library, Baghdad, Iraq.

Abedini, M. , Ghasemyan B. and Mogaddam , M. H. R. (2017*). Landslide susceptibility mapping in Bijar city, Kurdistan Province, Iran: a comparative study by logistic regression and AHP models*, Environ Earth Sci ,76,308, p1-14.

Allafta, H.and Opp, C. (2021). *GIS-based multi-criteria analysis for flood prone areas mapping in the trans-boundary Shatt Al-Arab basin, Iraq-Iran*. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 12, p2087-2116.

Argaz, A., Ouahman, B., Darkaoui, A., Bikhtar, H., Ayouch, E.and Lazaar, R. (2019). *Flood Hazard Mapping Using remote sensing and GIS Tools: A case study of Souss Watershed*. Journal Materials and Environment Science, 10, p 170-181.

Chakrabortty, R., Chandra Pal, S., Rezaie, F., Arabameri, A., Lee, S., Roy, P., Saha, A., Chowdhuri, I.and Moayedi, H. (2021). *Flash-flood hazard susceptibility mapping in Kangsabati River Basin, India*. Geocarto International, p1-23.

Das, S. (2020) *Flood susceptibility mapping of the Western Ghat coastal belt using multi-source geospatial data and analytical hierarchy process (AHP)*. Remote Sensing Applications, Society and Environment, 20, 100379.

Das, S.and Gupta, A. (2021). *Multi-criteria decision based geospatial mapping of flood susceptibility and temporal hydro-geomorphic changes in the Subarnarekha basin*, India, Geoscience Frontiers, 12, 101206 , p3-15.

22. Eid, H. N.(2023) *Multi-Criteria Spatial Modeling to Assess the Sensitivity of the Slopes of the Ma'aza Plateau to landslides between the Al-Ahaywa and Ammar Valley Fans, East of Sohag,* Arab Geographical Journal, Volume 54, Issue 81-2023, pp. 225-274.

Islam, A. R. M. T., Talukdar, S., Mahato, S., Kundu, S., Eibek, K. U., Pham, Q. B., Kuriqi, A.and Linh, N. T. T.(2021). *Flood susceptibility modelling using advanced ensemble machine learning models*. Geoscience Frontiers, 12, 101075, p 1-18.

Lappas, I.and Kallioras, A. (2019). *Flood susceptibility assessment through GIS-based multi-criteria approach and analytical hierarchy process (AHP) in a river basin in Central Greece*, International Resources Journal, P 738 – 751.

Liu, J., Xiong, J., Cheng, W., Li, Y., Cao, Y., He, Y., Duan, Y., He, W.and Yang, G. (2021) *Assessment of flood susceptibility using support vector machine in the belt and road region*. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, p1-37.

Meles, M.B.; Younger, S.E.; Jackson, C.R.; Du, E.; Drover, D. (2020). *Wetness index based on landscape position and topography (WILT): Modifying TWI to reflect landscape position*. J. Environ. Manag. 255, 109863, p 1- 9 .

Napolitano, P., Fabbri, A., (1996) *Single-parameter sensitivity analysis for aquifer vulnerability assessment using DRASTIC and SINTACS.IAHS Publ.-Ser*. Proc. Rep.-Intern Assoc Hydrol. Sci.235, p 559–566.

Buringh,(1960) *Soiland Soils conditions in Iraq Wageningen* , H, Veenman and ZonenN , V , Map , Scale , 1:1000000.

Penki, R. (2022).*Application of Geographical Information System-Based Analytical Hierarchy Process Modeling for Flood Susceptibility Mapping of Krishna District in Andhra Pradesh*. Research Square, p 1 – 23 .

Saaty,T.L.(2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. Int. J. Services Sciences, 1, P 83 – 98 .

Republic of Iraq, Ministry of Water Resources General Authority of Survey, (1982).*Topographic Map of Erbil (J-38-SW)*, scale 1:100,000.

Republic of Iraq, Ministry of Water Resources, General Authority of Survey, (2002) *Topographic Map of Kalak Plate (J-38-T-SE)*, scale 1:100000.

Republic of Iraq, Kurdistan Region, Ministry of Planning, *Climate Data for Erbil, Salah al-Din, Khabat, Koya, and Makhmur Stations for the period 2002-2021*.

Republic of Iraq, Kurdistan Region, Ministry of Planning, Erbil Governorate Statistics Directorate, Geographic Information Systems Division,(2023).*Administrative Map of Erbil Governorate, unpublished digital files.*

Sissakian, V.; Fouad, S. (2015). *Geological Map of Iraq, Scale 1: 1,000,000, 4th EDITION, 2012* , Papers of the Scientific Geological Conference Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 11, 1 ,p9-16.

Sreelekha, M., and Reddy,S,. N.(2019). *Accuracy Assessment of Supervised and Unsupervised Classification using NOAA Data in Andhra Pradesh Region*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 8,12 , p60-64.

Tabarestani, E. S.and Afzalimehr, H. (2021).*A Comparative Assessment of Multi-criteria Decision Analysis for Flood Susceptibility Modeling*. Research Square, p 1- 39

Tang, X., Li, J., Liu, M., Liu, W.and Hong, H. (2020). *Flood susceptibility assessment based on a novel random Naïve Bayes method: A comparison between different factor discretization methods*. Catena, 190, 104536.

Tehrany, Kumar, L.and Shabani, F. (2019) *A novel GIS-based ensemble technique for flood susceptibility mapping using evidential belief function and support vector machine*: Brisbane, Australia. PeerJ, 7, e7653,p 1-32.

Ullah, K.and Zhang, J. (2020). *GIS-based flood hazard mapping using relative frequency ratio method: A case study of Panjkora River Basin*, eastern Hindu Kush, Pakistan. Plos one, 15, e0229153, p 1 – 18 .

Vojtek, M.and Vojteková, J. (2019). *Flood susceptibility mapping on a national scale in Slovakia using the analytical hierarchy process*. Water, 11, 364, P 1 – 17 .

Zzaman, R. U., Nowreen, S., Billah, M.and Islam, A. S. (2021). *Flood hazard mapping of Sangu River basin in Bangladesh using multi-criteria analysis of hydro-geomorphological factors*. Journal of Flood Risk Management, e12715.

SRTM. *http://dwtkns.com/srtm30m*. Retrieved 11 15, 2023.

Landsat8. *https://earthexplorer.usgs.gov*. Retrieved 12 9, 2023.

AHP. *https://bpmsg.com/ahp*. Retrieved 1 13, 2024.

ملحق (1)

الاستبانة المعتمدة في البحث

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ميسان / كلية التربية

قسم الجغرافية

م / استبانة

المحكم الكريم ...

الاستبانة التي بين يديك هي لأغراض علمية بحته ، تخص دراسة بحث علمي حول **(النمذجة الخرائطية لتحديد مناطق مخاطر الفيضانات لحوضي واديي الزرجي وكوردرة في محافظة اربيل باستعمال طريقة تحليل متعددة المعايير AHP)** .

يرجى من جنابكم الكريم الإجابة عن الأسئلة الواردة في الاستبانة من خلال التأشير على واحدة من مقياس الأهمية لكل معيار بما ترونه مناسباً على وفق خبرتكم العلمية ، مع وافر الشكر والتقدير لجميل تعاونكم وسرعة الاستجابة .

الباحث

المعايير	مقياس الأهمية				
	قليلة	متوسطة	كبيرة	كبيرة جداً	مطلقة
الارتفاع					
الانحدار					
أغطية واستعمالات الارض					
الصخارية					
التربة					
الامطار					
المسافة للمجاري المائية					
كثافة الشبكة المائية					
الرطوبة الطبوغرافية (TWI)					
قوة التيار المائي (SPI)					

ملحق (2)

نتائج عمليات التسلسل الهرمي (AHP)