

استخدام الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) في تحليل قابلية تعرض الأراضي لمخاطر الفيضان. حالة دراسية: مدينة اربد

Using Artificial Neural Network (ANN) to analyze land vulnerability to flood risk. Case study: Irbid city

سامر النوايسة¹، رهاف كليب^{2*}

¹ جامعة اليرموك (الأردن)، s_nawaiseh@yu.edu.jo

² rahaf.adndn.kuliab@gmail.com

تاريخ القبول : 2024/02/11

تاريخ الاستلام : 2024/01/30

ملخص: هدفت هذه الدراسة إلى إعداد خرائط مخاطر الفيضانات في مدينة اربد، لسنة 2022 وتحديد الأماكن الأكثر عرضة للفيضان. وتمذجة مخاطر الفيضانات باستخدام الشبكة العصبية الاصطناعية للتنبؤ المستقبلي. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي؛ لتحديد وتحليل العوامل المؤثرة في حدوث الفيضان خلال الفترة الدراسة، وذلك باستخدام طريقة الأوزان المركبة وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية Arc Gis، والاستعانة ببرنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) لبناء نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية والوصول إلى خريطة مخاطر الفيضانات المستقبلية. وتوصلت الدراسة بأن مدينة اربد ستشهد مستقبلاً من خلال التحليل الشبكة العصبية الاصطناعية خطر مرتفع جداً للفيضان في وسط المدينة وذلك بمساحة 1.2 كم² ونسبة (3.4%)، في حين سيحدث توسع للمناطق ذات الخطر المرتفع لتشمل مساحات شمالية، وشمالية شرقية، وشمالية غربية، وجنوبية وجنوبية شرقية بشكل كبير وذلك بمساحة 27.3 كم² ونسبة (74.4%)، في حين تمثل المناطق الجنوبية الغربية والشمالية الغربية خطر متوسط وتطوره على حساب الخطر المنخفض وذلك بمساحة 8.2 كم² ونسبة (22.3%)، بينما مناطق الخطر المنخفضة في شمال الغربي للمدينة يتقلص بشكل كبير. وخلصت الدراسة إلى تميز الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) بدقة تنبؤية مرتفعة لمخاطر الفيضانات.

الكلمات المفتاحية: الفيضان؛ المخاطر؛ الشبكة العصبية الاصطناعية؛ الأوزان المركبة؛ مدينة اربد.

Abstract : This study aimed to prepare flood risk maps in the city of Irbid for the year 2022 and identify the places most vulnerable to flooding. Flood risk modeling using artificial neural network for future forecasting. The study used the descriptive analytical method. To identify and analyze the factors influencing the occurrence of floods during the study period, using the composite weights method and the Arc Gis geographic information system program, and using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) program to build an artificial neural network model and access a map of future flood risks. The study concluded that, through artificial neural network analysis, the city of Irbid will witness a very high risk of flooding in the city center in the future, with an area of 1.2 km² and a rate of (3.4%), while the areas with high risk will expand to include northern, northeastern, northwestern, and southern areas. It is largely southeastern, with an area of 27.3 km² and a rate of (74.4%), while the southwestern and northwestern regions represent a medium risk and its development at the expense of low risk, with an area of 8.2 km² and a rate of (22.3%), while the low risk areas in the northwest of the city are shrinking. Significantly. The study concluded that the artificial neural network (ANN) has high predictive accuracy for flood risks.

Keywords : The Flood; Risks; Artificial Neural Network; Compound weights; Irbid city.

مقدمة :

تعد الفيضانات من الكوارث الطبيعية التي تسبب خسائر مادية وبشرية كبيرة. وهي تعرف على أنها زيادة كبيرة في معدل الجريان السطحي تزيد على قدرة استيعاب قنوات الأنهار، والأودية لكمية التصريف، إذ تغطي المياه على جوانب المناطق المجاورة، ومصدر المياه؛ هو الأمطار أو ذوبان الثلوج أو الأتبان معاً، ويتكرر حدوث الفيضانات في المناطق التي تجتمع فيها عوامل تساعد على زيادة الجريان السطحي (غانم، 1991).

وتعتبر مدينة اربد من المدن التي شهدت تطورات عديدة، من حيث عدد السكان والتوسع العمراني الأمر الذي ساهم في تغير استعمالات الأراضي وتحويلها إلى أراضٍ غير منفذة لمياه الأمطار والتي تؤدي إلى زيادة سرعة تشكل الفيضان في المدينة (بلدية اربد الكبرى، 2021). حيث أشارت دراسة قامت بها بلدية اربد الكبرى بالتعاون مع الاتحاد السويسري والأمم المتحدة (2022) عن التخطيط الحضري والبنية التحتية في سياقات الهجرة، والتي أشارت إلى أن عدد سكان مدينة اربد شهد ارتفاعاً جراء تدفق اللاجئين السوريين، وبالتالي ارتفاع الضغط على البنية التحتية، ومع وجود هذا التطور في المدينة، يوجد العامل المناخي الذي يلعب أيضاً دوراً في حدوث الفيضانات، حيث تتأثر بعوامل تقلبات المناخ، فالتغيرات المناخية تعد مسؤولة عن حدوث ظواهر مثل الأمطار الشديدة وبتكرار غير مسبوق، وفي مواسم غير اعتيادية. أما التقلبات المناخية السريعة مسؤولة في معظم الحالات عن حدوث الفيضانات الشتوية والتي تؤدي إلى غمر أجزاء من المدينة، حيث يتراوح معدل الأمطار السنوي ما بين 200-420 ملم (دائرة الأرصاد الجوية، 2022).

وتعددت الدراسات السابقة التي تناولت أحد جوانب الموضوع، كما تعدد المناهج والطرق المستخدمة في تحليل مخاطر الفيضانات، ومنها دراسة خضر (2021) التي عملت على تقييم مخاطر الفيضان لحوض كارديم في شمال العراق حسب طريقة تحليل متعدد المتغيرات، ودراسة Khawaronesa et al (2021) التي سعت إلى تقييم القابلية للفيضانات في مدينة كيلونغ، تايبان باستخدام نموذج GANN المستند إلى الشبكة العصبية للانتشار الخلفي، ودراسة درادكه (2020) التي عملت على تقييم احتمالية زيادة مخاطر تشكل السيول في محافظة اربد باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، ودراسة Qing et al (2020) التي تطرقت إلى تطوير نموذج الشبكة العصبية الاصطناعي العكسي للتنبؤ بأقصى درجات غمر الفيضانات في منطقة كولمباخ-ألمانيا، ودراسة Abhijit and Prodipto (2014) التي سعت إلى بناء نموذجاً للتنبؤ بالفيضانات FPM للتنبؤ بالفيضان في الأنهار مانو في الهند باستخدام نهج الشبكة العصبية الاصطناعية، ودراسة محبوب (2014) التي استخدمت نماذج بوكس-جينكز ونماذج الشبكات العصبية للتنبؤ بكمية فيضان نهر النيل، وتشابه هذه الدراسة مع الدراسات السابقة من حيث بعض العوامل المؤثرة في حدوث الفيضان وبالأخص العوامل المناخية والطبوغرافية، بالإضافة إلى طرق تقييم نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية باستخدام متوسط مربع الأخطاء MSE كما هو الحال مع دراسة Qing، إلا أن ما يميز هذه الدراسة بأنها من الدراسات الحديثة التي استخدمت نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية والأوزان المركبة في التنبؤ بمخاطر الفيضانات في مدينة اربد، بالإضافة إلى تقييم دقة نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية بعدة مقاييس وهي (MAD, MAPE, MSD, RMSE) ومعامل التحديد R^2 والتي أثبتت نتائج هذه الدراسة مدى دقة نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية في التنبؤ في مخاطر الفيضانات في مدينة اربد.

وعلى ضوء ذلك جاءت هذه الدراسة لإعداد خرائط مخاطر الفيضانات في مدينة اربد، لسنة 2022 وتحديد الأماكن الأكثر عرضة للفيضان. ونمذجة مخاطر الفيضانات باستخدام الشبكة العصبية الاصطناعية للتنبؤ المستقبلي. بالاعتماد على تحليل العوامل التي تسهم في زيادة حدة الفيضان وتحليلها باستخدام الأوزان المركبة وإعطاء أوزان لها. ومن ثم تحديد درجة خطورة الفيضان. بالإضافة إلى بناء نموذج يحاكي الوضع المستقبلي لمخاطر الفيضانات في المدينة باستخدام أحدث الأساليب الإحصائية والتقنية الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN). حيث تعكس الشبكة العصبية الاصطناعية صورة مستقبلية لمخاطر الفيضان ناتجة عن شبكة متداخلة من الطبقات. وذلك لتفادي حدوث الأضرار المادية والمعنوية، والسيطرة قدر الإمكان على خطورة الفيضان وعدم تحوله إلى كارثة.

1. الطريقة والأدوات:

استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي؛ لتحديد وتحليل العوامل المؤثرة في حدوث الفيضان خلال سنة 2022، وذلك باستخدام طريقة الأوزان المركبة وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.8)، والاستعانة ببرنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) لبناء نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية والوصول إلى خريطة مخاطر الفيضانات المستقبلية. وفيما يلي معادلة الأوزان المركبة (Saaty T. , 1977)

$$w_i = \sum_{i=1}^n p_{ij} / (\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n p_{ij}) \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن:

Wi: وزن العامل. n: عدد العوامل. i: العامل. Pij: الأهمية النسبية.

ومن ثم بعد إعطاء وزن لكل عامل يتم استخدام أداة تراكيب الطبقات Weighted Overlay للحصول على خريطة نهائية لمخاطر الفيضانات .

ومعادلة مؤشر الرطوبة الطبوغرافية TWI (Mokarram & Hojati, 2018)

$$TWI = In \frac{\text{Flow Accumulation}}{\text{Tan Slope}} \dots \dots \dots (2)$$

حيث TWI: مؤشر الرطوبة الطبوغرافية.

Flow Accumulation: مناطق تجمع المياه.

Slope: الانحدار بالدرجات.

ومعادلة كثافة الغطاء النباتي NDVI (Ustin, 2004)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \dots \dots \dots (3)$$

NDVI مؤشر كثافة الغطاء النباتي .

RED: انعكاس في طيف الأشعة الحمراء، ويمثل الباند 4.

NIR: انعكاس في طيف الأشعة تحت الحمراء القريب الباند 5.

ومقاييس خطأ التنبؤ لنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية (عاشر، 2018)

$$MAD = \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \bar{Y}_i|}{n} \dots \dots \dots (4)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \bar{Y}_i|}{n} * 100\% \dots \dots \dots (5)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n [Y_i - \bar{Y}_i]^2}{n} \dots \dots \dots (6)$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n [Y_i - \bar{Y}_i]^2}}{n} \dots \dots \dots (7)$$

MAD: المتوسط المطلق للأخطاء.

MAPE: المتوسط المطلق لنسب الأخطاء.

MSE: متوسط مربع الأخطاء.

RMSE: جذر متوسط مربع الأخطاء.

Yi: القيمة الحالية للفيضان.

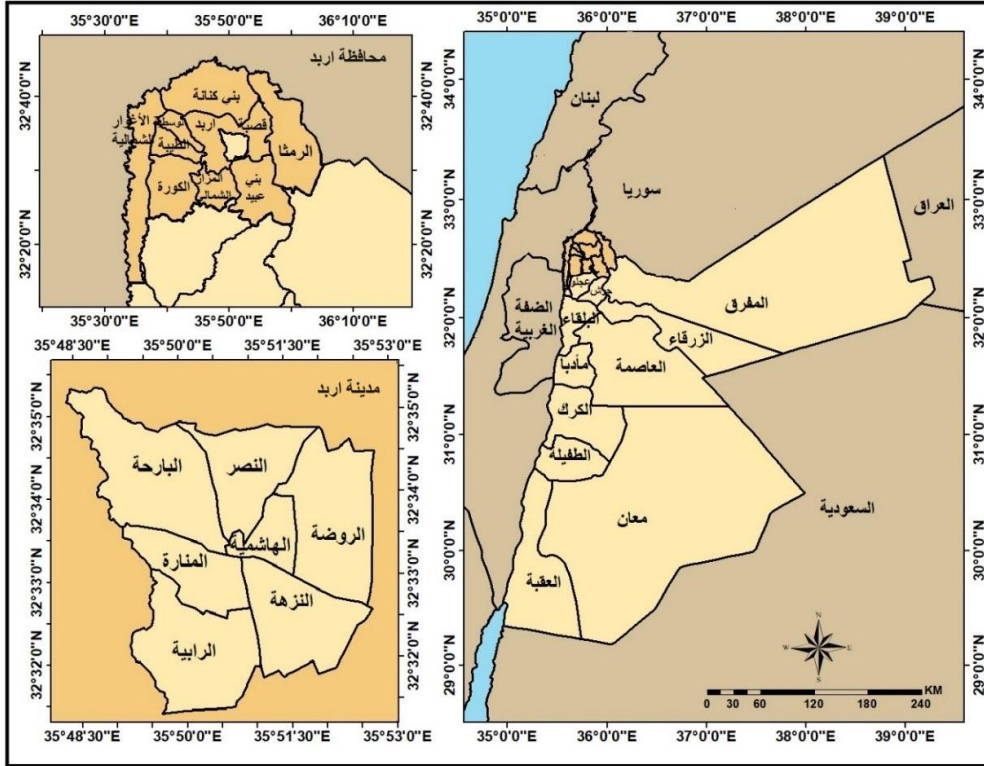
Yī: القيمة المتنبأ بها للفيضان.

N: عدد العوامل.

2. منطقة الدراسة

مدينة اربد مدينة أردنية ومركز محافظة اربد في شمال الأردن وأكبر مدنها تقع على خط طول ($32^{\circ}33''$) شمالاً ودائرة عرض ($35^{\circ}51''$) شرقاً، وتقع على بعد (71) كيلو متراً شمال العاصمة عمان، وتعد ثاني أكبر مدن المملكة بعد العاصمة الأردنية بالنسبة لعدد السكان. حيث يبلغ عدد سكان المدينة وضواحيها (530) ألف نسمة حسب بيانات السكان لسنة 2017. ويقدر مساحة المدينة مع ضواحيها بحوالي (36.7) كيلو متر مربع. وتتكون مدينة اربد من (7) مناطق أساسية وهي: منطقة النزهة، منطقة البارحة، منطقة المنارة، منطقة النصر، منطقة الهاشمية، منطقة الراية، منطقة الروضة. الشكل (1).

الشكل (1): منطقة الدراسة



المصدر: من إعداد الباحثين باستخدام برنامج Arc Map10.8

3. مراحل إعداد الدراسة واجراءاتها:

تم تقسيم مراحل الدراسة واجراءاتها إلى ثلاث مراحل وهي:

1.3. مرحلة جمع البيانات: حيث تم الحصول على بيانات كميات الهطول لمخطي اربد والباقورة في محافظة اربد من دائرة الأرصاد الجوية خلال 32 سنة (1990-2022)، وتم تحميل المرئيات الفضائية لسنة 2022، ونموذج ارتفاع رقمي DEM بدقة 30 متر من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) United States Geological Survey، وشبكة الطرق و التقسيمات الإدارية لمدينة اربد، من بلدية اربد الكبرى. بالإضافة إلى المصادر الإلكترونية- خريطة التربة - Shape File تم الحصول عليها من موقع Soil Grid.

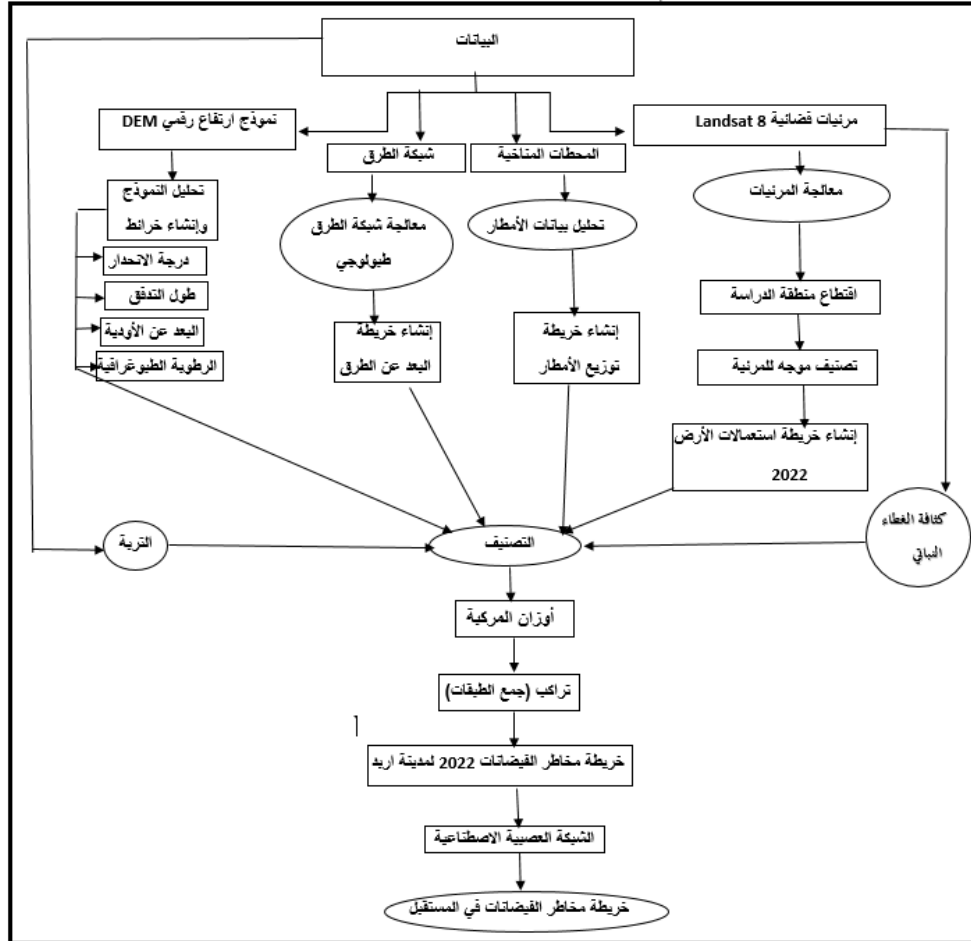
2.3. مرحلة إعداد الخرائط: وهي مرحلة إعداد خرائط الأساس، حيث تم إنشاء خرائط العوامل المؤثرة في حدوث الفيضان وهي خرائط نوع التربة، وخرائط استعمالات الأرض، وخرائط كثافة الغطاء النباتي NDVI، وخرائط التوزيع المكاني (IDW) لهطول الأمطار، وخرائط البعد عن شبكة الطرق، وخرائط الارتفاعات والتي اشتق منها خرائط درجة الانحدار وخرائط شبكة الأودية (البعد عن الأودية) ومؤشر الرطوبة الطبوغرافية TWI، وطول التدفق Flowe Length.

3.3. مرحلة التحليل والمناقشة: حيث تم في هذه المرحلة إعادة تصنيف العوامل سابقة الذكر من خلال أداة Reclaasify وإعطاء تصنيف من (1-9) وذلك لإعطاء أوزان لكل عامل من العوامل من خلال معادلة الأوزان المركبة، ومن ثم إجراء تراكيب لهذه الطبقات Weighted Overlay للحصول على خرائط مخاطر الفيضانات لمدينة اربد لسنة 2022 ومن ثم التعامل مع العوامل في برنامج الخزم الإحصائية للعلوم

استخدام الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) في تحليل قابلية تعرض الأراضي لمخاطر الفيضان. حالة دراسية: مدينة اربد

الاجتماعية SPSS وذلك لبناء نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية؛ حيث تحدث عملية التدريب والتطبيق ضمن الطبقة المخفية، وينتج طبقتين ضمن القيم 0-1، حيث يشير الرقم 0 إلى عدم وجود خطر، و1 يشير إلى حدوث الخطر خلال المستقبل. ومن ثم تم التأكد من دقة نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية من خلال مقاييس خطأ التنبؤ (R2, MAD, MAPE, MSD, RMSE) في برنامج SPSS والشكل (2) يبين ملخص هذه الخطوات.

الشكل (2): ملخص طريقة الدراسة واجراءاتها



المصدر: إعداد الباحثين

4. النتائج ومناقشتها:

1.4.1. العوامل المحفزة للفيضان في مدينة اربد:

اعتمدت الدراسة على عشرة عوامل تتمثل بالارتفاع Elevation، درجة الانحدار Slope، الأمطار Rain Fall، مؤشر الرطوبة الطبوغرافية TWI، طول التدفق Flow Length، البعد عن الأودية Distance River، البعد عن الطرق Distance Road، نوع التربة Soil، استعمالات الأرض Land Use، كثافة الغطاء النباتي NDVI، لتحديد مناطق خطر الفيضان في مدينة اربد، حيث حددت التأثيرات المتبادلة ما بين هذه العوامل في خطر الفيضان، إذ يوجد لبعض هذه العوامل تأثير مباشر في العوامل الأخرى، وبعض العوامل لها تأثير غير مباشر. حيث سنوضح تحليل كل عامل من العوامل السابقة بشكل موجز كما في النقاط التالية:

1.1.4.1. الارتفاع Elevation: يؤثر عامل الارتفاع على شدة الجريان السطحي للمياه ويزداد هذا التأثير في المناطق ذات الارتفاعات العالية، ويقل في المناطق قليلة الارتفاع، والجدول (1) يبين قيم ومساحة الارتفاع لمدينة اربد. حيث نلاحظ أن قيم الارتفاع تراوحت ما بين 340-680م، وأن الارتفاع 570-600م حقق أعلى مساحة بواقع (36.5%)، في حين نجد أن الارتفاع 340-460م حقق أقل ارتفاع بواقع (4.9%).

الجدول (1): قيم ومساحة الارتفاع لمدينة اربد

المساحة		الارتفاع
كم ²	%	
1.8	4.9	340 – 460
8.2	22.3	470 – 520
9.4	25.6	530 – 560
13.4	36.5	570 – 600
3.9	10.7	610 – 680
36.7	100	المجموع

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

2.1.4. عامل درجة الانحدار **Slope**: يعتبر الانحدار عامل من العوامل الرئيسية في تشكل الفيضانات، إذ تم اعتماد طريقة ZINK وهو تصنيف هرمي متسلسل يقع ضمن خمس مستويات تصنيف مع الزيادة في التعميم عند المستويات العالية ويزداد تشكل الفيضان عند القيم المنخفضة (Stan, 1999) والجدول (2) يبين تصنيف فئات الانحدار والجدول (3) يبين مساحة فئات الانحدار لمدينة اربد. حيث نلاحظ أن درجات الانحدار في مدينة اربد تراوحت من 1- 5 أي من التصنيف المتموج إلى متقطع بدرجة عالية، ولكن نلاحظ أن الفئة الأولى حققت أعلى مساحة وتمثلت بنسبة (49.6%) والتي تمثل منطقة متموج أي منطقة غالباً ما تكون سهلية والتي بدورها تلعب دور في زيادة حدة الجريان السطحي (الفيضان)، في حين نجد أن الانحدار الفئة الخامسة أي تمثل انخفاض أو تقطع في الجريان السطحي.

الجدول (2): تصنيف درجات الانحدار حسب طريقة ZINK

التصنيف/ الشكل	الدرجة	الفئة
مسطح	1.9 – 0	1
متموج خفيف	7.9 – 2	2
متموج	15.9 – 8	3
مقطعة	29.9 – 16	4
مقطعة بدرجة عالية	30 <	5

(Stan, 1999)

الجدول (3): قيم ومساحة الانحدار لمدينة اربد

المساحة		الانحدار
%	كم ²	
49.6	18.2	1.9 – 0
26.9	9.9	7.9 – 2
13.1	4.8	15.9 – 8
7.9	2.9	29.9 – 16
2.5	0.9	30 <
100	36.7	المجموع

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

3.1.4. عامل الأمطار Rain Fall: تعتبر الأمطار السنوية الساقطة على مدينة اربد المصدر الأول والرئيسي لجريان الأساس ومياه الفيضانات حيث توجد علاقة طردية بين شدة الأمطار وتشكل الفيضان، وتباين معدلات الأمطار السنوية في منطقة الدراسة حيث حقق المعدل الكلي خلال الفترة (1990-2022) لمخطي الباقورة واريد ما بين (329.1-431.5) ملم وبعد اجراء اقتطاع لمنطقة الدراسة تبين أن المعدل الكلي لمدينة اربد (271-314) ملم، ونجد من الجدول (4) أن الفئة 245-271 حقق أعلى القيم، في حين نجد أن الفئة 304-314 حققت أقل معدل للأمطار بنسبة (11.7%).

الجدول (5): قيم ومساحة هطول الأمطار لمدينة اربد

المساحة		فئات الأمطار
%	كم ²	
28.1	10.3	245 – 271
24.3	8.9	271 – 286
20.2	7.4	286 – 297
15.8	5.8	297 – 304
11.7	4.3	304 – 314
100	36.7	المجموع

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

4.1.4. عامل مؤشر الرطوبة الطبوغرافية TWI: يعتبر المؤشر إلى التوزيع المكاني لرطوبة التربة و سطح الاشباع، وله أهمية في وصف التشابه الهيدرولوجي للمنطقة المعرضة للفيضان عن طريق تحديد مقدار تحكم طبوغرافية هذه المنطقة في العملية الهيدرولوجية (Waga, Malinen,

(Tokola, 2020) & والجدول (6) يبين قيم فئات المؤشر ومساحتها. إذ نلاحظ أن قيم قليلة إلى متوسطة لمؤشر الرطوبة الطبوغرافية حققت أعلى القيم أما القيم المرتفعة جداً حققت أدنى القيم للمؤشر.

الجدول (6): قيم ومساحة مؤشر الرطوبة الطبوغرافية لمدينة اربد

المساحة	قيمة المؤشر	التصنيف TWI
كم ²	%	
8.7	23.7	قليلة جداً <8
12.6	34.3	قليلة 8-11
9.8	26.7	متوسطة 12-15
4.1	11.2	مرتفعة 16-19
1.5	4.1	مرتفعة جداً >20
36.7	100	المجموع

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

5.1.4. عامل استعمال الأرض **Land Use**: تلعب أنماط استعمال الأرض دوراً هاماً في تغيير أو زيادة قابلية الأسطح من تساقطات مطرية إلى جريان مباشر، كما هو الحال في مدينة اربد حيث حدثت تغيرات في نمط استعمال الأرض لصالح الاستعمال السكني والطرق الذي غير وبشكل كبير بزيادة جريان السطحي وزيادة حدة التأثير بالفيضانات، حيث يبين الجدول (7) مساحة استعمال الأرض لمدينة اربد التي تبين تطور ملموس وواضح للاستعمال السكني (المباني) على حساب الاستعمالات الأخرى حيث حقق 33.5 كم² لسنة وبنسبة (80.7%).

الجدول (7): نمط استعمالات الأرض لمدينة اربد لسنة 2022

المساحة 2020	تصنيف
كم ²	الاستعمال
%	
29.6	المباني 80.7
3.9	المحاصيل 10.6
2.7	المراعي 7.4
0.5	أراضي جرداء 1.4
36.7	المجموع 100

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

6.1.4. عامل كثافة الغطاء النباتي NDVI: يلعب الغطاء النباتي بشكل عام دور في قلة جريان السطحي وبالتالي تكوين علاقة عكسية مع تشكل الفيضان، أي كلما زادت كثافة الغطاء النباتي والتي تمثل القيم القريبة من 1 صحيح كلما قلت حدة أو حدوث الفيضان، وكلما قلت الكثافة النباتي باقتراب القيم نحو 1- كلما زادت حدة حدوث الفيضان (حسن، 2014)، ويتضح من الجدول (8) أن مساحة كثافة الغطاء النباتي لمدينة اربد يقع ضمن المساحات المتوسطة إلى قليل الكثافة خلال فترة الدراسة.

الجدول (8): كثافة الغطاء النباتي NDVI لمدينة اربد للفترة 2022

تصنيف	المساحة	
الغطاء النباتي	كم ²	%
لا يوجد نبات	7.7	20.9
قليل الكثافة	12.7	34.6
متوسط الكثافة	12.3	33.5
كثافة عالية	4	10.9
المجموع	36.7	100

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

7.1.4. عامل نوع التربة Soil Type: يعكس التوزيع الجغرافي في مدينة اربد الظروف البيئية السائدة من المناخ والطبوغرافيا والتراكيب الصخرية، حيث تنتشر تربة البحر المتوسط والمبتدئة النموذجية والتي تكونت بفعل عوامل الحت والتعرية وما تعرضت له من الجراف ونقل بفعل الرياح، وتكونت معظمها من الصخر الجيري والغريني (اطلس الأردن، 2013). ونجد من الجدول (9) أنواع تربة منها المبتدئة التطور ومنها مجموعة التربة مبتدئة التطور النموذجية والتي شكلت ما نسبته 67.8%، وأيضاً تربة البحر المتوسط الحمراء مبتدئة التطور التي شكلت ما نسبته 32.2% وتتميز تربة هذا النوع هذا النوع بأنها غنية بالكربونات وفقيرة بالمتحوى العضوي، وتشكل من هضبيات الحجر الجيري.

الجدول (9): نوع ومساحة التربة لمدينة اربد

نوع التربة	المساحة 2020	
	كم ²	%
المبتدئة التطور النموذجية	24.9	67.8
البحر المتوسط الحمراء مبتدئة التطور	11.8	32.2
المجموع	36.7	100

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

8.1.4. عامل طول التدفق Flow Length: يبين هذا العامل طول أطول مسار للتدفق المائي في المدينة أو مدة التدفق للجريان المائي السطحي، إذ تبين من الجدول (10) أن قيمة العامل تراوحت ما بين قليلة جداً إلى مرتفعة جداً، حيث نجد أن 70.7% طول تدفق قليل جداً إلى متوسط، 29.3% تقريباً من مرتفع إلى مرتفع جداً.

الجدول (10): مساحة طول التدفق لمدينة اربد

التصنيف/الفتنة	طول التدفق	المساحة	المساحة
		كم ²	%
قليلة جداً/1	<930	9.9	27
قليلة/2	931-2000	7.8	21.3
متوسطة/3	2001-3100	8.2	22.4
مرتفعة/4	3101-4400	7	19.1
مرتفعة جداً/5	>4401	3.8	10.1
	المجموع	36.7	100

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

9.1.4. البعد عن الأودية Distance River: نلاحظ من خلال هذا العامل أنه كلما قلت المسافة نحو الأودية كلما زادت من فرص حدوث الفيضان، ونجد من الجدول (11) أن المسافة كانت مرتفعة جداً إلى مرتفعة ضمن مساحة 77.9%، في حين تمثلت من متوسطة إلى قليلة جداً بمساحة 22.1%.

الجدول (11): مساحة البعد عن الأودية لمدينة اربد

التصنيف	المساحة	المساحة
	كم ²	%
0 - 0.5	14.4	39.2
1 - 40	14.2	38.7
41 - 90	7.2	19.6
91 - 174	0.5	1.4
<175	0.4	1.1
المجموع	36.7	100

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

استخدام الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) في تحليل قابلية تعرض الأراضي لمخاطر الفيضان. حالة دراسية: مدينة اربد

10.1.4. البعد عن الطرق Distance Road: نلاحظ من خلال هذا العامل أنه كلما قلة المسافة نحو الشوارع كلما زادت من فرص الخطر مرتفع جداً، ونجد من الجدول (12) أن المسافة حققت ضمن المساحتين (0-67) م مساحة 94.6%، في حين حققت مجموع باقي المسافات 5.4% من إجمالي المساحة.

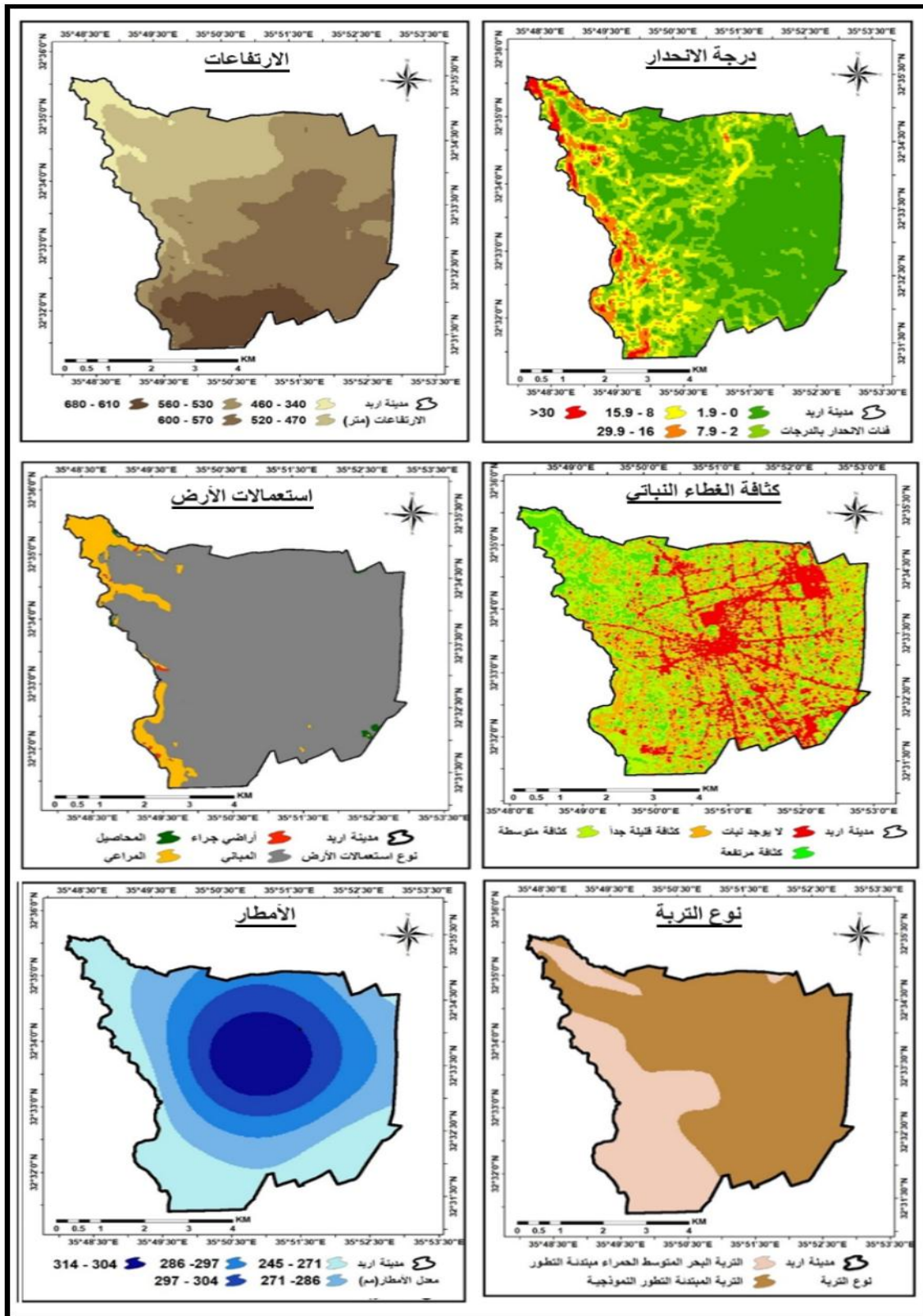
الجدول (12): مساحة البعد عن الشوارع لمدينة اربد

المساحة		فئات البعد عن
%	كم ²	الطرق
51.8	19	0.01 – 0
41.7	15.3	67 – 0.01
4.6	1.7	150 – 68
1.4	0.5	250 – 160
0.5	0.2	260 – 230
100	36.7	المجموع

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

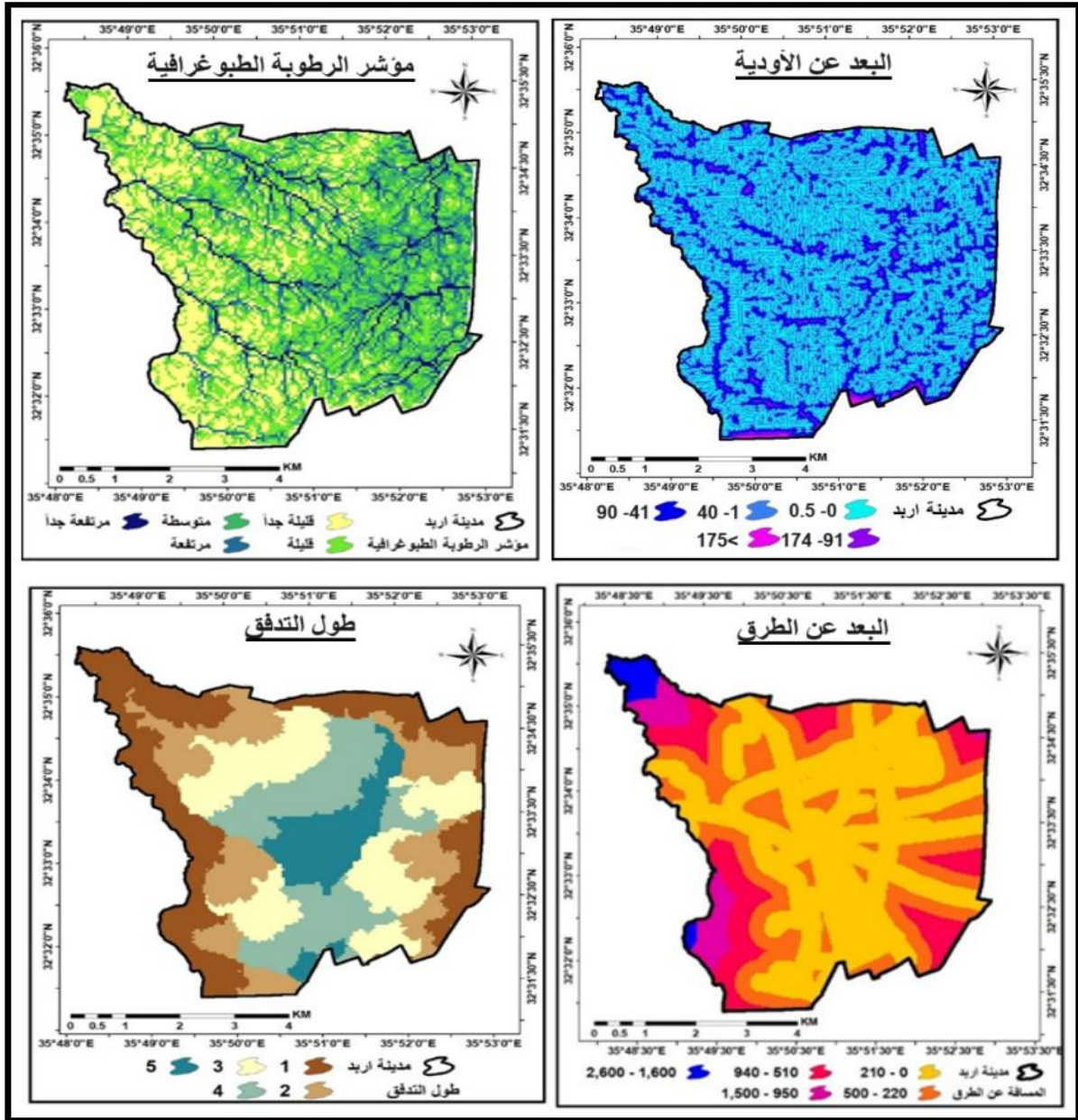
والشكل (3، أ) و (3، ب) يبين العوامل سابقة الذكر

الشكل (3، أ): العوامل المؤثرة في حدوث الفيضان في مدينة اربد



المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

الشكل (3، ب): العوامل المؤثرة في حدوث الفيضان في مدينة اربد



المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

2.4. خرائط مخاطر الفيضانات في مدينة اربد لسنة 2022:

1.2.4. تحديد الأهمية النسبية للعوامل

بناءً على تقييم الأهمية النسبية لكل معيار بعضها ببعض وجب استخدام المقياس الذي وضعه توماس ساعاتي من (1-9) والذي يساهم في تنفيذ مقارنات عادلة بين المعايير حسب الأهمية، كما هي موضحة في الجدول (13).

الجدول (13): المقياس الأساسي للمقارنات الزوجية للعوامل

شدة الأهمية	نوع الأهمية	التفسير
1	أهمية ضعيفة	يؤثر العامل بنسبة ضئيلة جداً
3	أهمية متساوية	يتساوى عاملين في تحقيق الهدف
5	أهمية معتدلة	يرتفع تأثير عامل عن الآخر بنسبة بسيطة
7	أهمية قوية	يؤثر بشكل أكبر من أي عامل آخر
9	أهمية قصوى	التأثير الأساسي والفعال للعامل

(Saaty, 2008)

وقد قام الباحثون بجمع العوامل المؤثرة في حدوث الفيضانات مما ورد في الأبحاث والدراسات المتعلقة بموضوع الفيضانات، بالإضافة إلى آراء المختصين والمهندسين في بلدية اربد الكبرى في إعطاء أهمية لأثر العامل في حدوث الفيضان بناءً. كما هي موضحة في الجدول (14).

الجدول (14): العوامل المؤثرة على حدوث الفيضان لمدينة اربد

العوامل	الوحدة	التصنيف	درجة التصنيف	درجة الخطر
الارتفاع	المتر (م)	340-460	9	مرتفع جداً
		470-520	7	مرتفع
		530-560	5	متوسط
		570-600	3	منخفض
		610-680	1	منخفض جداً
الانحدار	الدرجات	0-1.9	9	مرتفع جداً
		2-7.9	7	مرتفع
		8-15.9	5	متوسط
		16-29.9	3	منخفض
		30<	1	منخفض جداً
الأمطار	مم/سنة	245 - 271	1	منخفض جداً
		271 - 286	3	منخفض
		286 - 297	5	متوسط
		297 - 304	7	مرتفع
		304 - 314	9	مرتفع جداً
الرطوبة الطبوغرافية	مستوى	8<	1	منخفض جداً
		11-8	3	منخفض

متوسط	5	15-12		
مرتفع	7	19-16		
مرتفع جداً	9	20>		
مرتفع جداً	9	المباني	مستوى	استعمال الأرض
مرتفع	7	المراعي		
متوسط	5	المحاصيل		
منخفض	1	أراضي جرداء		
منخفض جداً	1	لا يوجد نبات	مستوى	الغطاء النباتي
منخفض	3	قليل الكثافة		
متوسط	5	متوسط الكثافة		
مرتفع	7	كثافة عالية		
منخفض جداً	1	930<	المتري	طول التدفق
منخفض	3	2000-940	(م)	
متوسط	5	3100-2100		
مرتفع	7	4400-3200		
مرتفع جداً	9	4500>		
مرتفع جداً	9	0.5 - 0	المتري	البعد عن الأودية
مرتفع	7	40 - 1	(م)	
متوسط	5	90 - 41		
منخفض	3	174 - 91		
منخفض جداً	1	> 175		
مرتفع جداً	9	0 - 210	المتري	البعد عن
مرتفع	7	220 - 500	(م)	الشوارع
متوسط	5	510 - 940		
منخفض	3	950 - 1500		
منخفض جداً	1	1600 - 2600		
مرتفع	7	المبتدئة التطور النموذجية	مستوى	نوع التربة
متوسط	5	البحر المتوسط الحمراء		

مبتدئة التطور

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على تحكيم المختصين والمهندسين في بلدية اربد الكبرى والدراسات السابقة

أما فيما يتعلق بحساب وزن كل عامل وبعد إعطاء أهمية نسبية في الجدول (14)، يتم إجراء مقارنة زوجية على شكل مصفوفة بين العوامل العشرة كما موضح في الجدول (15)، والهدف من إجراء المقارنة الزوجية الوصول إلى مجموع كل عامل بتأثيره على العوامل الأخرى وإتمام تطبيق معادلة الأوزان المركبة.

الجدول (15): مصفوفة المقارنات الزوجية للعوامل

العوامل	الارتفاع	الانحدار	الأمطار التربية	الطبوغرافية	استعمال الأرض	الغطاء النباتي	البعد عن الأودية	البعد عن الطرق	طول التدفق	نوع التربة
الارتفاع	1	2	1	2	2	3	1	3	1	1
الانحدار	1	1	2	2	3	1	1/2	1	1	1
الأمطار	2	1	1	2	3	2	2	3	1	1
الرطوبة	1/2	1/2	1/2	1	3	5	1	3	1	1
الطبوغرافية	1/2	1/3	1/3	1/3	1	1	2	1	1	1
استعمال الأرض	1/2	1/3	1/3	1/3	1	1	2	1	1	1
الغطاء النباتي	1/3	2	1/2	1/5	1	1	1	2	1	1
البعد عن الأودية	1	1	1/2	1	1/2	1	1	1	1	1
البعد عن الشوارع	1/3	1	1/3	1/3	1	1/2	1	1	1	1
طول التدفق	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
نوع التربة	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
المجموع	9.6	10.5	9.1	11.1	16.5	16.5	11.5	17	10	10

المصدر: إعداد الباحثين

ثم تم إجراء تطبيق معادلة الأوزان التركيبية بتقسيم الأهمية النسبية للعامل في الجدول (14) على مجموع وزن العامل في الجدول (15) للوصول إلى أوزان كل عامل كما في الجدول (16). حيث تم قبول كافة العوامل حيث كانت نتيجة الاتساق (CR) 8% والتي تعتبر أكبر من قيمة 0.5 وبالتالي هذه العوامل تعتبر متناسقة.

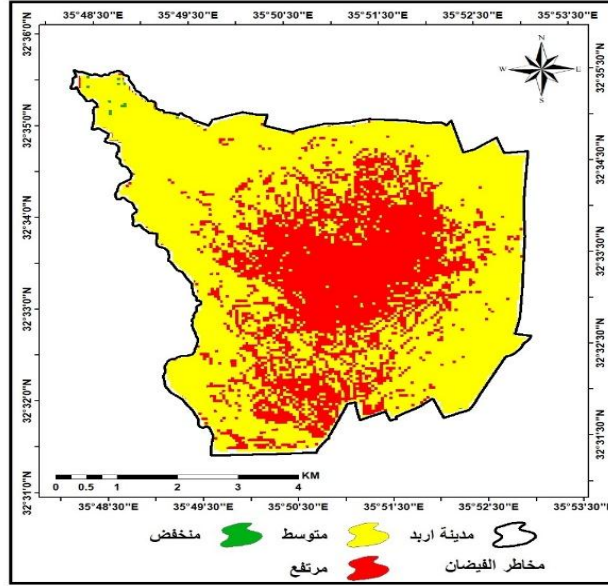
الجدول (16): أوزان العوامل المساهمة في حدوث الفيضان في مدينة اربد

العامل	الارتفاع	درجة الانحدار	الأمطار	الرطوبة الطبوغرافية	استعمال الأرض	كثافة الغطاء النباتي	البعد عن الطرق	البعد عن الأودية	طول التدفق	نوع التربة
الوزن	0.93	0.86	0.98	0.45	0.42	0.42	0.29	0.26	0.5	0.7
الوزن %	93	86	98	45	42	42	29	26	50	70

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على الجدول 14 و 15

تم التعامل مع هذه الأوزان في برمجية Arc map من خلال أداة Weighted Overlay من قائمة Overlay للحصول على خريطة نهائية تبين لنا مخاطر الفيضانات في مدينة اربد لسنة 2022. والشكل (4) يبين ذلك.

الشكل (4): درجة خطر الفيضان لمدينة اربد (2022)



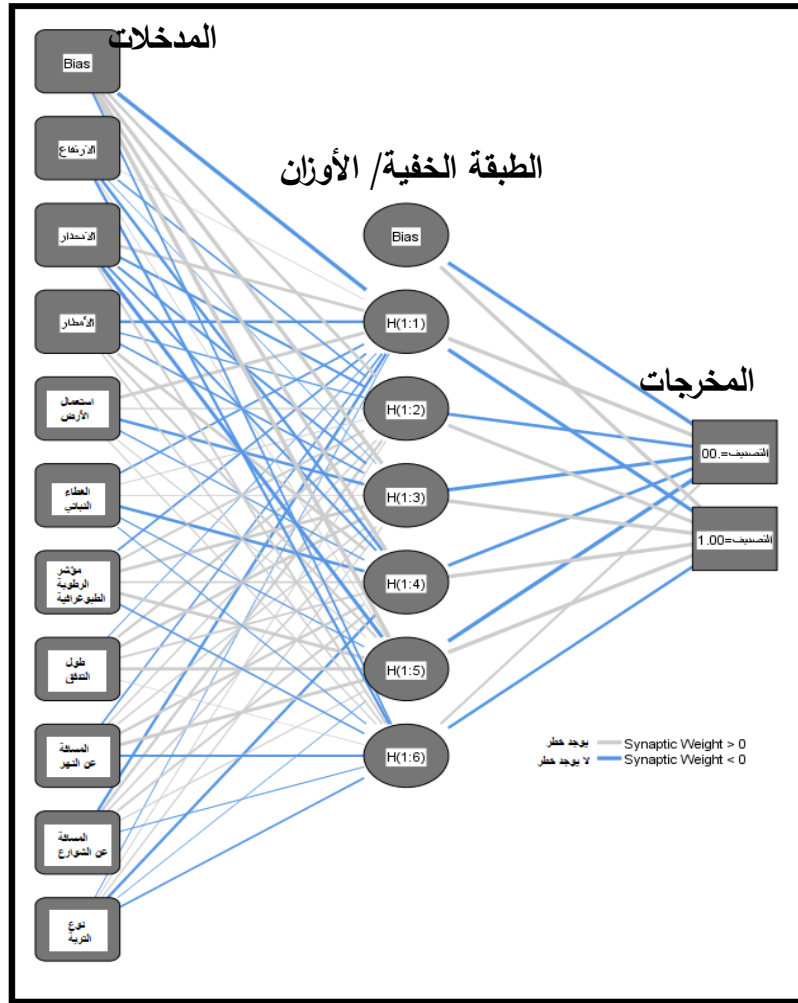
المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

نلاحظ من خلال الشكل (4) أن العوامل الأمطار، والارتفاع والانحدار واستعمال الأرض ونوع التربة على التوالي لعبت دور رئيسي في حدوث الفيضان في مدينة اربد، في حين نجد أن عامل البعد عن الأودية يمثل أقل العوامل تأثيراً في حدوث فيضان، وتبين أن مخاطر الفيضان في مدينة اربد مصنفة ضمن الثلاث درجات المنخفض والمتوسط والمرتفع، ونجد أن المناطق الشمالية والمتمثلة بمنطقة البارحة، وجزء من المناطق الشمالية الشرقية باتجاه منطقة الروضة والمناطق المتوسطة لمنطقة النصر والهاشمية وأجزاء من المناطق الجنوبية باتجاه منطقة الرابية تقع ضمن خطر مرتفع للفيضان وذلك بمساحة 13.4 كم² ونسبة (36.5%)؛ حيث تشهد هذه المناطق ارتفاع في عدد سكانها نتيجة تركز الخدمات، في حين نجد أن جزء قليل جداً في المناطق الشمالية الغربية في منطقة البارحة تمثل مناطق خطر منخفض وذلك بمساحة 0.1 كم² ونسبة (0.3%)، وباقي المدينة ضمن الخطر المتوسط وذلك بمساحة 23.2 كم² ونسبة (63.2%).

2.2.4. التنبؤ بخرائط الفيضانات لمدينة اربد

من أجل التنبؤ بمخطر الفيضان المستقبلي تم الاعتماد على تحليل العوامل المؤثرة على خطر الفيضان لسنة 2022 كما هي موضحة في الجدول 15 إلى برمجية SPSS، حيث تم إجراء عدة خطوات لبناء نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية وهي: أ- إدخال البيانات: حيث تم إدخال عشر عوامل سابقة الذكر والمصنفة بتصنيف خماسي يتراوح بين (1-9)، وإضافة يحقل المخاطر يحتوي على قيمتين 0 لا يوجد خطر والقيمة 1 يوجد خطر، ب- عمل الشبكة من خلال أداة Analyze واختيار Neural Networks ومن ثم اختيار Multilayer Perceptron ومن خلالها تظهر نافذة تحتوي على 8 نوافذ فرعية ما يهمنها النافذة Partitions والتي تبين لنا تقسيم البيانات إلى ثلاثة أقسام وهي: 1 - Training، 2 - Test، 3 - Holdout، وأيضاً من نافذة Export نقوم بتصدير الأوزان المتواجدة على المسارات بين الطبقات، بعد ذلك يظهر لنا الشكل (5) والمتمثلة بنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية لمخاطر الفيضان في مدينة اربد حيث يحتوي على ثلاث عناصر وهي الطبقات المدخلة والمتمثلة بالعوامل وعددها (10)، والطبقة المخفية والتي يحدث من خلالها تفاعل ما بين العوامل وإعطاء أوزان مستقبلية تستخدم في رسم خرائط مستقبلية، وطبقة المخرجات التي تتمثل بإعطاء قيم تتراوح ما بين 0 لا يوجد خطر و 1 يوجد خطر.

الشكل (5): الشبكة العصبية الاصطناعية المستقبلية لمدينة اربد



المصدر: إعداد الباحثين باستخدام برنامج SPSS

ونلاحظ من خلال الجدول (17) التي تمثل تحليل الشبكة العصبية الاصطناعية حسب مجموعات التدريب والتي تعكس لنا طبقة المخرجات المصنفة ضمن وجود خطر أو عدمه، ونلاحظ أن 25% تمثل عدم وجود خطر، بينما 75% تمثل أن في المستقبل سوف يحدث خطر فيضان في مدينة اربد. وتم قياس نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية بمقاييس الأخطاء (MAD, MSE, RMSE, MAPE) فضلاً عن مقياس التحديد R^2 حيث يوضح الجدول (18) أن النموذج كان فعالاً وبنسب خطأ ضئيلة جداً، حيث حقق معامل التحديد 0.99، ومتوسط خطأ بنسبة (6e-7) وجذر متوسط خطأ بنسبة (8e-4).

الجدول (17): نتائج مخرجات الشبكة العصبية الاصطناعية لمدينة اربد

Sample	Observed	Predicted		Percent Correct
		لا يوجد خطر	يوجد خطر	
Training	لا يوجد خطر	1	0	100.0%
	يوجد خطر	0	3	100.0%
	Overall Percent	25.0%	75.0%	100.0%
Testing	لا يوجد خطر	0	0	0.0%
	يوجد خطر	0	1	100.0%
	Overall Percent	0.0%	100.0%	100.0%

Dependent Variable: تصنيف الخطورة

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام برنامج SPSS

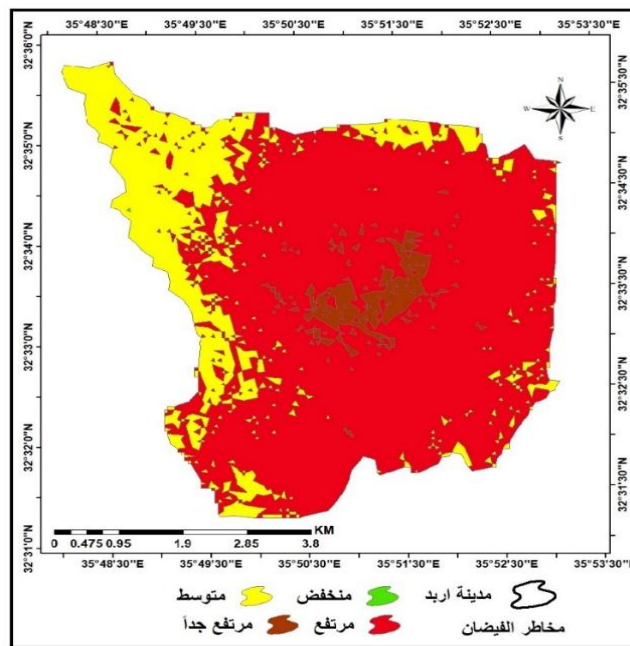
الجدول (18): مقاييس الأخطاء لنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية لمدينة اربد

النموذج	R2	MAD	MSE	RMSE	MAPE
نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية ANN	0.98	0.0007	0.0000006	0.0008	0.001

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام برنامج SPSS

وبعد إدخال العوامل العشرة مرة أخرى إلى لييفة Arc Map وإدخال القيمة 0 و 1 لأكثر العوامل تأثيراً، تبين أن العوامل الأمطار، والارتفاع والانحدار واستعمال الأرض والرطوبة الطبوغرافية على التوالي تمثل أكثر العوامل مستقبلاً تأثيراً في زيادة حدة الفيضان لمدينة اربد، كما نجد أن تصنيف خطورة الفيضان سيحدث لها تطور إذ أصبحت ضمن أربعة مستويات منخفض- متوسط- مرتفع- مرتفع جداً، ونلاحظ ذلك في الشكل (6)، حيث نجد أن وسط المدينة سيشهد خطر مرتفع جداً للفيضان وذلك بمساحة 1.2 كم² ونسبة (3.4%)، في حين سيحدث توسع للمناطق ذات الخطر المرتفع لتشمل مساحات شمالية، وشمالية شرقية، وشمالية غربية، وجنوبية وجنوبية شرقية بشكل كبير وذلك بمساحة 27.3 كم² ونسبة (74.4%)، في حين تمثل المناطق الجنوبية الغربية والشمالية الغربية خطر متوسط وتطوره على حساب الخطر المنخفض وذلك بمساحة 8.2 كم² ونسبة (22.3%)، بينما مناطق الخطر المنخفضة في شمال الغربي للمدينة يتقلص بشكل كبير.

الشكل (6): درجة خطر الفيضان لمدينة اربد في المستقبل



المصدر: إعداد الباحثين باستخدام Arc Map

الخلاصة:

يتبين من خلال هذه الدراسة أن مدينة اربد تعرضت لمخاطر الفيضان خلال فترة الدراسة؛ حيث لعبت العوامل الطبيعية والبشرية دور كبير في تكوين بيئة نشطة ومحفزة لزيادة شدة التأثير في الفيضان، حيث رافق التطور في الكثافة السكانية تطور في نمط استعمال الأرض إذ نجد أن المدينة تطورت في نمط الاستعمال الحضري بمعنى ارتفاع مساحة المناطق السكنية على حساب الاستعمالات الأخرى، ويرافق ذلك ما حدث من توسع في خدمات الطرق وبشكل غير منفذ للمياه (مصمته) تساهم في سرعة جريان المياه، وتلعب دور سريع في غمر المدينة بالمياه وبالتالي ارتفاع ضرر الناتج عن ذلك. ومن خلال هذه الدراسة أظهرت المناطق التي ستعرض للفيضان مستقبلاً لاتخاذ الإجراء والتدابير المناسبة لتفادي والتقليل من الآثار التي ستنتج في حال حدوث الفيضان وجعله ضمن مستويات لا تتعدى الكارثة وهذا ما يتوافق مع نتائج دراسة درادكه (2020) التي أظهرت أن مدينة اربد الأكثر عرضة لخطر الفيضان ويعود ذلك لطبيعة المنطقة واستعمالها. وتتميز التقنيات الجغرافية والاستشعار عن بعد بالقدرة على التنبؤ وإعطاء

حلول مرتبطة بشكل كبير بالمكان حيث أظهرت الدراسة دقة نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية وكفاءتها في التنبؤ وذلك بنسبة وصلت إلى 99% لمعامل التحديد R^2 . وتجد الدراسة في حال استمر الزيادة السكانية سيستمر الطلب على المسكن وأيضاً (التحضر) وبالتالي سترتفع درجة الخطورة المرتفعة لتشمل مساحات لم تكن من قبل كما هو الحال في مناطق الهاشمية والنزهة والرابية التي تتمثل بكثافات سكانية مرتفعة. وعليه تقترح الدراسة: – التعامل مع المناطق ذات الخطورة المرتفعة بشكل حذر من قبل الجهات المعنية وبالأخص التقليل من تصاريح البناء؛ وذلك لتفادي تطور الخطورة إلى كارثة بشرية.

– الأخذ بعين الاعتبار هذه الدراسة وبالأخص الخريطة المستقبلية التي تعكس تطور في مستويات خطورة الفيضان، وبالتالي إيجاد حلول تقلل من حدة النتائج المترتبة على حدوث الفيضان، مثل: (إخلاء السكان من المناطق ذات الخطورة المرتفعة إلى أماكن أقل خطورة) وإيجاد منظومة إنذار مبكر داخل المدينة.

– زيادة الغطاء النباتي عن طريق تحسين وزراعة المناطق غير المعمورة بأشجار مثمرة؛ حتى يتم التقليل من الجريان السطحي، وبالتالي إعاقه جريان المياه والتقليل من خطر الفيضان.

– أهمية تقدم برامج نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في نمذجة ومحاكاة خطر الفيضان، وإعطاء تنبؤات مستقبلية تساهم في الحد من الآثار السلبية في حالة حدوث الفيضان.

– إنشاء نظام صرف الطوارئ بعمل مجاري احتياطية للأودية، تمر خارج المناطق المعمورة للاستثمارها أوقات الفيضانات، لنقل المياه الزائدة خارج المناطق الحضرية.

الإحالات والمراجع

1. ابتهاج حسن. (2014). استخدام الأدلة NDWI,NDVI كشف التغيرات في غطاء الأرض لمناطق مختارة في محافظة النجف للحقبة ما بين 2001-2006 باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد. مجلة الكوفة للفيضان، 6(2)، 1-18.

2. اطلس الأردن. (2013). اطلس الأردن. تم الاسترداد من نوع التربة: <https://books.openedition.org>

3. بلدية اربد الكبرى. (2021). الخطة الاستراتيجية المحلية لبلدية اربد الكبرى. <https://irbid.gov.jo/wp-content/uploads/2021/PDF>

4. خضر، صهيب. (2021). تقييم مخاطر الفيضان لحوض كاردم حسب طريقة تحليل متعدد المتغيرات. مجلة أبحاث كلية التربية الأساسية، مج 13، ع (4)، 1-30.

5. دائرة الأرصاد الجوية. (2010-2022). تقارير مناخية. الأردن. تم الاسترداد من <http://jmd.gov.jo/>

6. درادكه، محمد. (2020). تقييم احتمالية زيادة مخاطر تشكل السيول في محافظة اربد باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة اليرموك، اربد- الأردن.

7. علي غانم. (1991). الأحوال الجوية المتصلة بفيضان آذار 1991 في المناطق الجنوبية من الأردن. مجلة الجامعة الأردنية، 20(1)، 1-27.

8. محجوب، خديجة. (2014). استخدام نماذج بوكس-جينكز ونماذج الشبكات العصبية للتنبؤ بكمية فيضان نهر النيل. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم- قسم الإحصاء التطبيقي، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان.

9. Abhijit, P and Prodipto, D. (2014). Flood Prediction Model using Artificial Neural Network, International Journal of Computer Applications Technology and Research Volume 3– Issue 7, 473 - 478, 2014, ISSN: 2319–8656

10. Greater Irbid Municipality, The Swiss Confederation and the United Nations. (2022). Urban Planning & Infrastructure in Migration Contexts, IRBID SPATIAL PROFILE. https://jordan.un.org/sites/default/files/2022-04/220411-final_irbid_profile.pdf
11. Khawaronesa, N, Ching, Y, & Chih, Y. (2021). A GIS-based artificial neural network model for flood vulnerability assessment, *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Feb; 18(3): 1072.
12. Qing, Li, Wenrong Wu, & Punit, B and Markus, D. (2020). Prediction of Maximum Flood Inundation Extents With Resilient Backpropagation Neural Network: Case Study of Kulmbach. *frontiersin*. 05 August 2020
13. Waga, K., Malinen, J., & Tokola, T. (2020). A Topographic Wetness Index for Forest Road Quality Assessment: An Application in the Lakeland Region of Finland. *Forests*, 11(1165), 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.3390/f11111165>
14. Mokarram, M., & Hojati, M. (2018). Landform classification using a sub-pixel spatial attraction model to increase spatial resolution of digital elevation model (DEM). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 21(1), 111-120. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2018EJRSS..21..111M/doi:10.1016/j.ejrs.2016.11.005
15. Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *journal of Services Sciences*, 1(1), 29.
16. Stan, M. (1999). *Gis solution , in Natural Resource Management Tenewable Natural Resource Foundation and National .* Washington: Academy of Sciences National Research Council.
17. Ustin, S. (2004). *Manual of Remote Sensing, Remote Sensing for*. New Jersey: John Wiley & Sons.