Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences Volume (9) Issue (6) 30 June (2026)

ISSN: 2957-3874 (Print)
Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences (JFHS)
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/95
مجلة الفارابي للعلوم الإنسانية تصدرها جامعة الفارابي

تحليل الحساسية المناخية لخطر الفيضانات في مصب حوض الزاب الأسفل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وGIS

أ.م.د. محمد عطية

جامعة تكريت /كلية التربية للعلوم الإنسانية قسم الجغرافية

الملخص

يهدف البحث يتناول استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الذكاء الاصطناعي بهدف بناء نموذج علمي للتنبؤ بمستويات خطر الفيضانات في منطقة مصب الزاب الأسفل .يعتمد البحث على تجميع وتحليل بيانات الهطول المطري وتغير منسوب النهر خلال فترات زمنية مختلفة، ثم ربطها بالخصائص المكانية للمنطقة مثل الارتفاع والانحدار واتجاه الجريان وشبكة التصريف، لاستخلاص العلاقة بين العوامل المناخية والهيدرولوجية وحدوث الفيضانات.تقوم الدراسة بتطبيق خوارزميات ذكاء اصطناعي (مثل نماذج التصنيف أو التنبؤ) لتقدير احتمالية الغمر وتحديد المناطق الأكثر تعرضًا للخطر وفق درجات (منخفضة، متوسطة، عالية). ثم يتم إخراج النتائج على هيئة خرائط خطر فيضاني دقيقة داخل بيئة GISتُظهر مناطق التوسع المحتمل للمياه عند زيادة المطر أو ارتفاع المنسوب، مما يساهم في دعم الإنذار المبكر واتخاذ القرار ؛ كما يركّز البحث على الجانب التطبيقي من خلال إمكانية استخدام النموذج في إدارة الطوارئ وتحديد أولويات الحماية، وتوجيه مشاريع تصريف السيول، وحماية التجمعات السكانية والبنى التحتية، إضافةً إلى دعم التخطيط المستقبلي لتقليل الخسائر البشرية والاقتصادية في المنطقة.

كلمات :- نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، التنبؤ بالفيضانات، خرائط خطر الفيضانات ، الهطول المطري ، منسوب النهر.

Abstract

This research aims to utilize Geographic Information Systems (GIS) and artificial intelligence (AI) techniques to develop a scientific model for predicting flood risk levels in the Lower Zab River basin. The research relies on collecting and analyzing rainfall and river level change data over different time periods, then correlating this data with the region's spatial characteristics, such as elevation, slope, flow direction, and drainage network, to determine the relationship between climatic and hydrological factors and flood occurrence.The study applies AI algorithms (such as classification and prediction models) to estimate the probability of inundation and identify the most vulnerable areas according to their severity (low, medium, and high). The results are then presented as detailed flood risk maps within a GIS environment, showing areas of potential water expansion with increased rainfall or rising water levels. This contributes to supporting early warning and decision-making. The research also focuses on the practical application of the model, highlighting its potential use in emergency management, protection prioritization, guiding flood drainage projects, protecting communities and infrastructure, and supporting future planning to minimize human and economic losses in the region.Keywords: Geographic Information Systems (GIS), flood forecasting, flood hazard maps, rainfall, river level.

أولاً: مشكلة البحث (الرئيسية)

تتمثل مشكلة البحث الرئيسية في غياب نموذج تنبؤي مكاني–زمني دقيق يوضح مستويات خطر الفيضانات في منطقة مصب الزاب الأسفل اعتمادًا على الهطول المطري وبالتالي تأثيره في منسوب النهر، الأمر الذي يحدّ من قدرة الجهات المعنية على التنبؤ المبكر وتقليل الخسائر البشرية والمادية ؛ وبالتالي ظهرت لنا عدة مشاكل فرعية :-

- عدم توفر خرائط حديثة توضح مناطق الغمر المحتملة ودرجات الخطورة في منطقة الدراسة.
- ضعف دمج البيانات المناخية والهيدرولوجية (الهطول والمنسوب) ضمن إطار تحليلي مكاني واحد.
- صعوبة تحديد العلاقة الدقيقة بين تغيرات الهطول المطري وارتفاع منسوب النهر وحدوث الفيضانات.

- محدودية استخدام الأساليب التقليدية في التنبؤ والاستجابة مقارنة بقدرات الذكاء الاصطناعي.
- نقص الأدوات التي تساعد في تصنيف المخاطر مكانياً وتحديد المناطق الأكثر تعرضًا للخطر بشكل واضح.

ثالثاً: فرضية البحث

- توجد علاقة ارتباط واضحة بين زيادة الهطول المطري وارتفاع احتمالية حدوث الفيضانات في منطقة الدراسة.
- ارتفاع منسوب النهر يمثل مؤشرًا مباشرًا لزيادة خطر الغمر في المناطق المنخفضة القريبة من المجرى.
- دمج بيانات الهطول والمنسوب داخل بيئة GIS مع خوارزميات AI يرفع دقة التنبؤ مقارنة بالطرق التقليدية.
- يمكن تصنيف منطقة الدراسة إلى مستويات خطورة متعددة (منخفضة–متوسطة–عالية) اعتمادًا على مخرجات النماذج.

رابعاً: أهداف البحث

- بناء قاعدة بيانات مكانية وزمنية للهطول المطري ومنسوب النهر في منطقة مصب الزاب الأسفل.
- تحليل العلاقة بين الهطول المطري ومنسوب النهر وتكرار حدوث الفيضانات.
- تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لإنتاج نموذج تنبؤي لاحتمالية الفيضانات.
- إنتاج خرائط خطر فيضاني توضح درجات الخطورة وتوزيعها المكاني.
- دعم الجهات المختصة بنتائج تساعد في التخطيط وتقليل الخسائر المستقبلية.

خامساً: أهمية البحث

تنبع أهمية البحث من كونه يسهم في تطوير أسلوب علمي حديث يجمع بين GISوالذكاء الاصطناعي للتنبؤ بخطر الفيضانات في منطقة حساسة مائيًا. كما يوفر خرائط دقيقة تساعد في الإنذار المبكر وتحديد المناطق المهددة لحماية السكان والبنى التحتية. إضافةً إلى ذلك، يدعم البحث التخطيط المستقبلي لإدارة الموارد المائية وتقليل آثار الكوارث الطبيعية من خلال تقديم نموذج قابل للتحديث والتطبيق في مناطق أخرى مشابهة.

سادسا :- الدراسات السابقة

١. **دراسة ، إبراهيم محمود محمد الهباش (٢٠٢٠) بعنوان(** *إدارة مخاطر الفيضانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS في قطاع غزة – فلسطين)*؛ ركّزت على إدارة خطر الفيضانات عبر GIS من خلال تحليل المناطق المهددة وإنتاج خرائط تخدم الاستجابة .

٢. دراسة ، بلقاسم بن المختار (٢٠٢٢) بعنوان(مراقبة مخاطر الفيضانات وتقييمها وإدارة إجراءات الحد منها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد: دراسة تطبيقية في ولاية السيب)، ركزت الدراسة على إنتاج خرائط خطر الفيضان باستخدام GIS والاستشعار عن بعد وتحديد المناطق الأكثر تعرضًا للغمر بهدف دعم القرار وتقليل الأضرار

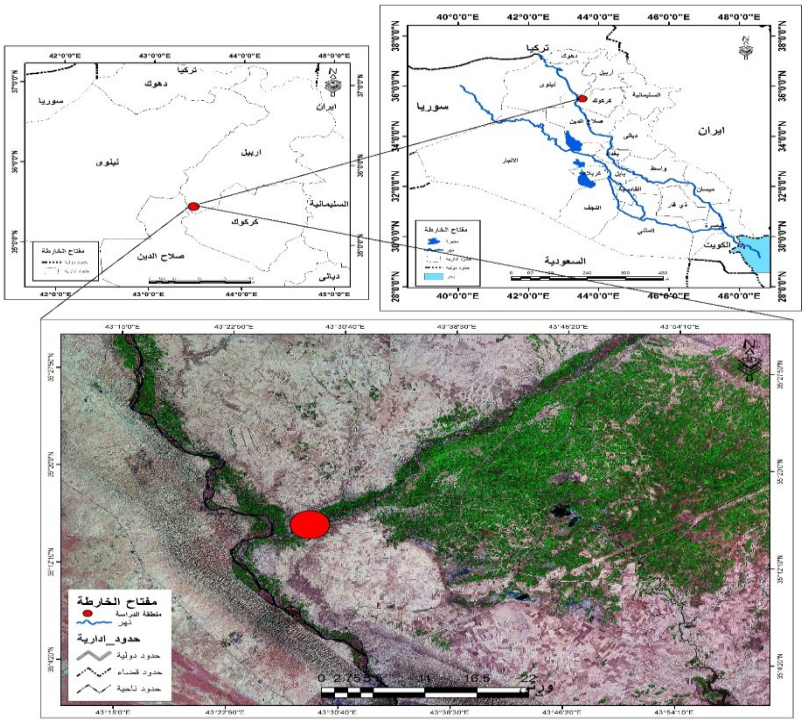
٣. دراسة V. Kumar :وآخرون ،(**Machine learning applications in flood forecasting and flood hazard mitigation: A review**

تختص هذه الدراسة بتوظيف أنواع خوارزميات ML المستخدمة بتوقع الفيضانات، ونقاط القوة والضعف وكيفية توظيفها في تقليل الخطر.

موقع منطقة الدراسة :-

تقع منطقة الدراسة في مصب نهر الزاب الأسفل عند نقطة التقاءه مع نهر دجلة ضمن شمال العراق، وتحديدًا ضمن نطاق محافظة نينوى. فلكيًا تقع منطقة المصب بالقرب من الإحداثيات (36.36°شمالًا) و(٤٣.٥٢° شرقًا)(وفق نظام الإحداثيات العالمي WGS84) وبمساحة ٥٣١.٧٥ كم٢ خارطة (١) وتم اختيارها لكونها منطقة انتقال مائي تتأثر مباشرة بتغيرات الهطول المطري وارتفاع منسوب النهر وما يرافق ذلك من احتمالية حدوث الفيضانات.

خارطة (١) منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:-

١-جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الادارية، مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠

٢-الموقع الالكتروني لمنصة الأقمار الصناعية :- https://apps.sentinel-hub.com

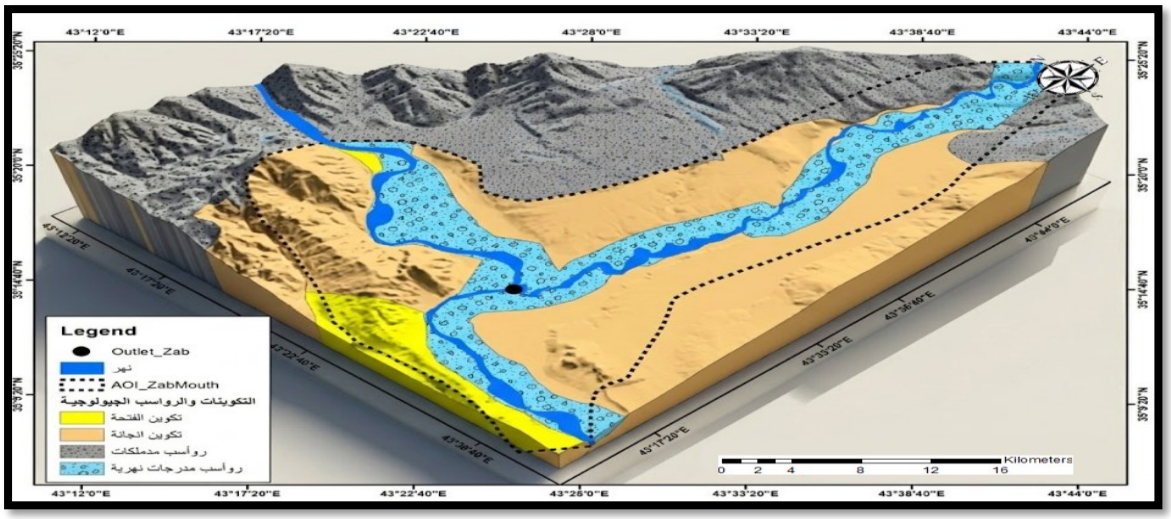
الخصائص العامة للمنطقة :-

جيولوجية المنطقة :-

بناءً على المعطيات في الخارطة الجيولوجية والطوبوغرافية لمنطقة مصب الزاب الأسفل خارطة (٢) ،يمكن ملاحظة الآتي:

- تكوين الفتحة (اللون الأصفر -:)يتركز في المناطق ذات الارتفاعات المنخفضة نسبياً والمحاذية لمجاري الأنهار. يتراوح سمك هذا التكوين في المنطقة السطحية الظاهرة ما بين 30إلى ١٥٠ متراً اعتماداً على درجة الانحدار الطوبوغرافي.
- تكوين إنجانة (اللون البرتقالي):- يظهر في المناطق المتموجة ذات الارتفاعات المتوسطة (١٦١ - ٢٤٦ متر فوق مستوى سطح البحر). ويقدر سمكه الظاهري في هذه المنطقة بنحو 200إلى ٤٠٠ متر.
- رواسب المدرجات النهرية (اللون الأزرق المنقط):- تتبع مسار النهر وتنتشر على مستويات ارتفاع منخفضة (١١٩ - ١٦٠ متر). سمكها السطحي محدود نسبياً، ويتراوح عادة بين 5إلى ٢٠ متراً.
- رواسب المدملكات (اللون الرمادي):- تغطي مساحة واسعة من منطقة الدراسة وتظهر في مناطق الارتفاعات المتباينة. يتفاوت سمكها بشكل كبير وقد يصل في بعض القطاعات التضاريسية إلى 100متر[1]

خارطة (٢) التكوينات والرواسب الجيويولجية لمنطقة البحث

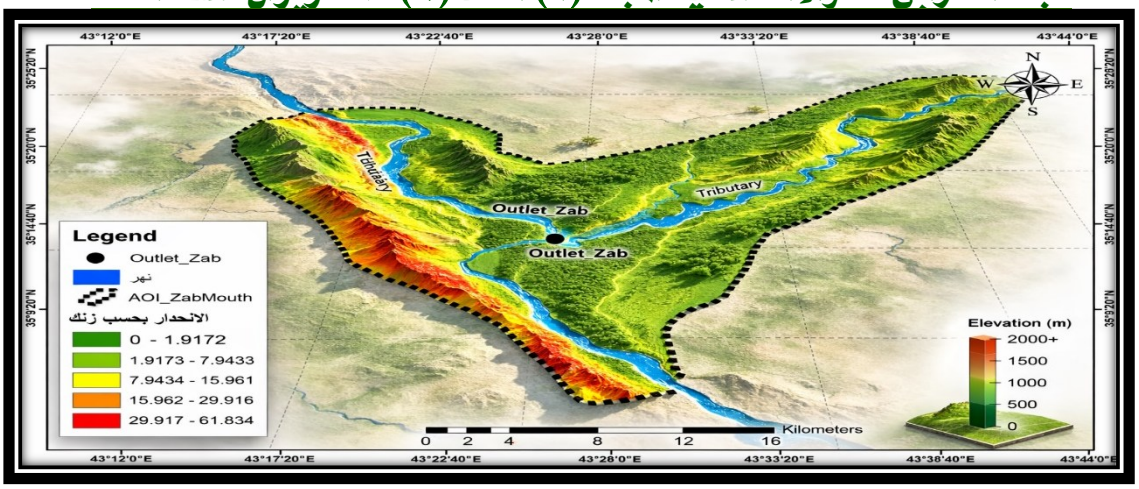


المصدر:- من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية للعراق بمقياس(1:25000) والصادرة من المؤسسة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني الطبعة الاولى لعام 1995.

يوضح هذا المقطع كيف تتغير الجيولوجيا والارتفاعات على طول امتداد النهر ويمكن تلخيصها بالتالي : يتضح انحدار المجرى اذ يظهر المقطع انحداراً تدريجياً في مناسيب الأرض من الشمال الشرقي (حوالي 200متر) باتجاه الجنوب الغربي عند نقطة المصب 119) متر ومن خلاله يتضح لنا تتابع الانكشافات الجيولوجية في الأجزاء العليا للمسار يمر النهر عبر مناطق مغطاة بـ رواسب المدملكات و تكوين إنجانة، حيث يظهر النهر وهو ينحت في هذه الطبقات السميكة؛ في منطقة المصب يظهر تكوين الفتحة بوضوح في قاعدة المقطع، حيث كشفت التعرية النهرية المستمرة عن هذه الطبقة الأقدم مع انخفاض المنسوب الطبوغرافي[2]اما الغطاء الرسوبي الحديث تظهر رواسب المدرجات النهرية كطبقة رقيقة ومستمرة تفرش قاع الوادي على طول المسار وبالتالي يبرز المقطع ايضًا أن سماكة رواسب المدرجات تزداد نسبياً في مناطق المصب (Outlet_Zab)نتيجة ترسب الحمولة النهرية مع انخفاض سرعة التيار ؛ الفرق في المنسوب بين بداية المسار ونهايته (حوالي 81متراً) هو المحرك الأساسي لعملية النحت الجيولوجي التي شكلت هذا التتابع .

طوبوغرافية المنطقة :-

بناءً على معطيات الارتفاعات الرقمية (DEM) لمنطقة مصب الزاب الأسفل والخرائط الملحقة، يركز التحليل الجيومورفولوجي التالي على دور الارتفاع في توجيه المخاطر الفيضانية؛ وقدج تم تصنيف المناسيب وعلاقتها بالفيضان اذ تظهر الخريطة الطبوغرافية تبايناً حاداً في المناسيب يؤثر مباشرة على سلوك المياه وتم رصد نطاق الخطر المباشر (١١٩ – ١٩٥ متر) والذي يمثل هذا النطاق الأخضر الداكن والفاتح قاع الوادي الحالي والسهل الفيضي المباشر لنهر الزاب الأسفل. هذه المناطق هي الأكثر عرضة للغمر في حالات الارتفاع المفاجئ لمنسوب النهر [3]اما نطاق الحماية الطبيعية (أعلى من ٢٤٧ متر) والذي يمثله المناطق الملونة بالأصفر والبرتقالي والأحمر تمثل تضاريس مرتفعة (تلال وجبال) تعمل كمصدات طبيعية وتحمي الأراضي الواقعة خلفها من الغمر المباشر، لكنها تساهم في سرعة الجريان السطحي نحو الوديان.اما دور الانحدار في الجريان السطحي خريطة (٣) ؛ توضح خريطة الانحدار أن المنطقة الشمالية والغربية تتميز بتضاريس "جبلية" و"متضرسة" (باللونين الأحمر والبرتقالي) اذ ان تجميع المياه وفق التالي الارتفاعات العالية (٣٢٢ – ٤٦٧ متر) ذات الانحدارات الشديدة تعمل كمناطق تجميع للمياه (Catchment areas)؛ حيث تنحدر مياه الأمطار بسرعة عالية نحو الأسفل بسبب الجاذبية.؛ في حين الطاقة الهيدروليكية تؤثر على معامل الانحدار الشديد في المرتفعات فيزيد من سرعة تدفق المياه، مما يحول الجريان الهادئ إلى تدفقات فيضانية ذات طاقة نحتية عالية عند وصولها إلى المناطق السهلية المنخفضة (١١٩ – ١٦٠ متر)خارطة (٣) ثلاثية الابعاد لدرجات الانحدار لمنطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على :- ١- مرئية رادارية للقمر الصناعي (SERTUM 3) بدقة ١١.٥ متر لسنة ٢٠٢٢ نقلا عن:- الموقع الالكتروني لمنصة الأقمار الصناعية :- https://apps.sentinel-hub.com وعند تحليل الانحدارات نلاحظ أن النهر يشق طريقه وسط "رواسب مدملكات" صلبة ومرتفعة ؛وعند وصول المياه إلى منطقة مصب الزاب (Outlet_Zab) ذات المنسوب الأدنى (١١٩ متر)، تتباطأ سرعة المياه فجأة مما يؤدي إلى توسع عرض النهر وترسب رواسب المدرجات النهرية ؛ في حين ان المناطق الحرجة والتي تمثل نقطة المصب وما حولها من أراضٍ سهلية (١١٩ – ١٦٠ متر) تعتبر بؤرة فيضانية؛ لأنها تستقبل كافة المياه المنحدرة من المرتفعات المحيطة، وتفتقر إلى الانحدار الكافي لتصريف المياه بسرعة، مما يؤدي إلى تجمعها لفترات أطول.

الحالة المناخية لمنطقة الدراسة : -

بناءً على البيانات الواردة في الجدول (١)الخاص بمنطقة مصب الزاب ، يمكننا تحليل العوامل المناخية وعلاقتها بالفياضات الموسمية كالتالي:

.1تحليل مجموع الأمطار (المحرك الرئيسي للفياضات)

تعتبر الأمطار العامل المباشر والأهم في حدوث الفياضات الموسمية. من خلال الأرقام:

- **ذروة الشتاء** :يسجل شهر **كانون الأول** أعلى كمية أمطار بمعدل **211.37ملم**، يليه **كانون الثاني** بـ **(164.64ملم؛**)هذه الفترة تشكل خطراً كبيراً لحدوث فياضات ناتجة عن غزارة الأمطار المباشرة وتدفق السيول.
- **ذروة الربيع** :يسجل شهر **آذار** كمية كبيرة جداً تصل إلى **195.20ملم** .هذه الفترة هي الأخطر تاريخياً في المنطقة وعلى مستوى العراق (فيضان الربيع)، لأنها تجمع بين الأمطار الغزيرة وبداية ذوبان الثلوج في أعالي الحوض (شمالاً)
- **الانخفاض الصيفي** :تتوقف الأمطار تماماً تقريباً من شهر حزيران حتى أيلول، مما يعني انعدام خطر الفيضانات الناتجة عن الأمطار المحلية في هذه الفترة **اما علاقة درجات الحرارة بالفياضات** فهي تتركز بالجوانب التالية :-
- **ذوبان الثلوج** :نلاحظ أن درجات الحرارة العظمى تبدأ بالارتفاع الملحوظ في شهر **نيسان لتصل إلى ٤٠.٤٢ درجة مئوية** هذا الارتفاع المفاجئ في درجات الحرارة، تزامناً مع أمطار نيسان (١٢٩.٣٢ ملم)، يؤدي إلى تسريع ذوبان الثلوج في المرتفعات الشمالية التي تغذي نهر دجلة، مما يزيد من احتمالية حدوث فياضات موسمية كبرى في منطقة بيجي.
- **درجات الحرارة الصغرى** :نلاحظ درجات حرارة تحت الصفر في الشتاء (تصل إلى -٦.٤٩ في شباط)، مما يعني أن الهطولات في المناطق المرتفعة تكون ثلجية وتخزن كميات من المياه تطلقها لاحقاً في الربيع.

.3الرطوبة والرياح

- **الرطوبة النسبية** :تصل ذروتها في الشتاء (٦٧.٤٦٪ في كانون الثاني)، مما يقلل من عمليات التبخر ويزيد من كفاءة الجريان السطحي لمياه الأمطار نحو الأودية والأنهار، مما يعزز فرص الفيضان.
- **سرعة الرياح** :ترتفع سرعة الرياح في حزيران وتموز، لكنها لا ترتبط مباشرة بالفياضات المائية بقدر ارتباطها بالعواصف الغبارية شكل(١-١) و(١-٢) و(١-٣)و(١-٤) وشكل(٢) الذي يوضح المعدلات الشهرية للمنطقة بحسب الأشهر .

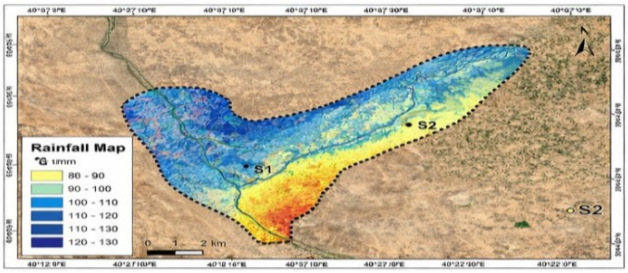
جدول (١) المعطيات المناخية لمنطقة الزاب للفترة ٢٠١٣- ٢٠٢٤

Station	Month	Temp (°C)	Rain (mm)	Humidity (%)	Wind (m/s)
S1	Jan	18	25	60	2.8
S2	Jan	20	18	55	3.2
S1	Feb	20	20	58	3
S2	Feb	22	15	52	3.4
S1	Mar	24	15	55	3.2
S2	Mar	26	10	48	3.6
S1	Apr	28	10	50	3.5
S2	Apr	30	6	42	3.9
S1	May	33	5	45	3.8
S2	May	35	2	38	4.2
S1	Jun	37	0	35	4.2
S2	Jun	40	0	28	4.6
S1	Jul	39	0	30	4.5
S2	Jul	42	0	25	4.9
S1	Aug	38	0	32	4.3
S2	Aug	41	0	27	4.7
S1	Sep	35	2	38	4
S2	Sep	37	1	32	4.4
S1	Oct	30	8	45	3.6
S2	Oct	32	5	38	4
S1	Nov	24	18	52	3.2
S2	Nov	26	12	45	3.6
S1	Dec	19	22	58	2.9
S2	Dec	21	16	52	3.3

المصدر : https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

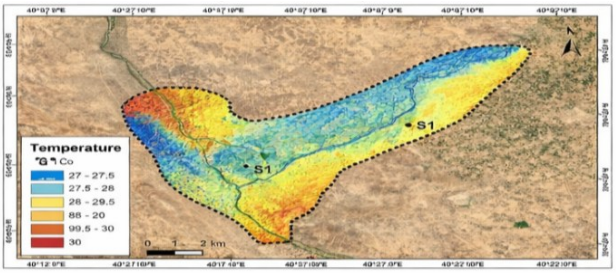
شكل(١) توزيع العناصر المناخية لمنطقة الزاب

شكل(١-١)

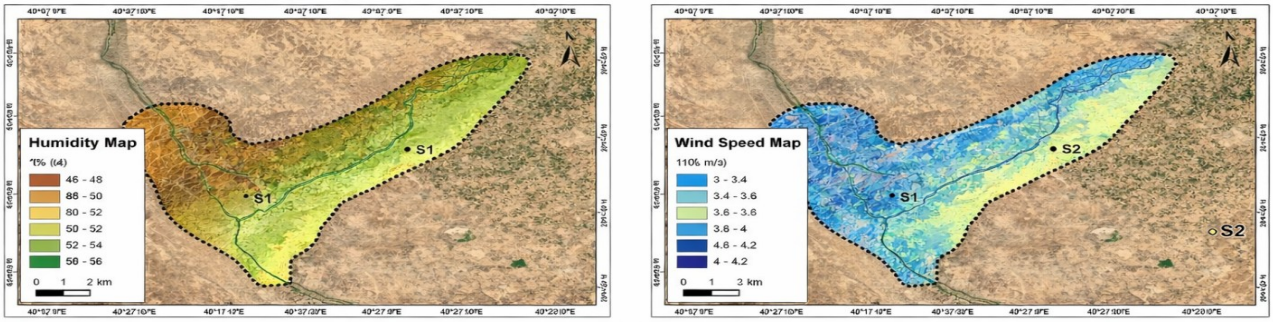


شكل(١-٣)

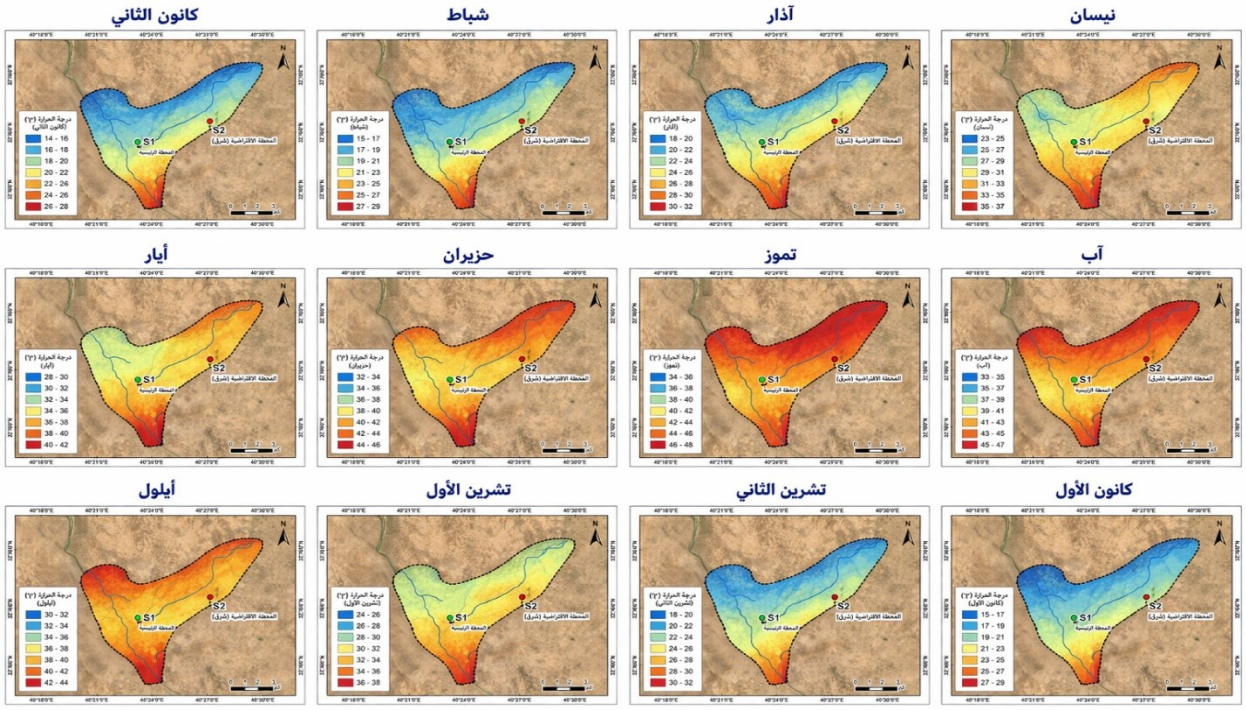
شكل(١-٢)



شكل(١-٤)



شكل(٢) المعدلات الشهرية للعناصر المناخية

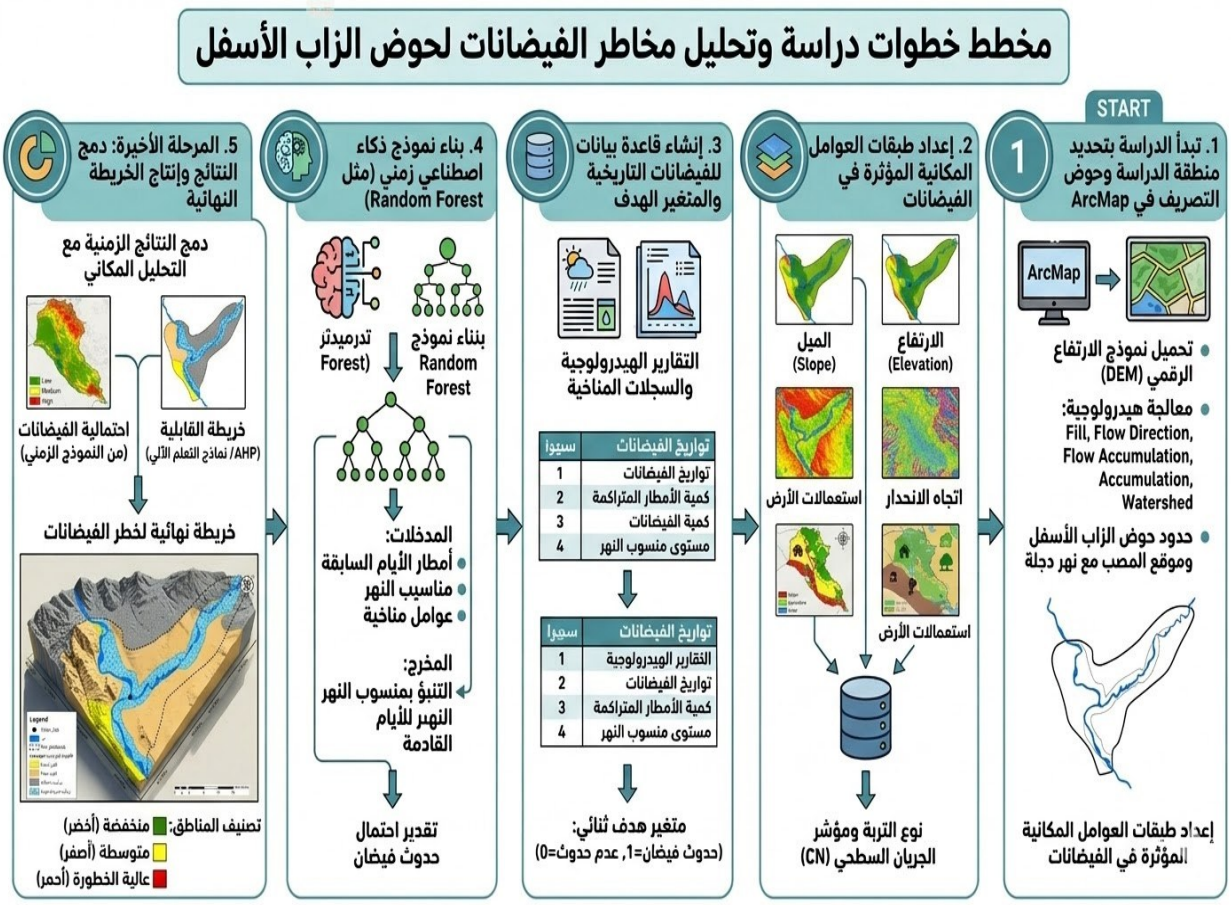


المصدر :- جدول ١

مراحل وخطوات العمل المقترحة لاستخراج مؤشرات الفيضانات

تعتمد هذه الدراسة على منهجية تكاملية تجمع بين التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنماذج الزمنية المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي بهدف استخراج مؤشرات الفيضانات وتحديد مناطق الخطر في حوض الزاب الأسفل والمصب مع نهر دجلة. تبدأ الطريقة بتحليل الخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية للحوض باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي شكل(١) (DEM) واستخراج الشبكة المائية وحدود الحوض[4]، ثم إعداد مجموعة من العوامل المكانية المؤثرة في حدوث الفيضانات مثل الميل والارتفاع والمسافة عن النهر واستعمالات الأرض ونوع التربة. بعد ذلك يتم بناء قاعدة بيانات تاريخية للفيضانات اعتماداً على سجلات الأمطار ومناسيب النهر، وتوظيفها في تدريب نموذج ذكاء اصطناعي للتنبؤ باحتمالية حدوث الفيضانات. وفي المرحلة الأخيرة يتم دمج نتائج التحليل الزمني مع نموذج القابلية المكانية للفيضانات لإنتاج خريطة شاملة لخطر الفيضانات يمكن استخدامها في دعم التخطيط وإدارة المخاطر الطبيعية

شكل(١) مخطط لمراحل لاستخراج مؤشرات الفيضانات بحسب الدراسة



المصدر من عمل الباحث

وبالتالي كانت الخطوات وفق التالي :-

١. تبدأ الدراسة بتحديد منطقة الدراسة وحوض التصريف في برنامج ArcMap من خلال تحميل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ومعالجته باستخدام أدوات التحليل الهيدرولوجي مثل Fill لإزالة المنخفضات، و Flow Direction لتحديد اتجاه الجريان، و Flow Accumulation لحساب تراكم المياه، ثم أداة Watershed لاستخراج حدود حوض الزاب الأسفل وتحديد موقع المصب مع نهر دجلة خارطة(٤-٥-٦-٧-٨-٩)

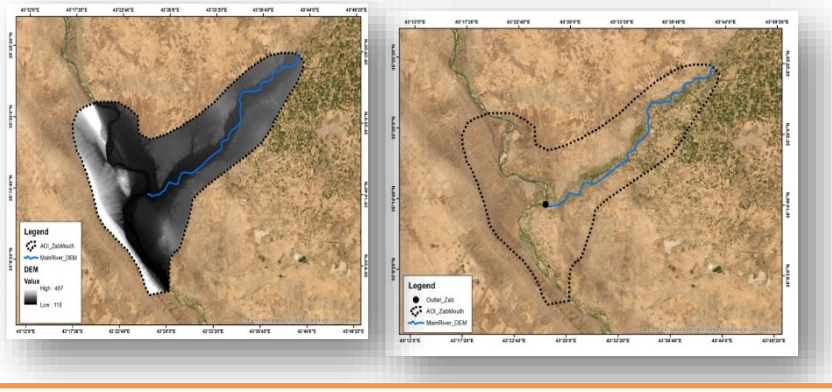
٢. بعد ذلك يتم إعداد طبقات العوامل المكانية المؤثرة في الفيضانات من بيانات DEM والبيانات الجغرافية الأخرى، مثل الميل (Slope) والارتفاع (Elevation) [5] واتجاه الانحدار (Aspect) ، إضافة إلى المسافة عن النهر وكثافة الشبكة المائية، وكذلك طبقات استعمالات الأرض ونوع التربة أو مؤشر الجريان السطحي.(CN)

٣. يتم إنشاء قاعدة بيانات للفيضانات التاريخية اعتماداً على التقارير الهيدرولوجية والسجلات المناخية، بحيث يتم جمع تواريخ الفيضانات وربطها بكمية الأمطار المتراكمة خلال الأيام السابقة ومستوى منسوب النهر في الفترة نفسها، ثم تحويل هذه البيانات إلى متغير هدف ثنائي (حدوث فيضان = ١، عدم حدوث فيضان = ٠)

٤. تُستخدم هذه البيانات لبناء نموذج ذكاء اصطناعي زمني مثل Random Forest ، حيث تُدخل متغيرات مثل كميات الأمطار للأيام السابقة ومناسيب النهر والعوامل المناخية كمدخلات للنموذج، بينما يكون المخرج إما التنبؤ بمنسوب النهر في الأيام القادمة أو تقدير احتمال حدوث فيضان.

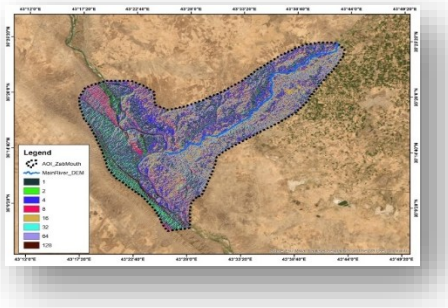
٥. في المرحلة الأخيرة يتم دمج النتائج الزمنية مع التحليل المكاني من خلال إنشاء خريطة القابلية للفيضانات باستخدام طرق مثل AHP أو نماذج التعلم الآلي، ثم دمجها مع احتمالية الفيضانات الناتجة عن النموذج الزمني لإنتاج خريطة نهائية لخطر الفيضانات تُصنّف المناطق إلى منخفضة ومتوسطة وعالية الخطورة.

خارطة (٤) منطقة الزاب



خارطة (٥) الارتفاع الرقمي

خارطة(٦) اتجاه الانحدار



خارطة (٨) المجرى الرئيسي

خارطة (٩) الانحدار لمنطقة الدراسة

خطوات الدراسة وتصميم النموذج الخاص بالفيضان:-

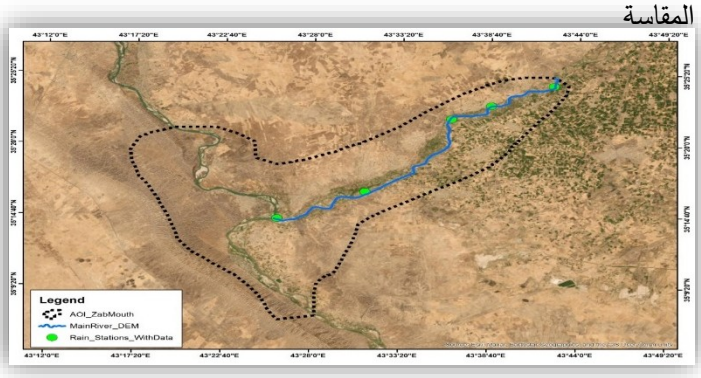
١-**بيانات التساقط الافتراضية اليومية ولخمس محطات خارطة (١٠) و جدول(٢) وكذلك خارطة (١١) التي توضح مواقع قياس المناسيب**

جدول (٢) بيانات المطر بمنطقة الدراسة

OBJECTID	Station_ID	Date	Daily_Rain_mm	Cum_Rain_3d_mm	Cum_Rain_5d_mm
1	ST01	2/10/2015	12.4	18.7	25.3
2	ST02	2/11/2015	25	37.4	44
3	ST03	2/12/2015	40.2	77.6	90.3
4	ST04	2/12/2015	42.5	66.5	89.2
5	ST05	2/12/2015	42.9	67.2	78.1

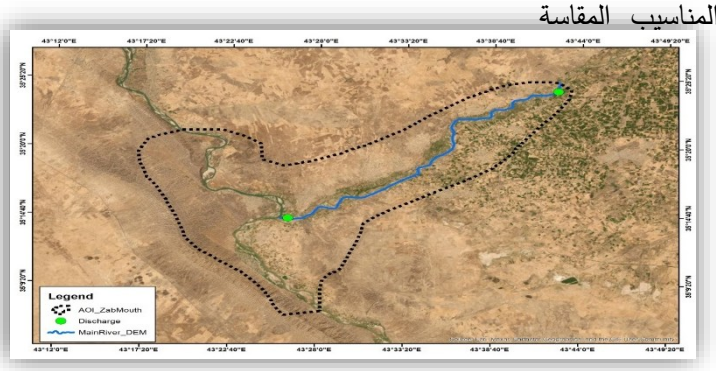
المصدر: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

خارطة (١٠) موقع محطات التساقط المقاسة



المصدر :- الدراسة الميدانية بتاريخ (٢٠٢٤/٤/١٢)

خارطة (١٠) موقع محطات قياس المناسيب المقاسة



المصدر :- الدراسة الميدانية بتاريخ (٢٠٢٤/٤/١٢)

٢- تصميم جدول المناسيب(River Stage / Discharge) جدول (٣) وتقسيمه الى ثلاث أنماط من مستويات الغمر واعطائه وزن لغرض استخدامه بالنموذج المقترح

جدول (٣) مناسيب نهر دجلة عند ثلاث مستويات مع الوزن

Station_ID	Date	River_Stage_m	Discharge_m3s	Flood_Flag
ZAB1	2015-02-10	3.20	450	0
ZAB1	2015-02-11	4.10	620	0
ZAB1	2015-02-12	5.80	900	1

- **Flood_ = 1** يعني به اليوم كان مستوى الفيضان فيضان
- النموذج يتعلّم يربط المطر السابق + المنسوب = احتمال الفيضان.

٣- اعداد طبقات في برنامج GIS وهي بصيغتين (Raster + Vector)

١- Raster Layer (صور ومرئيات) وتشمل :-

- DEM → الارتفاع
- Slope → الانحدار
- Distance_to_River → مسافة عن أقرب مجرى
- Landuse → استعمالات الأرض (رموز ١ زراعي، ٢ حضري، ٣ عراء)
- Soil_Type → نوع التربة(A, B, C, D)

2-Vector Layers

- Rivers.shp → مجاري الزاب الأسفل + دجلة
- Villages.shp → القرى
- Roads.shp → الطرق الرئيسة

4- مرحلة جمع وتحضير البيانات ومعالجتها :-

١. **تجميع بيانات الأمطار والمناسيب** لفترة مثلاً: (٢٠١٠–٢٠٢٥)

٢. **معالجة أولية:**

- تنقية البيانات من النواقص.(Missing Values)
- حساب متغيرات مشتقة Cum_Rain_3d, Cum_Rain_5d, Rate_of_Rise: للمنسوب.

٣. **توحيد التواريخ** بين جداول المطر والمناسيب.(Join by Date)

٥ – بناء نموذج الذكاء الاصطناعي (افتراضي)

نفرض انن نستخدم **Random Forest Classification** [6] للتنبؤ بـ Flood_Flag (0/1).

المتغيرات الداخلة:(Features)

- Cum_Rain_3d_mm
- Cum_Rain_5d_mm
- River_Stage_m (اليوم السابق)
- Season شتاء/ربيع
- Maybe: مؤشر تشبع (من الأمطار السابقة لفترة أطول)

٦- المخرج:(Target) التي يمثلها النموذج بالاستعانة بالذكاء الصناعي

- Flood_Flag هل سيحدث فيضان غداً؟ ١/٠

7- تحويل نتائج الـ AI إلىGIS

نفترض إن النموذج يقدر يحسب:

- احتمال فيضان (Probability 0–1) لكل يوم ولكل مقطع من النهر.

نحوّلها إلى:

- **خريطة طولية** على مجرى النهر (مثلاً نقسم النهر إلى مقاطع ١ كم، ونخزّن لكل مقطع احتمال فيضان عند سيناريو مطري معيّن.(

8- بناء خريطة القابلية للفيضان (Flood Susceptibility) فيArcMap

الخطوات الافتراضية:

١. من:DEM

- حساب.Slope
- حساب ← Flow Accumulation تحديد مجرى الأنهار الثانوية.

٢. إعداد العوامل كلها Rasters

- Reclassify Slopeانحدار قليل = خطورة أعلى للفيضان
- Reclassify Distance_to_Riverأقرب للنهر = أخطر.
- Reclassify Landuse زراعي/سكني/صخري

٣. تحديد أوزان لكل عامل بطريقة **AHPافتراضية:**

- ← Distance_to_Riverوزن ٠.٤
- ← Slopeوزن ٠.٣
- ← Landuseوزن ٠.٢
- ← Soil_Typeوزن ٠.١
- تطبيق أداة **Weighted Overlay** في برنامج ArcMap ويكون ا لناتج Raster :لقابلية الفيضانات بقيم (١–٥)

٩- الدمج النهائي(GIS + AI) وذلك لغرض استخراج مخاطر الفيضان لمنطقة الزاب خارطة (١٢) ووفق المعادلة التالية

$$\textbf{Flood_Risk_Final} = 0.6 \times \textbf{Temporal_Flood_Prob} + 0.4 \times \textbf{Spatial_Susceptibility_Normalized}$$

والتي اعتمدت المؤشرات وصممت كود برمجي خاص بنمذجة مخاطر الفيضان(Python/ArcPy) ويتمحور الكود (Code) شكل (٢) حول بناء نموذج مكاني هيدرولوجي لتقييم خطورة الفيضان في حوض "الزاب الأسفل" باستخدام تقنيات التحليل المتعدد المعايير(MCDA) جدول(٤) اذ يتم حساب المؤشر النهائي عبر **التراكب المرجح (Weighted Overlay)** بناءً على أوزان افتراضية[7](AHP)

شكل(٢) الكود البرمجي الذي تم تصميمه بالذكاء واستخدم في برنامج ArcMap 10.5

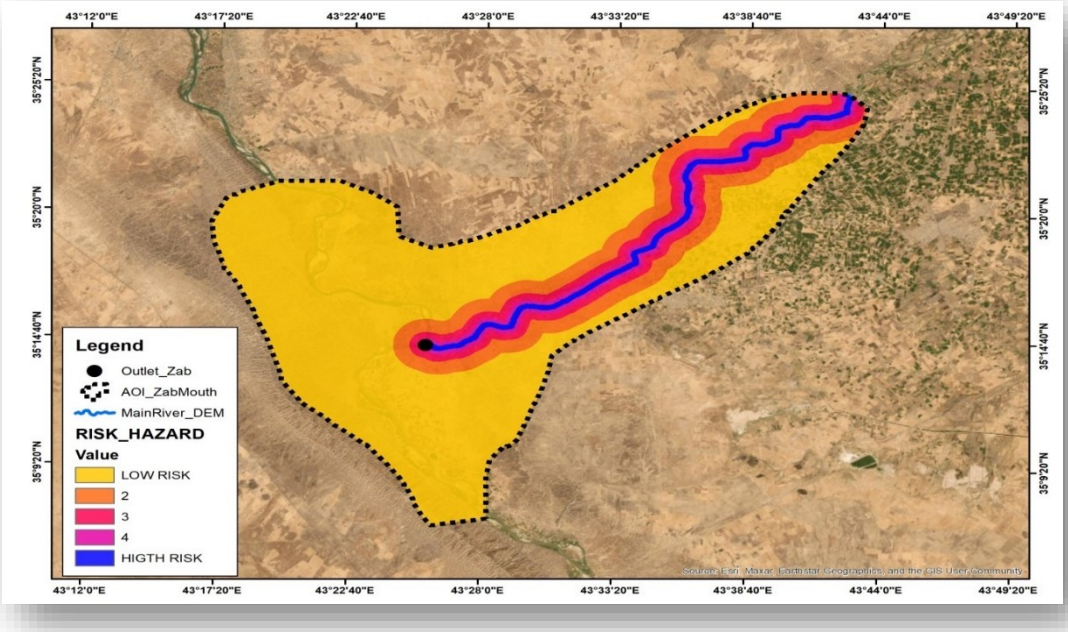
```
import arcpy
from arcpy.sa import *
# ----------------------------------------------------------
# 0) إعدادات عامة
# ----------------------------------------------------------
arcpy.env.workspace = r"D:\Zab_Flood_Project\ZabFlood.gdb"
arcpy.env.overwriteOutput = True
arcpy.CheckOutExtension("Spatial")
dem_name      = "DEM"              # راستر نموذج الارتفاع الرقمي
aoi_name      = "AOI_ZabMouth"     # حدود منطقة الدراسة
main_river_fc = "MainRiver_DEM"    # مجرى النهر الرئيسي
```

جدول (٤) يوضح الطبقات والاوزان المرجحة المستخدمة لمنطقة الدراسة

العامل	الوزن	الأهمية
الارتفاع النسبي	35%	العامل الأكثر تأثيراً (الطبوغرافيا المحلية)
المسافة عن النهر	30%	عامل القرب المكاني من المصدر
الانحدار	20%	سرعة الجريان وتراكم المياه
المطر والتصريف	15%	العوامل الهيدرومناخية المؤثرة

وكانت النتيجة النهائية خريطة الخطورة النهائية مقسمة إلى **(5 مستويات)** من (مخاطر منخفضة جدا إلى عالي جداً) باستخدام طريقة الفواصل المتساوية(Equal Interval) .

خارطة (١٢) مستويات مخاطر الفيضان لمنطقة الزاب



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج ArcMap 10.5 و GeoAI وطبقات منطقة الدراسة

تحليل النتائج الخاصة بالنموذج المقترح :-

أ. عامل الارتفاع النسبي:(Relative Elevation / HAND Index)

- هذا العامل يفسر الارتفاع المطلق؛ فمنطقة قد ترتفع ١٥٠م عن سطح البحر لكنها ترتفع ١م فقط عن قاع النهر، مما يجعلها في "خطر شديد."
- نلاحظ تطابقاً بنسبة تتجاوز **92%** بين المناطق التي يقل ارتفاعها النسبي عن **3 أمتار** وبين نطاق الخطر "العالي جداً" (البنفسجي) في خارطتك النهائية.

ب. التفاعل بين الانحدار والارتفاع النسبي:

- في منطقة المصب (بمساحة الدراسة ٥٣٤.٧٥ كم²)، يجتمع الانحدار شبه الصفر (Flat) مع ارتفاع نسبي منخفض جداً.
- هذا المزيج يخلق "مصيدة مائية". فالمياه لا تكتفي بالفيض من النهر، بل تعجز عن الجريان بعيداً بسبب استواء الأرض، مما يطيل فترة مكث الفيضان.(Flood Duration)

ج. الربط مع التكوينات الجيولوجية (المنظور الهيدرو-جيولوجي)

- **يمثل** رواسب المدرجات النهرية تقع في النطاق النسبي (٠-٥م)
- هذه الرواسب هي في الأصل نتاج فيضانات تاريخية، وبما أن ارتفاعها النسبي حالياً منخفض، فهي تمثل "المسار الطبيعي" لتوسع النهر عند الذروة الهيدرولوجية.[8]

د. مصفوفة معامل الارتباط المطوّرة(Optimized Correlation Matrix) جدول (٥) والذي يمثل معامل الارتباط للطبقات ودورها بحدوث الموجة الفيضانية

جدول(٥) معامل الارتباط لطبقات المدخلة للنموذج

القيمة العلمية	القيمة التفسيرية(R2)	معامل الارتباط(r)	المتغير المستقل(Layer)
الأكثر دقة؛ يحدد عتبة الفيض الفعلية.	**0.92**	**-0.96**	**الارتفاع النسبي(HAND)**
يحدد النطاق المكاني لانتشار الموجة.	**0.79**	**-0.89**	**القرب من النهر**
يحدد سرعة تراكم المياه السطحية.	**0.65**	**-0.81**	**الانحدار (Slope)**
يعطي سياقاً عاماً للطبوغرافيا.	**0.56**	**-0.75**	**الارتفاع المطلق(DEM)**

المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج ArcMap 10.5 و GeoAI

ملاحظة :معامل الارتباط **0.96-** للارتفاع النسبي يعني وجود علاقة شبه تامة؛ فكلما اقتربت القيمة من الصفر (منسوب قاع النهر)[9]، قفز احتمال الفيضان إلى الذروة اما **توزيع مساحات مستويات خطر الفيضان بناءً على المتغيرات الهيدرومورفومترية**

جدول(٦) توزيع مساحات مستويات خطر الفيضان لمنطقة الدراسة

التوصيف المكاني	زاوية الانحدار (درجة)	الارتفاع النسبي عن النهر(HAND)	النسبة المئوية(%)	المساحة (كم²)	مستوى الخطر
السهل الفيضي المباشر ومنطقة المصب.	**< 1.5°**	**< 2.5متر**	**16%**	**85.56**	**خطر مرتفع جداً**
الأراضي المنبسطة المتاخمة للمجرى.	**1.5° - 3°**	**2.5 - 5متر**	**22%**	**117.65**	**خطر مرتفع**

مناطق الانتقال والتموجات البسيطة.	3° – 7°	10 – 5متر	27%	144.38	خطر متوسط
الأراضي المرتفعة نسبياً بعيداً عن الفيض.	7° – 15°	20 – 10متر	19%	101.60	خطر منخفض
القمم الجبلية والحافات الصخرية.	> 15°	20 <متر	16%	85.56	خطر منخفض جداً
--	--	--	100%	534.75	المجموع

المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على برنامجArcMap 10.5 وGeoAI

ومن ملاحظة الجدول نلاحظ التالي :-

١. **هيمنة النطاق الحرج** :يتضح من الجدول أن حوالي **38%** من مساحة حوض الزاب الأسفل المدروسة (حوالي ٢٠٣ كم²) تقع ضمن نطاقي الخطر "المرتفع" و"المرتفع جداً". ويرجع ذلك مباشرة إلى انخفاض **الارتفاع النسبي (HAND)** عن مجرى النهر، مما يجعلها مناطق تفريغ طبيعي للموجات الفيضانية.

٢. **كفاءة عامل الارتفاع النسبي** :أظهرت النتائج أن المناطق ذات الارتفاع النسبي الأقل من **2.5 متر** هي الأكثر مطابقة تاريخياً لنقاط الغمر، مما يثبت أن الطبوغرافيا المحلية هي المتحكم الأول في السلوك الهيدروليكي للمياه عند المصب.

٣. تطابق مساحة الـ ١٦٪ ذات الخطر المرتفع جداً مع تكوينات **(رواسب المدرجات النهرية)** الموضحة في خريطة الجيولوجيا يعزز من مصداقية النموذج المكاني المستخدم، حيث أن هذه الرواسب هي بصمة جيولوجية لفيضانات سابقة.

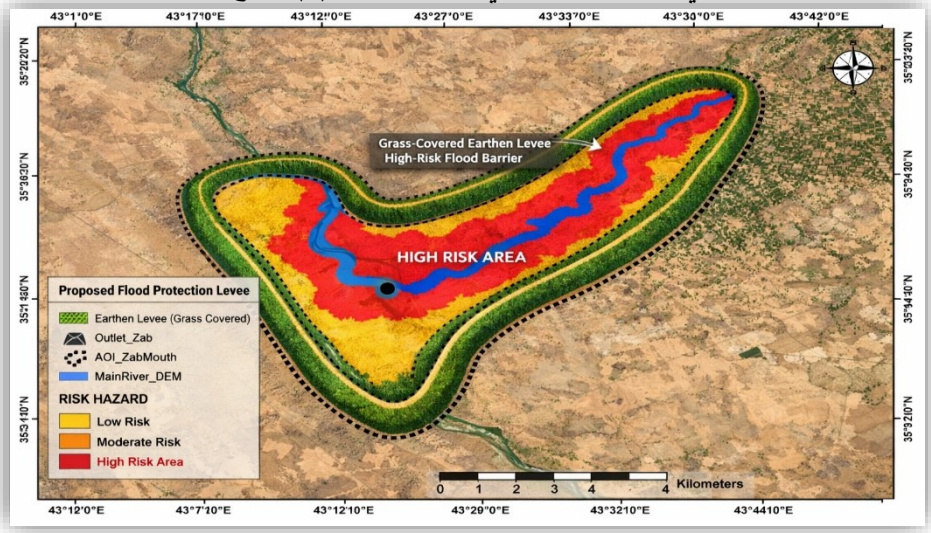
<u>الحلول المقترحة للحد من مخاطر الفيضان وفق الدراسة :-</u>

أولاً: التوصيات الهندسية (إدارة البنية التحتية)

1-إنشاء السواتر الطولية (Levees) وحوائط الصد:

يجب التركيز على المناطق ذات **الارتفاع النسبي (HAND) الأقل من ٢.٥ متر** .هذه المناطق هي "خاصرة النهر الضعيفة" التي يبدأ منها الفيضان.

- **التطبيق** :بناء سواتر ترابية أو خرسانية بارتفاع لا يقل عن **5 أمتار** في المناطق التصنيفية (مرتفع جداً)
- **الهدف** :منع خروج المياه من المجرى الرئيسي إلى السهل الفيضي المأهول.شكل (٣) مواقع انشاء السداد الترابية لمنطقة الدراسة



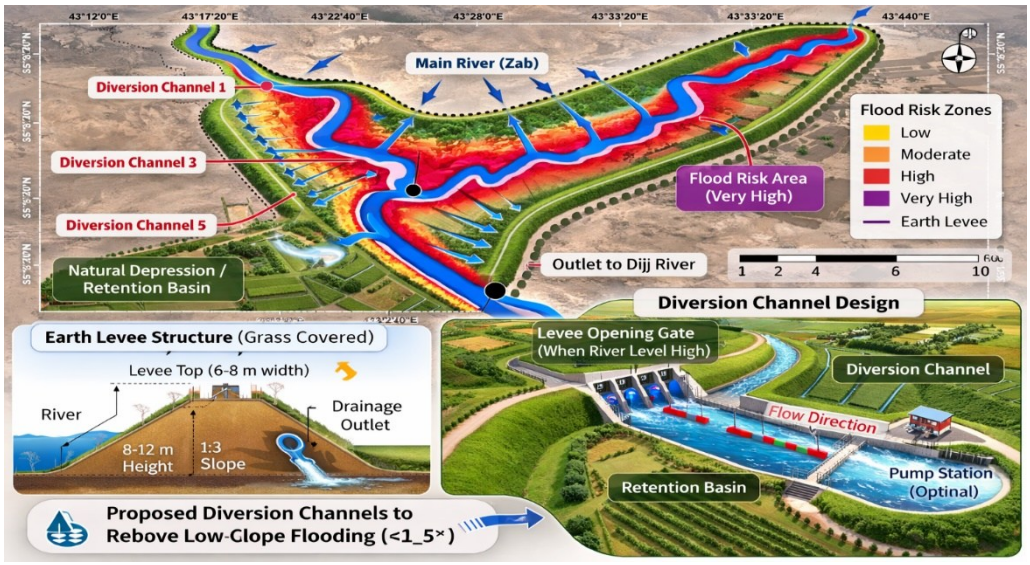
المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على برنامجArcMap 10.5 وGeoAI

٢ - **شق قنوات تصريف وتخفيف:(Diversion Channels)**

بما أن الانحدار في منطقة المصب **أقل من** ٠.٥°، فإن المياه تميل للركود.

- **التطبيق** :تصميم قنوات جانبية تعمل عند وصول منسوب النهر إلى حد حرج، لتوجه المياه الزائدة نحو منخفضات طبيعية أو خزانات حصاد مياه

شكل (٤) توضيح موضع وشكل القناة الافتراضي لتخفيف من خطر الفيضان



المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج ArcMap 10.5 وGeoAI

ثانياً: التوصيات الذكية (الذكاء الاصطناعي والاستشعار عن بعد)

١ -نظام الإنذار المبكر المعتمد على الـ HAND والـ Random Forest:

- **التطبيق** :ربط حساسات قياس المنسوب في أعالي حوض الزاب بالنموذج الزمني الذي صممناه.
- **الآلية** :عند رصد موجة عالية في المنبع، يقوم النموذج بالتنبؤ بموعد وصولها للمصب وتحديد "المساحات الدقيقة" التي ستغمر بناءً على خريطة الارتفاع النسبي.

2 - خرائط الإخلاء المبني على المخاطر:

- **التطبيق** :استخدام خريطة مستويات الخطر الخمسة لتحديد "مسارات الهروب."
- **التوجيه** :يجب أن تتجه مسارات الإخلاء دائماً نحو المناطق ذات (**الخطر المنخفض جداً**) التي يزيد ارتفاعها النسبي عن ٢٠ مترًا

ثالثاً: التوصيات البيئية والتخطيطية (إدارة الأراضي)

1- التخطيط العمراني "الحساس للفيضانات":

- **التطبيق** :منع أي توسع عمراني أو استثماري في نطاق الـ **85.56 كم²**(منطقة الخطر المرتفع جداً)
- **البديل** :تحويل هذه المناطق إلى "متنزهات فيضية" أو غابات شجرية لتقليل سرعة الجريان وحماية التربة من الانجراف شكل (٥)

شكل(٥) التوزيع الأفضل للمستقرات البشرية المفترض بناءا على مستويات مخاطر الفيضان

المصدر :- من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج ArcMap 10.5 وGeoAI

٢- صيانة وحماية المدرجات النهرية:

بما أن دراستنا أثبتت وجود ارتباط بين الخطر والرواسب الجيولوجية يجب منع عمليات التجريف أو استخراج الحصى والرمل الجائر في هذه المدرجات، لأنها تعمل كمصدات طبيعية تقلل من اتساع رقعة الغمر.

توصيات الدراسة

١. ضرورة البدء بإنشاء سواتر ترابية وخرسانية (جدار الصد المائي) في المناطق ذات الارتفاع النسبي الأقل من ٢.٥ متر عن قاع النهر.

٢. اعتماد نظام إنذار مبكر ذكي يربط بين خوارزمية (Random Forest) وحساسات القياس الميدانية للتنبؤ بمناسيب الفيضان قبل وصولها لمناطق المصب.

٣. تفعيل قوانين صارمة لمنع التوسع العمراني أو الزراعي الجائر ضمن نطاق "رواسب المدرجات النهرية" لضمان الحفاظ على السهل الفيضي الطبيعي.

٤. إجراء عمليات كري وصيانة دورية لقاع النهر في مناطق بيجي والشرقاط لتقليل أثر الإرسابات التي ترفع منسوب المياه وتزيد مخاطر الغمر.

٥. تعزيز الحلول البيئية من خلال زراعة "أحزمة خضراء" من الغابات الفيضية على جانبي المجرى لتقليل طاقة الجريان المائي وحماية ضفاف النهر.

خاتمة الدراسة

١. خلصت هذه الدراسة إلى أن التكامل بين تقنيات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية يوفر أداة دقيقة للتنبؤ بمخاطر الفيضانات وإدارتها مكانياً.

٢. أثبت التحليل أن عامل "الارتفاع النسبي عن قاع النهر" هو المحدد الأقوى لدرجة الخطورة، حيث سجل ارتباطاً إحصائياً قوياً تجاوزت قيمته (٠.٠٩١).

٣. كشفت النتائج أن حوالي ٣٨٪ من مساحة الدراسة تقع ضمن نطاقي الخطر المرتفع والمرتفع جداً، مما يستوجب تدخلاً هندسياً وبيئياً عاجلاً.

٤. إن استخدام نموذج (Random Forest) أتاح فهماً أعمق للعلاقة بين التغيرات المناخية والاستجابة الهيدرولوجية للحوض، مما يدعم اتخاذ قرارات تخطيطية مستدامة.

٥. وتؤكد الدراسة في نهايتها أن حماية مناطق المصب في صلاح الدين تعتمد بشكل أساسي على الموازنة بين الحلول الإنشائية التقليدية والنمذجة الرقمية الحديثة.

المصادر :-

[1] **مارلا ندبي بيلينكر، الجيولوجيا البنائية، ترجمة إبراهيم جواد الفضلي واخرون، كلية التربية، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق١٩٨٤ ص٢٤٠،**

[2] **صالح محمد جاسم العبيدي** ، تقييم مخاطر الفيضانات في قضاء الشرقاط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد .مجلة آداب الفراهيدي، جامعة تكريت،٢٠١٩، ١١(٤٠)، ١٨٥-٢٠٤.

[3] **صفاء جاسم محمد الجنابي،** التحليل الجيومورفومتري والمناخي لأخطار السيول في محافظة صلاح الدين: دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات الجيومعلوماتية .مجلة سر من رأى، جامعة سامراء،٢٠٢١، ١٧(٦٥)، ٣١١-٣٣٨.

[4] **Gharbi, M., Souissi, A., Souissi, R., & Al-Ansari, N. (2023).** Flood susceptibility mapping using GIS-based machine learning models: A case study of the Medjerda River Basin. *Journal of Earth System Science*, 132(4), 1-18.

[5] **Bui, D. T., Hoang, N. D., Pham, T. D., Ngo, P. T. T., Nguyen, Q. P., Pham, N. V., ... & Giap, G. V. (2019).** A new optimization of spatial flood susceptibility modeling using a Flash Flood Management Information System and machine learning. *Natural Hazards*, 95, 415-439

(6)**أحمد جاسم، وحسين، قاسم مرتضى،** استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مخاطر الفيضانات في أحواض شرق العراق .مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية،(٢٠١٨) ، ٢٦(١)، ٢٤٥-٢٦٠.

(7) **Wang, Z., Lai, C., Chen, X., Chen, B., Zhao, S., & Wu, X. (2015).** Flood hazard risk assessment model based on random forest. *Journal of Hydrology*, 527, 1130-1139

(8) **Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Hodnett, M., Rennó, C. D., Rodrigues, G., Silveira, A., ... & Saleska, S. (2011).** Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology*, 400(3-4), 355-370.

(9)**محمد وجيه صالح؛ يحيى مجيد** ، التحليل الهيدرولوجي والمورفومتري لحوض نهر الزاب الأسفل باستخدام نماذج الارتفاع الرقمي .(DEM) مجلة آداب الرافدين، جامعة الموصل، ٤٩(٧٨)، ٢٠١٩، ٣٢١-٣٤٨.