Journal Of the Iraqia University (66-2) April (2024)

ISSN(Print): 1813-4521 OnIine ISSN:2663-7502
Journal Of the Iraqia University
available online at: https://www.iasj.net/iasj/issue/2776

المحاكاة الرقمية لفيضانات نهر الزاب الأعلى بين منطقتي اسكي كلك والكوير

م.د. سعد محمد جاسم وزارة التربية/ المديرية العامة لتربية كركوك

Digital simulation of floods of the Great Zab River between the Aski Kalak and Al- Gwer regions

Dr. Saad Muhammad JassimMinistry of Education/General Directorate of Kirkuk Education
Saad.m.jassim@tu.edu.iq

DOI 10.58564/MABDAA.66.2.2024.1083

المستخلص

باتت الفيضانات هاجساً يهدد حياة السكان وانشطتهم على مر الازمان، لاسيما الأنهار التي تخلو من السدود، وان عملية التنبؤ بها والسيطرة عليها أضحت تكون مستحيلة، ولكن هذه العملية أصبحت بالمتناول لاسيما بعد التطور الذي شهدته الجغرافية الطبيعية بشكل خاص في مجال استخدام التقنيات المعاصرة والمتمثلة ببرمجيات نظم المعلومات الجغرافية مع تكاملها ببيانات الاستشعار عن بعد، التي أدت الى تقدير حجم الفيضان كما يمكن محاكاة هذه الفيضانات وتقدير المناسيب التي من الممكن ان تصله والى أي حد من الممكن ان تدمر من مستقرات بشرية وانشطة زراعية وصناعية. وركزت الدراسة على نهر الزاب الأعلى لكونه يعاني من عدم وجود سدود تقلل من خطر الفيضانات اولاً، وعلى درجات الانحدار الشديدة ثانياً، ومناخ المنطقة شبه الرطب ثالثاً، مما يقود الى ارتفاع المناسيب المائية بشكل كبير، لذا جاءت الدراسة لتحديد ومحاكاة هذه الفيضانات وفق مناسيب محددة اعتماداً على أداة Simulate Water-Level Rise/Flooding والمتوفرة في برنامج Global Mapper.v20 عن طريق الاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتوصل البحث الى تحديد ارتفاع منسوب المياه لعام ١٩٨٨ والذي بلغ (٧-٨) امتار، ويغطي مساحة مائية سطحية (٢٨.٨)كم٢، بمعنى ان النهر قد تضاعفت كمية مياهه بثلاث اضعاف، وفي عام ٢٠١٩ بلغ (٥-٦) امتار، وبمساحة بلغت (١٩.٨)كم٢، اما عام ٢٠٠٨ فهي السنة الأكثر جفافاً للمياه وهي لا تشكل خطراً للفيضان، بمساحة بلغت (٧.٥)كم٢، في حين عام ٢٠١٣ كانت من السنوات القريبة من الاعتدال اذ بلغ ارتفاع المياه من (١-٢) متر عن مستواه الحالي، وبمساحة بلغت (١٢.٨)كم٢.

abstract

The floods have become a haunting threat to people's lives and their activities throughout history, especially in rivers without dams. Predicting and controlling these floods used to be impossible, but with the advancements in natural geography, particularly in the use of modern technologies like geographic information systems integrated with remote sensing data, estimating flood volumes and simulating potential flood levels has become achievable. The study focused on the Upper Zab River due to the absence of dams reducing flood risks, steep gradients, and the semi-humid region's climate, leading to significant water level increases. Using tools like "Simulate Water-Level Rise/Flooding" within Global Mapper v20 using Digital Elevation Models (DEMs), the research identified water level increases for 1988 at 7-8 meters, covering a surface water area of 28.8 km². This meant the river's water quantity tripled. In 2019, the water levels were 5-6 meters, covering 19.8 km². 2008 was the driest year with no flood risk, covering 7.5 km². In 2013, water levels were slightly higher at 1-2 meters above current levels, covering 12.8 km².

المقدمة:

أن مشكلة الأخطار الطبيعية لاسيما مخاطر الفيضان من المواضيع الأكثر اهتماماً من الباحثين وصناع القرار لما لها من اهمية بيئية على مستوى الانسان والمجتمع والبيئة الطبيعية وذلك من خلال تعدد حالات الفيضانات المتكررة في الزمان والمكان. ولذلك أصبحت مخاطر الفيضانات ضرورة

حتمية تتطلب اجتماع كل العناصر المؤثرة واستعمال كافة الاساليب والتقنيات الحديثة للحد من مخاطرها البيئية. وتهدف الدراسة إلى دراسة مقاطع عرضية للنهر باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد.

مشكلة البحث:

يتعرض نهر الزاب الأعلى لموجة من الفيضانات لاسيما في السنوات الرطبة، كونه خال من السدود التي تقلل خطرها، وتعاني منطقة الدراسة من صعوبة تحديد ومحاكاة المناطق التي تتعرض لخطر الفيضانات لاسيما المناطق الزراعية والسكنية والصناعية والطرق. ومن المشكلة الرئيسة تنطلق التساؤلات الاتية:

١. هل للفيضانات المائية ضمن منطقة الدراسة مخاطر بيئية سلبية تنعكس آثارها على الأنشطة البشرية؟
٢. ما دور العوامل الجغرافية في التأثير على سيادة الفيضانات في منطقة الدراسة؟
٣. كيف يمكن عمل محاكاة رقمية للفيضانات في منطقة الدراسة؟ وماهي البرامج اللازمة لذلك؟

١. فرضيات البحث:

على ضوء المشكلات الانفة الذكر يمكن طرح الفرضيات الاتية:

١. للفيضانات الاستثنائية خطراً كبيراً على كافة الأنشطة البشرية.
٢. ان للعوامل الجغرافية بفرعيها الطبيعي والبشري الأثر الأعظم في سيادة او انحصار الفيضانات المائية في منطقة الدراسة.
٣. للتقنيات الحديثة لاسيما برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد دوراً في عمل المحاكاة الرقمية للأنهار وسلوكها.

أهمية البحث:

جاء اختيار موضوع البحث الحالي لعدم وجود دراسة تفصيلية تخص محاكاة الفيضانات بالطرق الحديثة، وانما اقتصرت على طرق تقليدية الاستثنائية ضمن منطقة الدراسة. ويعد اختيار موضوع الدراسة ذو أهمية كبيرة، ولاسيما أنَّ نهر دجلة يشهد فيضانات استثنائية بين فترة وأخرى، وإنَّ أخطارها يهدد حياه السكان وممتلكاتهم، وينتج عنها أثار هيدرولوجية ومخاطر بيئية سلبية تؤدي إلى حدوث تغيرات ضمن بيئة النهر وانتشار الإمراض والاوبئة وحدوث مجاعات وتدهور الوضع الاقتصادي والمعيشي لدى سكان المنطقة. وجاءت هذه الدراسة لتبين أنَّ أخطار الفيضانات ليس معناه انتظار وقوع الخطر ثم التعامل معه والحد من أثاره، وإنَّما التنبؤ بوقوعه من خلال الدراسة العلمية. وجمع البيانات والمعلومات وتحليلها وتحديد طرائق معالجتها وتوفير الاحتياجات كافة عند وقوعها المفاجئ.

أهداف البحث:

١. يهدف البحث إلى دراسة الفيضانات الاستثنائية التي تتعرض لها منطقة الدراسة بين حقبة وأخرى دراسة هيدرولوجية تفصليه.
٢. دراسة مقاطعة عرضية مختارة باستخدام برنامج (*Global mapper*) لموجة فيضان ١٩٨٨ وفيضان عام ٢٠١٩ واجراء السيناريوات عليهما.
٣. إجراء مقارنة بين مناسيب المياه التي يمكن محاكاتها ومعرفة الاضرار التي ستنجم عنها.

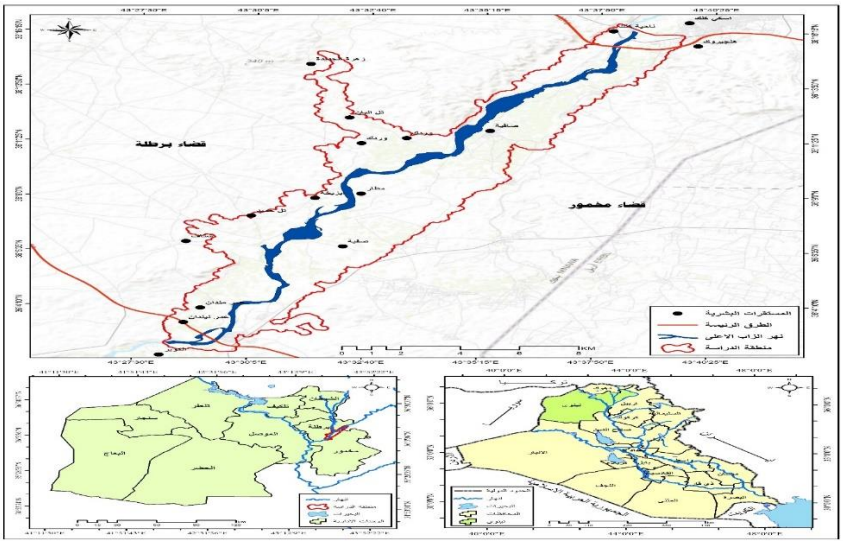
موقع منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة الدراسة بنهر الزاب الأعلى للمنطقة المحصورة بين مدينة اسكي كلك ومدينة الكوير، وجاء اختيار هذه المنطقة كونها بداية تكون السهل الفيضي للنهر والذي تصب فيه اغلب الاودية، مما جعله من أكثر المناطق عرضة لخطر الفيضان، كما ان اغلب الأنشطة تتركز في هذه المنطقة. تقع منطقة الدراسة جغرافية ضمن الإقليم المتموج من العراق، بين خطي طول (٤٠° ٢٦′ ٤٣° و٤٠° ٣٩′ ٤٣°) شرقاً وبين دائرتي عرض (٣٦° ١٦′ و ٣٦° ٠٢′ ٢٠″) شمالاً، بمساحة بلغت (١٣٢.٦)كم٢، اذ حددت وفق منطقة السهل الفيضي كونه الأكثر عرضةً للفيضان. وتمثل منطقة الدراسة الحدود الفاصلة بين قضاءي برطلة ومخمور، وكما في الخريطة ( ).

٤. الخصائص الطبيعية المؤثرة على الفيضانات في منطقة الدراسة:تلعب الخصائص الطبيعية دوراً كبيراً في زيادة او نقصان الفيضانات، كما تحدد مدى خطورة موجته ايضاً، وتنقسم هذه الخصائص الى الاتي:

٧-١. التكوينات الجيولوجية:

تعد التكوينات الجيولوجية من العوامل المؤثرة على طبيعة الجريان، كون لها تأثير مباشرة على السطح، من خلال الخشونة والنعومة للسطح، ويحدد ايضاً اتجاه الجريان[١]**خريطة (١) موقع منطقة الدراسة**

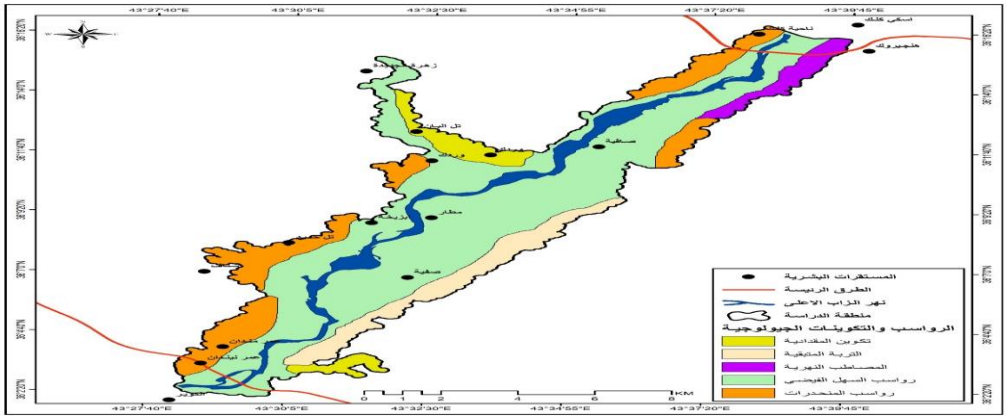


المصدر: اعتماداً على وزارة الموارد العراقية، قسم انتاج الخرائط، ٢٠٢٢، باستخدام برنامج ARC GIS10.8.وتسود في منطقة الدراسة العديد من الرواسب والتكوينات الجيولوجية العائدة للعصرين الرابع والثالث، فبالنسبة لأقدم التكوينات السائدة في المنطقة هي تكوين المقدادية والذي ينحدر مع الضفة اليمنى للنهر وكما في الخريطة (٢)، بمساحة بلغت (٧.٠)كم^{٢} وبنسبة (٥.٣)%، وكما في الجدول (١)، ويمتاز هذا التكوين بارتفاع سطحه وذو مقاومة للتعرية المائية

جدول (١) مساحة ونسب التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة

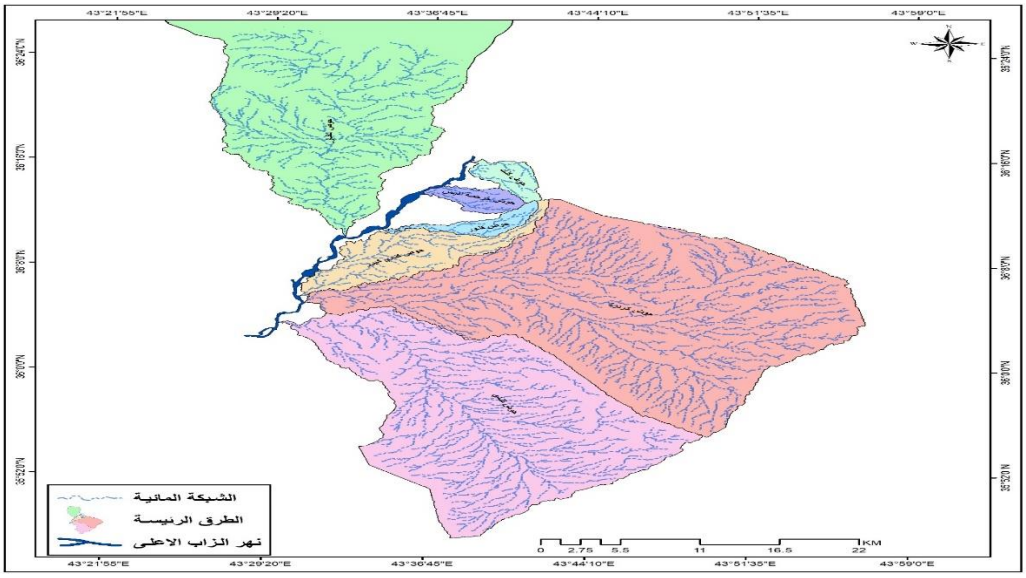
ت	الرواسب والتكوينات الجيولوجية	المساحة/كم^{٢}	النسبة%
1	تكوين المقدادية	7.0	5.3
2	رواسب السهل الفيضي	78.5	59.2
3	رواسب المصاطب النهرية	4.4	3.3
4	التربة المتبقية	10.9	8.2
5	رواسب المنحدرات	21.2	16.0
6	المسطحات المائية	10.6	8.0
المجموع		132.58	100.0

المصدر: اعتماداً على لوحة أربيل الجيولوجية بمقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 ويلي تكوين المقدادية رواسب العصر الرباعي والتي تنقسم الى رواسب السهل الفيضي وتشكل النسبة الأعظم من مساحة منطقة الدراسة، اذ بلغت مساحتها (٧٨.٥)كم^{٢} وبنسبة (٥٩.٢)%، بعدها تأتي رواسب المنحدرات التي تنتشر في الأجزاء اليمني من النهر بمساحة بلغت (٢١.٢)كم^{٢} وبنسبة (١٦.٠)%، وفيما يخص الترب المتبقية فبلغت مساحتها (١٠.٩)كم^{٢} وبنسبة (٨.٢)%، وتنتشر في الأجزاء اليسرى للنهر، اما المصاطب النهرية فانتشرت ايضاً على الضفتين لكن بنسبة اكبر للجهة اليمنى كون المنطقة قليلة التضرس، بمساحة بلغت (٤.٤)كم^{٢} وبنسبة (٣.٣)%، وكل هذه الرواسب تتعرض للفيضانات ولكن بنسب متفاوتة فبالنسبة للسهل الفيضي يكون الاكثر غمراً بالمياه يأتي بعده المصاطب النهرية والتي هي عبارة عن سهول فيضية قديمة، اما بالنسبة لرواسب المنحدرات والترب المتبقية فنادراً ما تتعرض لعملية الغمر.**خريطة (٢) التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة**



المصدر: اعتماداً على لوحة أربيل الجيولوجية بمقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 .

٧-٢. الاودية المائية التي تصب في منطقة الدراسة: ان الايراد المائي هو محصلة نهائية للظروف البنيوية والصخرية والمناخية لاي حوض تصريف[٢]، اذ تساهم الاودية المائية في زيادة نسبة التصريف المائي، مما يجعل فرصة الفيضان وخطره تزداد أكثر، لاسيما وان الاحواض المائية موسمية الجريان وغير مقيسة. تصب في منطقة الدراسة (٧) احواض مائية كلها موسمية الجريان باستثناء وادي الخازر الذي يأتي من مناطق بعيدة جداً ويعد الوادي الأعظم في تغذية نهر الزاب بالمياه في منطقة الدراسة، اذ تبلغ مساحته (٢٦٣٥.٠)كم^{٢}، يليه بعد ذلك حوض كردره في الضفة اليسرى للنهر اذ تبلغ مساحته (٥٨٨.٢)كم^{٢}، وهكذا وصولاً الى ادنى مساحة للأحواض المغذية لنهر الزاب الأعلى في منطقة الدراسة، وكما في الجدول (٢) والخريطة (٣).**خريطة () الاحواض المائية التي تصب في منطقة الدراسة**



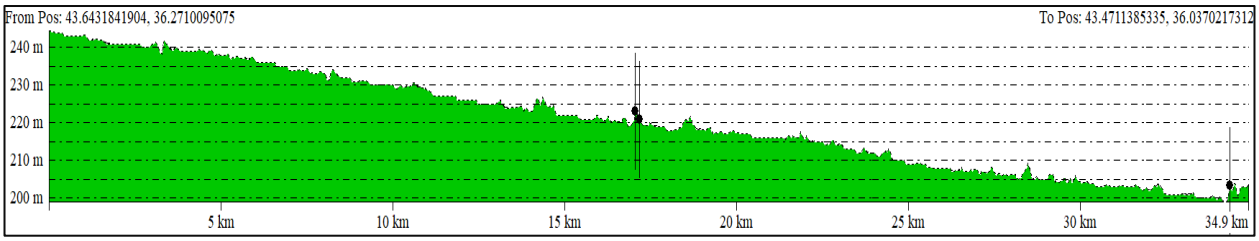
المصدر: اعتماداً على انموذج الارتفاع الرقمي DEM، باستخدام برنامج ARC GIS10.8.**جدول (٢) مساحة ونسب الاودية المائية التي تصب في منطقة الدراسة**

ت	اسم الحوض المائي	المساحة/كم^{٢}	النسبة%
1	حوض كلك	16.9	0.45
2	حوض خرحمة اديس	16.4	0.43
3	حوض كلور	16.1	0.43
4	حوض الخازر	2635.0	69.58
5	حوض كندي كبرر	71.7	1.89
6	حوض كردرة	588.2	15.53
7	حوض كندي	442.5	11.69
		3786.8	100.00

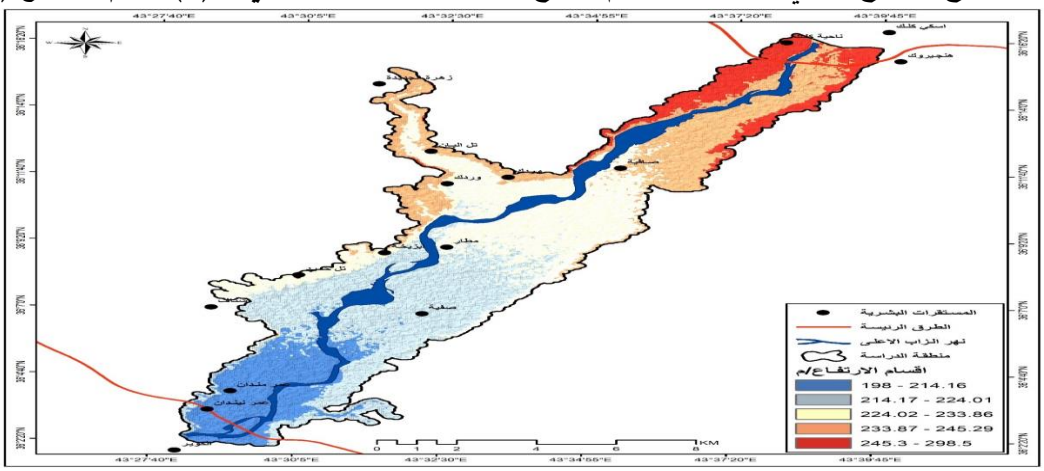
المصدر: اعتماداً على انموذج الارتفاع الرقمي DEM، باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

٧-٣. خصائص السطح:للانحدار دورًا مهماً في تسريع وتيرة الجريان المائي، فكلما كان الانحدار عالياً نتج عنه صبيب عنيف وقوي والمياه السطحية لا تبقي على سطح الأرض إلى فترة محدودة والعكس كلما كان الانحدار خفيفاً ينتج عنه ضعف في الجريان السطحي[٣]. إذ إنّ للارتفاعات دورًا بارزاً في التأثير على السلوك الهيدرولوجي للمجرى اذ تساهم في تسريع قوة الجريان المائي اثناء حدوث الفيضانات الاستثنائية، وتبين أن للانحدار المتوسط تأثيراً كبيراً اذ من خلاله يتم رفع حجم مياه الفيضان بصورة أعلى على العكس من الانحدار الشديد إذ يكون تجمع المياه اقل بسبب انحدار السطح الذي يساعد على تصريف مياه الفيضان بسرعة وقت أقل.وبالنسبة لارتفاع المجرى فبلغ أعلاه في منطقة اسكي كلك بقيمة (٢٤٤)م فوق مستوى سطح البحر وادناها في منطقة الكوير بقيمة بلغت (١٩٨)م فوق مستوى سطح البحر، اما طول المجرى فبلغ (٣٤.٩)كم، وهذا يعني ان المنطقة تنخفض (٤٦)م في هذه المسافة، وكما في الشكل (١) وهي نسبة كبيرة مما يعني ان سرعة الجريان كبيرة، وان محاولة تجنب خطر الفيضان تكون مستحيلة بسبب سرعة الجريان الكبيرة. اما في عموم المنطقة فقد بلغ اعلى ارتفاع في المنطقة الشمالية من منطقة

الدراسة والبالغة (٢٩٨.٥)م والتي تعبر عن حافات الهضبة، وادناها في المناطق الجنوبية والبالغة (١٩٨)م والتي عبرت عن مجرى النهر في منطقة الكوبر وكما في الخريطة (٤).**شكل (١) المقطع الطولي لانحدار نهر الزاب الأعلى في منطقة الدراسة**



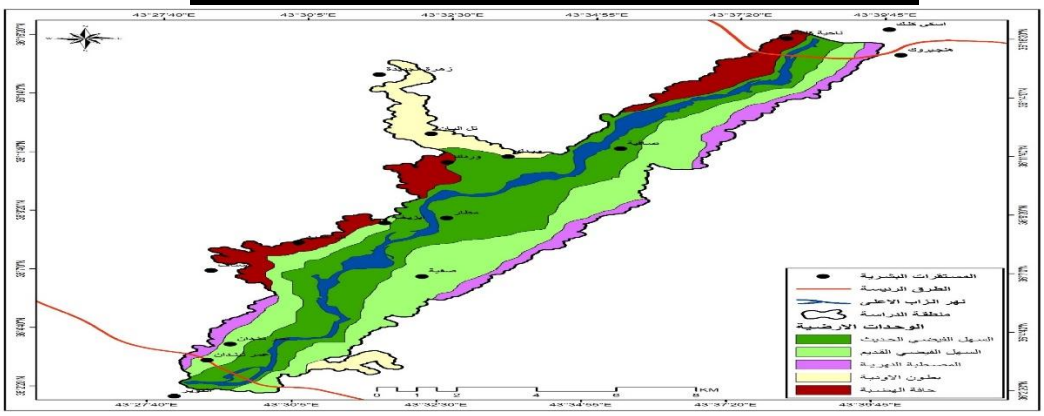
المصدر: اعتماداً على انموذج الارتفاع الرقمي DEM، باستخدام برنامج Global mapper20.**خريطة (٤) اقسام الارتفاع (م) في منطقة الدراسة**



المصدر: اعتماداً على انموذج الارتفاع الرقمي DEM، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 اما اقسام السطح فهي أحد العوامل الطبيعية التي تؤثر على الفيضانات، وتتنوع اقسام السطح في المناطق النهرية فالمكونات النهرية تعد ذات خصائص تميز منطقة عن الأخرى فالسهول الفيضية الضيقة تعبر عن المناطق ذات الانحدار الشديد والبنية الصخرية الصلبة، والعكس صحيح[٤]. تسود في منطقة الدراسة مكونات نهرية أهمها السهل الفيضي الحديث الذي يعد الأكثر انتشاراً لاسيما المناطق الجنوبية من منطقة الدراسة، بمساحة بلغت (٤٦.٤٤)كم^{٢}، وبنسبة (٣٥)% ويعبر السهل الفيضي الحديث عن تكرار الفيضانات التي تحصل في منطقة الدراسة، كونه المنطقة الأكثر عرضه لهذه الظاهرة، فضلاً عن ان أساس تطوره وتشكيله يعتمد على هذه الظاهرة. ويليه بعد ذلك السهل الفيضي القديم والذي يتعرض للفيضانات ايضاً لاسيما في المواسم الرطبة جداً عندما ترتفع مناسيب المياه كثيراً، فبلغت مساحة هذه الوحدة (٤١.١٢)كم^{٢} وبنسبة (٣١)%، وهكذا وصولاً الى ادنى انتشار لمناطق بطون الاودية المنشرة على ضفاف النهر بمساحة بلغت (٩.٣٩)كم^{٢} وبنسبة (٧.١)%، وكما في الجدول (٣) والخريطة (٥).**جدول (٣) مساحة ونسب الوحدات الأرضية في منطقة الدراسة**

ت	الوحدات الأرضية	المساحة/كم٢	النسبة%
1	السهل الفيضي الحديث	46.44	35.0
2	بطون الاودية	9.39	7.1
3	السهل الفيضي القديم	41.12	31.0
4	حافة الهضبة	14.54	11.0
5	المصطبة النهرية	10.48	7.9
6	المسطحات المائية	10.62	8.0
المجموع		132.58	100.0

المصدر: اعتماداً على انموذج الارتفاع الرقمي DEM، ومرئية كوك بيرد، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 **خريطة (٥) الوحدات الأرضية في منطقة الدراسة**



المصدر: اعتماداً على انموذج الارتفاع الرقمي DEM، ومرئية كوك بيرد، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 .

٧-٤. **العامل المناخي:** يعد المناخ بعناصره المختلفة ذات أهمية في التأثير على نظام الجريان المائي لنهر الزاب الأعلى، لاسيما عنصر الامطار كونه العنصر المؤثر بشكل مباشر على كمية الفيضان[٥]. وتم اختيار محطة أربيل كونه الأقرب الى مناخ منطقة الدراسة والاقرب جغرافياً والتي تتضح خصائصها في الجدول (٤).**جدول (٤) خصائص العناصر المناخية لمحطة أربيل للفترة ١٩٩٠-٢٠٢٢**

العنصر	ك٢	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المعدل/ا لمجموع
الاشعاع الشمسي	4.6	5.5	6.7	7.5	9	10.9	11.3	10.8	9.7	7.7	6.3	5.2	7.9
الحرارة العظمى/م	12.9	14.6	18.8	24.1	34.4	38.1	41.5	41.6	36.5	29.9	20.4	14.4	27.3
الحرارة الصغرى/م	3.9	5.0	8.4	12.5	18.2	23.5	26.4	26.5	21.9	17.2	10.0	5.5	14.9
الحرارة الاعتيادية/ م	8.4	9.8	13.6	18.3	26.3	30.8	33.95	34.05	29.2	23.55	15.2	9.95	21.1
الرياح/م- ثا	2.5	2.6	3	2.8	٣,١	2.8	2.5	2.3	2.2	2.1	2	1.9	2.4
الامطار/مل م	84.9	189	15.3	77.9	16.9	3.9	0	0	0	89.6	21	16.1	514.6

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بغداد، بيانات (غير منشورة)، لعام ٢٠٢٢.

فيلاحظ من الجدول أعلاه الحقائق الاتية:

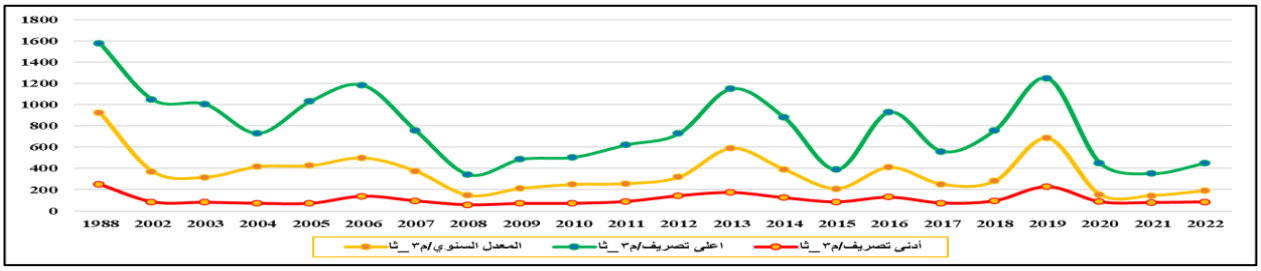
- يؤثر الاشعاع الشمسي على الفيضانات بصورة غير مباشرة، وذلك من خلال مساهمته في ارتفاع درجات الحرارة ومن ثم زيادة التبخر، وقلة الرطوبة النسبية في الجو، بلغت اعلى قيمة للإشعاع الشمسي في شهر تموز بقيمة بلغت (١١.٣) ساعة، وادناها في شهر كانون الثاني بقيمة بلغت (٤.٦) ساعة.
- تساهم الحرارة العظمى في زيادة التبخر، وقلة الرطوبة فبلغت اعلى قيمة للحرارة العظمى في شهر اب اذ بلغت (٤١.٦)م، وادناها في شهر كانون الثاني والبالغة (١٢.٩)م.
- تؤثر الحرارة الصغرى على مظاهر المناخ كالصقيع وغيرها، ومن ثم تأثيرها على كمية الجريان بصورة غير مباشرة ايضاً فبلغت اعلى قيمة لها في شهر اب والبالغة (٢٦.٥)م، وادناها في شهر كانون الثاني اذ بلغت (٣.٩)م.
- في حين سجلت الحرارة الاعتيادية ايضاً تبايناً انعكاساً لدرجات الحرارة العظمى والصغرى، فبلغت اعلى درجة حرارة في شهر اب اذ بلغت (٣٤.٠٥)م وادناها في شهر كانون الثاني بقيمة بلغت (٨.٤)م.

- اما الامطار فأنها تؤثر على كمية الجريان تأثيراً مباشراً وذلك من خلال صور التساقط، التي تساهم في زيادة خطر الفيضان، اذ تتناسب كمية الامطار مع خطر الفيضان تناسباً طردياً[٦]، وتوصف منطقة الدراسة من المناطق الرطبة وشبه الرطبة، فبلغت كمية الامطار (٥١٤.٦)ملم، اعلاها في شهر شباط والبالغة (١٨٩)ملم، مع خلو بعض الأشهر من التساقط وهي (اب، تموز، ايلول).

٧-٥. كميات التصريف للفترة ٢٠٠٢-٢٠٢٢يمكن وصف كمية التصريف بمعدل ما يمرره النهر من الماء خلال الثانية الواحدة لمدة طويلة من الزمن[٧]. إذ إنّ دراسة التصاريف المائية السنوية ذات أهمية فمن خلالها يمكن التعرف على التصاريف المائية العالية والتي تؤدي إلى حدوث فيضانات خطرة ضمن منطقة الدراسة. فضلاً عن التعرف على حجم المياه التي يمكن خزنها ولاسيما في السنوات ذات التصاريف المائية العالية والافادة منها في شتى الاستعمالات. وتأخذ عادة معدلات التصاريف المائية السنوية كأساس لعملية التنمية المستدامة والتخطيط لمعرفة حجم الخزين المائي بالنسبة لنظام التصريف المائي. وتتباين معدلات التصاريف المائية السنوية لنهر الزاب الأعلى ضمن منطقة الدراسة بين سنة وأخرى وبين ارتفاع التصاريف إلى الحد الاقصى (الفيضان) وانخفاضها إلى الحد الأدنى (الصيهود) للفترة من عام ١٩٨٨ -٢٠٢٢. تباينت كمية التصريف في منطقة الدراسة تبعاً لحالة المناخ من حيث الرطوبة والجفاف، فقد سجلت اعلى سنة لكمية التصريف المائي عام ١٩٨٨، اذ بلغ اعلى تصريف (١٥٧٥)م^3-ثا، وادنى تصريف لها بلغ (٢٥٠)م٣-ثا، وبمعدل بلغ (٩٢٣.٥)م٣-ثا. وتوصف هذا السنة بأنها رطبة جداً. وسجلت ادنى كمية تصريف ضمن (اعلى تصريف) لعام ٢٠٠٨ والبالغ (٣٤٣)م^3-ثا، وهي سنة جافة لم تتعرض المنطقة الى خطر الفيضان، وكما في الجدول (٥)، والشكل (٢).**جدول (٥) كميات التصريف للفترة ٢٠٠٢-٢٠٢٢ لنهر الزاب الأعلى عند محطة اسكي كلك**

السنوات	المعدل السنوي/م٣_ثا	اعلى تصريف/م٣_ثا	أدنى تصريف/م٣_ثا
١٩٨٨	٩٢٣,٥	١٥٧٥	٢٥٠
2002	371.7	1047	85
2003	318	1004	82
2004	417.3	731	72
2005	426.1	1033	72
2006	499.1	1182	140
2007	374.4	756	95
2008	146.7	343	58
2009	212.6	486	71
2010	249.6	505	72
2011	257.8	622	90
2012	318.4	728	144
2013	590.5	1150	175
2014	390.5	879	125
2015	210.3	390	86
2016	410.5	930	130
2017	250.9	560	75
2018	280.9	758	96
2019	685.8	1250	230
2020	154.9	452	87
2021	145.7	352	80
2022	190.9	450	86

المصدر: اعتماداً على وزارة الري في اقليم كردستان، اربيل المؤسسة العامة لصيانة وتشغيل مشاريع الري شعبة المدلولات المائية قسم المقاييس، سجلات التصاريف المائية، ٢٠٢٢.**شكل (٢) ادنى واعلى ومعدل كميات التصاريف المائية لنهر الزاب الأعلى عند محطة اسكي كلك**



المصدر: اعتماداً على جدول (٥).

٧-٥-١. **احتمالية تكرار الفيضان ومدة رجوعها لنهر الزاب الأعلى:** ان المهتمون بقضايا الموارد المائية والمشكلات الطبيعية تمكنوا من اتباع سبل من خلالها يمكن التوصل إلى طرائق مختلفة، يستطيعون من خلالها التنبؤ بحدوث الفيضانات واحتمالية تكرارها ومدد رجوعها ومن أهم تلك الطرائق هي:

أ- **احتمالية تكرار الفيضان** يقصد به احتمال تكرار كمية التصريف المائي العالي خلال مدة زمنية معينة وتعتمد هذه الطريقة على احتمال تكرار الفيضان خلال فترة زمنية محددة ضمن منطقة معينة وكذلك تعتمد على تبني دراسات علمية مستقبلية من خلال توقعات تأخذ بنظر الاعتبار تردد ظاهرة حدوث الفيضان، وإنّ احتمالية التكرار تستخرج وفق المعادلة الآتية[٨]:

$$P = \frac{M}{N+1}$$

P = احتمالية التكرار M – الرتبة من حيث تسلسل المقدار N- عدد السنوات وتعتمد الدراسة الحالية على المعطيات الهيدروكرافية والهيدرولوجية التي تم توفيرها عن منطقة الدراسة من خلال تردد التساقط المطري من أجل التوصل إلى احتمالية تكرار ظاهرة الفيضانات الاستثنائية ضمن منطقة الدراسة. وتظهر النتائج في الجدول (٦).

ب – **مدة الرجوع:** وهي المدة الزمنية التي تستغرقها أي كمية تصريفية لتعود مرة أخرى وتهدف هذه الطريقة إلى تمثيل الحد الأعلى للتصريف المائي السنوي أو اليومي ومن ثم تقدير الاحتمال الأكثر واقعية، بمعنى هي عكس احتمالية تكرار الفيضان ويمكن اشتقاق قيمتها من خلال المعادلة الاتية[٩]:

$$T = \frac{N+1}{M}$$

T = فترة الرجوع، N = عدد السنوات، M = رتبة المقدار ومما تجدر الإشارة له ان تم الاعتماد على كمية تصريف كل سنة، بعد ذلك ترتب السنوات اما تنازلياً او تصاعدياً وفق رتبها لكمية التصريف، وان النتيجة التي تظهر تمثل عدد السنوات اللازمة لتكرار هذه القيم[١٠]. وتظهر النتائج في الجدول (٦).**جدول (٦) احتمالية تكرار الفيضان ومدة الرجوع فيها لمنطقة الدراسة**

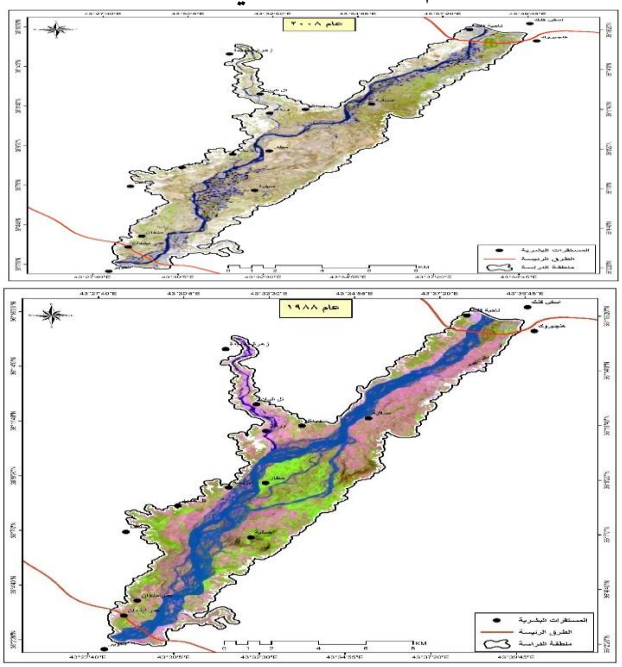
السنوات	اعلى تصريف شهري تنازلياً	فترة التكرار	فترة الرجوع
1988	1575	0.04	23.00
2019	1250	0.09	11.50
2006	1182	0.13	7.67
2013	1150	0.17	5.75
2002	1047	0.22	4.60
2005	1033	0.26	3.83
2003	1004	0.30	3.29
2016	930	0.35	2.88
2014	879	0.39	2.56
2018	758	0.43	2.30
2007	756	0.48	2.09
2004	731	0.52	1.92
2012	728	0.57	1.77
2011	622	0.61	1.64

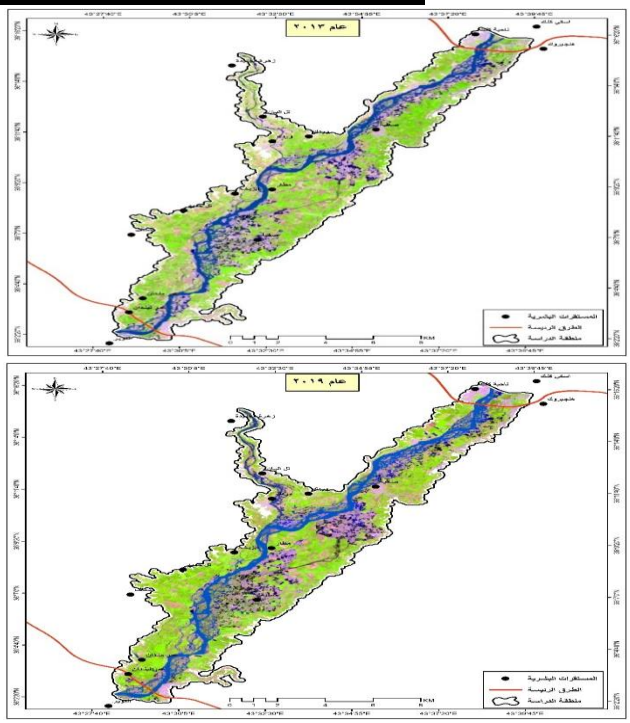
1.53	0.65	560	**2017**
1.44	0.70	505	**2010**
1.35	0.74	486	**2009**
1.28	0.78	452	**2020**
1.21	0.83	450	**2022**
1.15	0.87	390	**2015**
1.10	0.91	352	**2021**
1.05	0.96	343	**2008**

المصدر: اعتماداً على وزارة الري في اقليم كردستان، اربيل المؤسسة العامة لصيانة وتشغيل مشاريع الري شعبة المدلولات المائية قسم المقاييس، سجلات التصاريف المائية، ٢٠٢٢. وتأسيساً لما سبق من صور فضائية لمنطقة الدراسة لفترات الفيضان وفترات الجفاف نلاحظ الفرق بصرياً في مستويات الفيضان، ففي عام ١٩٨٨ بلغ ارتفاع منسوب المياه عن مستواه الحالي ما يقارب (٧–٨) امتار والبالغة مساحتها (٢٨.٨)كم^{٢}، بمعنى ان النهر قد تضاعفت كمية مياهه بثلاث اضعاف، وفي عام ٢٠١٩ بلغ (٥–٦) امتار، وبمساحة بلغت (١٩.٨)كم^{٢}، اما عام ٢٠٠٨ فهي السنة الأكثر جفافاً للمياه وهي لا تشكل خطراً للفيضان، بمساحة بلغت (٧.٥)كم^{٢}، في حين عام ٢٠١٣ كانت من السنوات القريبة من الاعتدال اذ بلغ ارتفاع المياه من (١–٢) متر عن مستواه الحالي، وبمساحة بلغت (١٢.٨)كم^{٢}، وكما في الخريطة (٦) والجدول (٧)**جدول (٧) المساحة السطحية لمياه نهر الزاب الأعلى في منطقة الدراسة**

السنة	المساحة السطحية للمياه/كم٢	وصف السنة
1988	**28.8**	**رطبة جداً**
2008	**٧.5**	**جافة**
2013	**١٢.8**	**معتدلة**
2019	**19.8**	**رطبة**

المصدر: اعتماداً على مرئيات لاندسات (١٩٨٨، ٢٠٠٨، ٢٠١٣، ٢٠١٩)، باستخدام التصنيف الموجه في برنامج ARC GIS10.8.**خريطة (٦) نماذج من السنوات التي تمثل اقصى فيضان والجفاف ثم الاعتدال للنهر في منطقة الدراسة**





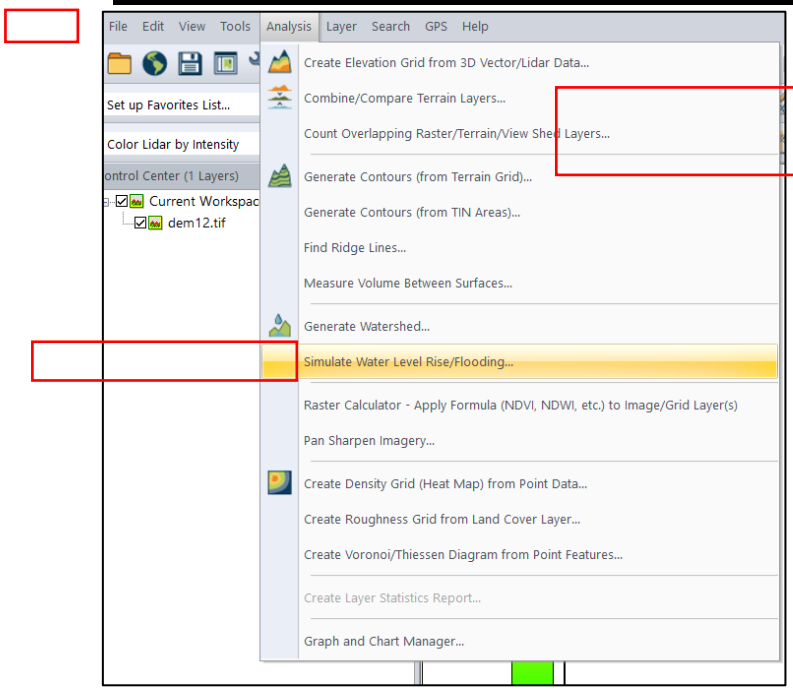
المصدر: اعتماداً على مرئيات لاندسات (١٩٨٨، ٢٠٠٨، ٢٠١٣، ٢٠١٩)، باستخدام التصنيف الموجه في برنامج ARC GIS10.8 اذ تم تحديد سنة ١٩٨٨ أكثر سنة شكلت خطراً على المستقرات البشرية التي تقطن على ضفاف النهر، فضلاً عن الأراضي الزراعية في السهل الفيضي الحديث، تليها في ذلك سنة ٢٠١٩، والتي سيتم محاكاة الفيضان على ضوء هاتين السنتين مع التأكيد على سنة ١٩٨٨ كأقصى حد للفيضان.

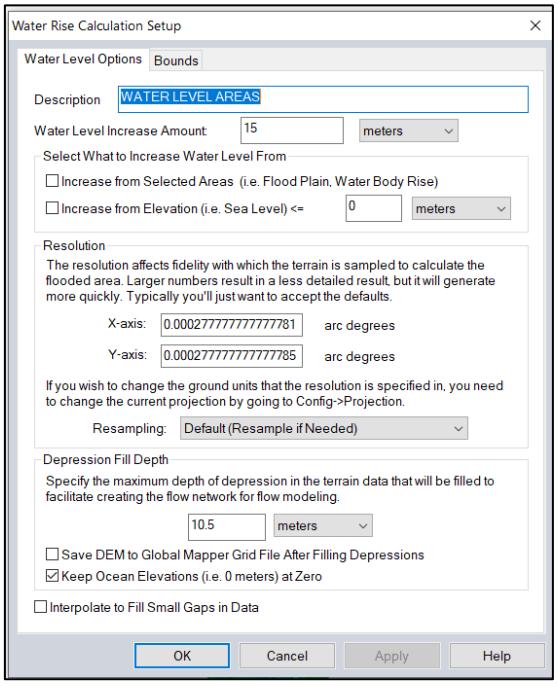
وتجدر الإشارة الى ان تم تحديد ارتفاع منسوب المياه عن طريق اخذ نقاط ثابتة لحدود فيضان ١٩٨٨ عن طريق المرئيات الفضائية عالية الدقة، ومن ثم اخذ حدود المياه الحالية ايضاً، وتوقيع هذه النقاط على انموذج الارتفاع الرقمي واستخراج الفرق بين هذه الارتفاعات والذي يعكس ارتفاع الفيضان، وتم تكرار هذه العملية في عدة مناطق ولعدة سنوات.

٥. **المحاكاة الرقمية للفيضان والتنبؤ بخطرها**:

تواجه الجغرافية مشكلات عديدة، قد يضعها في قوالب رياضية، ولكن حلها يكون صعباً، لأن المتغيرات تكون متعددة، والقيود التي تحكمها كثيرة. ولذلك نلجأ في بعض هذه الحالات إلى استخدام أسلوب المحاكاة (Simulation)، وأسلوب المحاكاة وسيلة ناجحة، تمكن الباحث من متابعة تحليل المشكلة على الرغم من وجود الصعوبات التي سبق ذكرها. وإن فكرة تقليد أي نظام (System) أو محاكاته بهدف فهمه فهماً دقيقاً، قد حازت كثيراً من القبول في السنوات الأخيرة، وأسهمت إسهاماً فعالاً في إيجاد حل لكثير من المشكلات الصعبةوالمحاكاة هي محاولة لإيجاد صورة طبق الأصل عن نظام أو نشاط، وهي تتناول نظاماً حقيقياً، سواء أكان حضارياً أو طبيعياً، ثم تحاول عمل صورة لهذا النظام. وهي إذ تركز على خصائص معينة للنظام، فهي بالضرورة تتجاهل خصائص أخرى، وهذه هي حقيقة بالنسبة لأي نموذج (Model) أو نظرية (Theory) أو أي بحث علمي على وجه العموم [١١] فإذا أردنا أن نحاكي نظاماً ما، لا بد أن تتوافر لدينا معلومات كافية عن خصائص هذا النظام (Characteristics)، والهدف من ذلك هو فهم الطريقة التي يعمل بهذا النظام. ولكن المعلومات المتوافرة قد لا تتضمن بالضرورة معلومات كافية عن طريقة عمل هذا النظام، وبالتالي فإن المحاكاة لا تتضمن نموذجاً رياضياً يمكن تشغيله. وسيتم الاعتماد على أداة محاكاة منسوب المياه/ الفيضان Simulate Water Level Rise/ Flooding المتوفرة في برنامج Global mapper20، وكما في الشكل (3).

شكل (3) الوصول الى أداة Simulate Water Level Rise/ Flooding





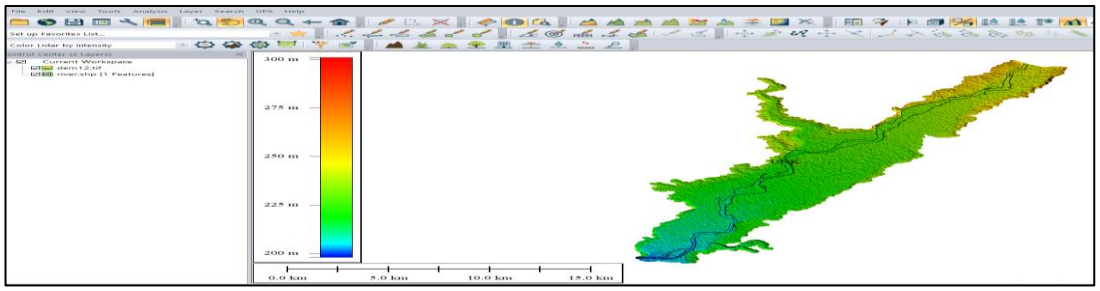
المصدر: اعتماداً على برنامج Global mapper20.تسمح هذه الأداة بمحاكاة الفيضان، وذلك من خلال زيادة مستوى المياه من نقطة المياه الحالية، على الاخذ بنظر الاعتبار ان نقطة ٠ لمستوى سطح البحر، على سبيل المثال، يمكن محاكاة زيادة مستوى سطح البحر بمقدار معين ومعرفة أين ستصل المياه، مع الأخذ في الاعتبار أي ميزات تضاريس تمنع التدفق، مثل السدود والمباني في التضاريس، وما إلى ذلك. فهي أفضل أداة لنمذجة التغير في مستويات سطح البحر من مجرد سحب المياه على ارتفاع ثابت، والذي يفعل أشياء مثل ملء الوادي بالمياه ببساطة لأنه تحت مستوى سطح البحر، على الرغم من أن المياه لا يمكن أن تصل إلى هناك اما الاستخدام الآخر المهم للغاية لهذه الأداة هو تحديد كيفية اتساع السهل الفيضي مستقبلاً. يمكنك تحديد ميزة (ميزات) منطقة سهل الفيضان قبل تحديد هذا الأمر، ثم في مربع حوار إعداد حساب ارتفاع المياه (في الصورة أدناه) يمكنك اختيار زيادة مستوى المياه بمقدار معين من المناطق المحددة.والاستخدام الآخر المحتمل لذلك هو تحديد تغطية البحيرة عند مستويات المياه المختلفة. يمكنك البدء بمساحة من البحيرة عند مستوى معين من المياه، ثم وضع نموذج لتغطية البحيرة عند مستويات مختلفة من الزيادة في المستوى[١٢].

٨-١. خطوات تشغيل الأداة على الأنهار:

- تحتاج الأداة الى شيب فايل من نوع المضلع Shapefile Polygon والذي يمثل النهر.

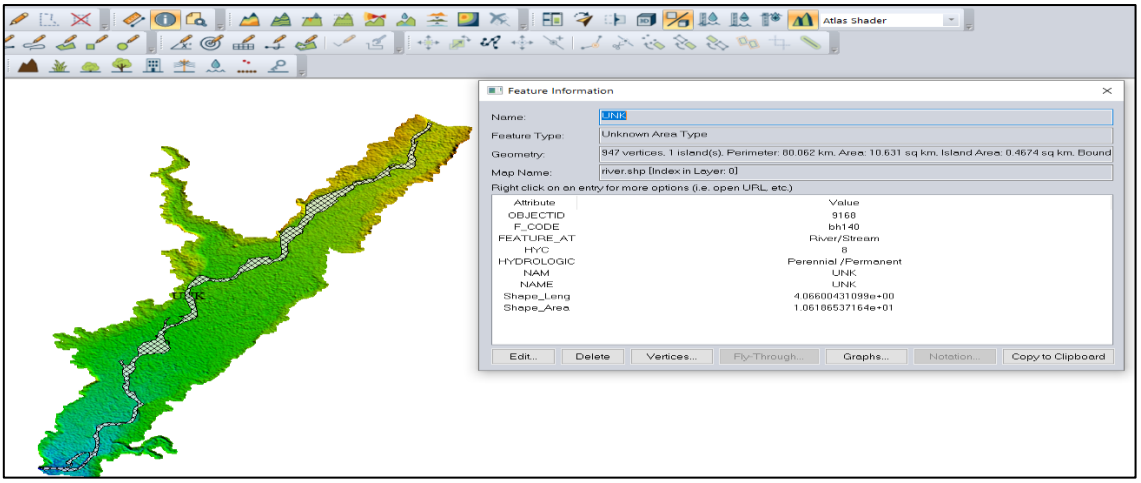
- استقطاع مساحة أكبر للنهر من المرئية الفضائية DEM، وذلك للأخذ بنظر الاعتبار تحديد الفيضان مستقبلاً. وكما في الشكل (4).

شكل (4) اليه استقطاع وتحديد النهر في برنامج Global Mapper



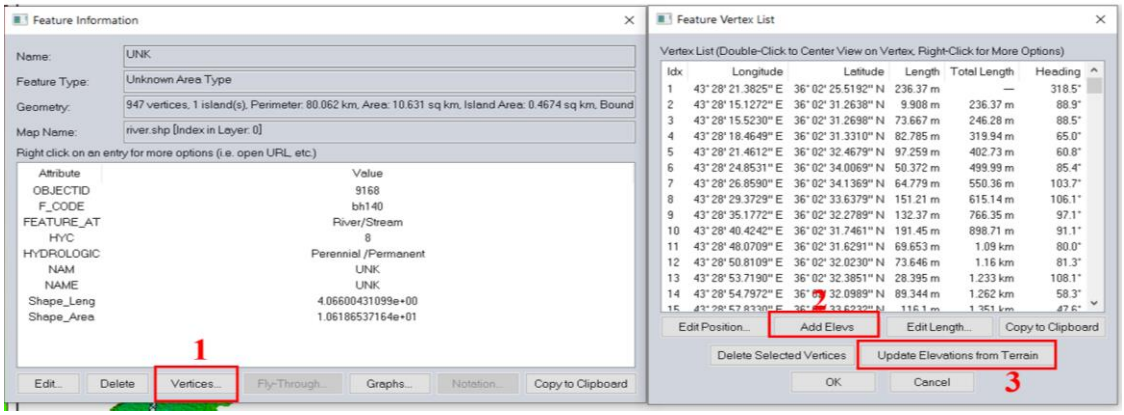
المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج Global mapper v 18.0.

- تحديد النهر ولك من خلال أداة التحديد Feature info tools ، وكما في الشكل (5)، فتظهر لائحة تمثل خصائص النهر المكانية من vertices ومساحة وطول ومحيط وكافة الحسابات الهندسية الخاصة بالنهر**شكل (5) طريقة تحديد النهر وإظهار الخصائص والقياسات المكانية له**



المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج Global mapper v 18.0.

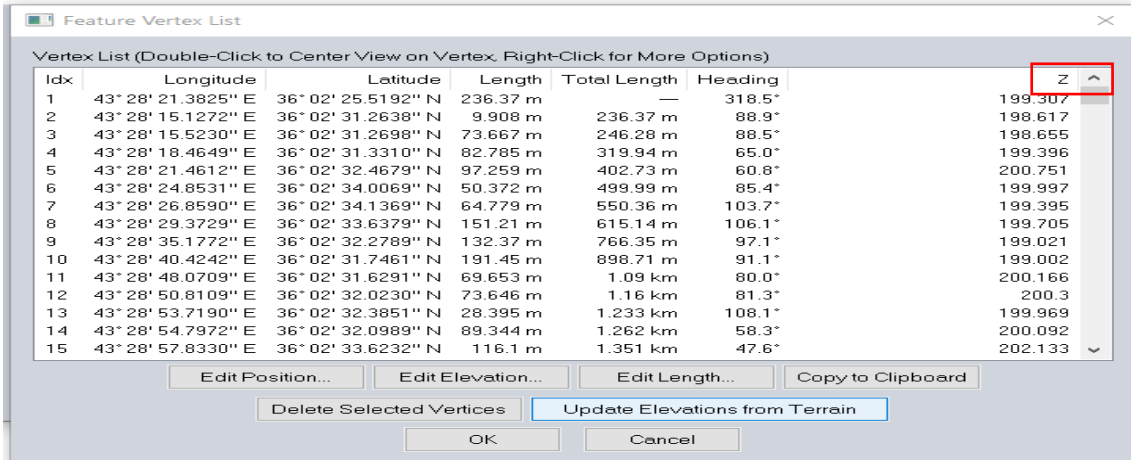
- الضغط على ايعاز الرؤوس vertices فتظهر لائحة تمثل قائمة خصائص الرؤوس feature vertices list، والتي يهمنا فيها إضافة الارتفاع على هذه الرؤوس وكما في الشكل (6).**شكل (6) خصائص قائمة الرؤوس لنهر الزاب الأعلى في منطقة الدراسة**



المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج Global mapper v 18.0.

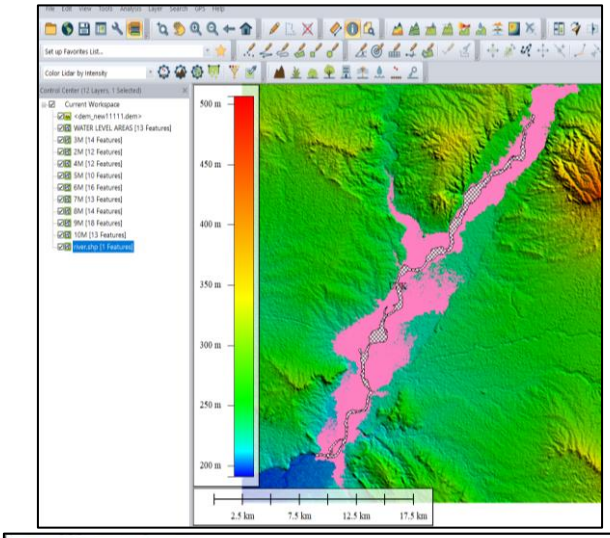
- بعدها يتم إضافة حقل على الرؤوس يسمى Z والذي يمثل الارتفاع لكل رأس Vertices، وان الهدف من ذلك هو معرفة ارتفاع ضفاف النهر على طول الخط فكلما زاد عدد الرؤوسVertices مع زيادة الدقة المكانية لنموذج الارتفاع الرقميDEM زادت الدقة في العمل. وكما في الشكل (7).

شكل (7) إضافة الارتفاع الى الرؤوس لمعرفة ارتفاع الضفاف للنهر



Idx	Longitude	Latitude	Length	Total Length	Heading	Z
1	43° 28' 21.3825" E	36° 02' 25.5192" N	236.37 m	—	318.5°	199.307
2	43° 28' 15.1272" E	36° 02' 31.2638" N	9.908 m	236.37 m	88.9°	198.617
3	43° 28' 15.5230" E	36° 02' 31.2698" N	73.667 m	246.28 m	88.5°	198.655
4	43° 28' 18.4649" E	36° 02' 31.3310" N	82.785 m	319.94 m	65.0°	199.396
5	43° 28' 21.4612" E	36° 02' 32.4679" N	97.259 m	402.73 m	60.8°	200.751
6	43° 28' 24.8531" E	36° 02' 34.0069" N	50.372 m	499.99 m	85.4°	199.997
7	43° 28' 26.8590" E	36° 02' 34.1369" N	64.779 m	550.36 m	103.7°	199.395
8	43° 28' 29.3729" E	36° 02' 33.6379" N	151.21 m	615.14 m	106.1°	199.705
9	43° 28' 35.1772" E	36° 02' 32.2789" N	132.37 m	766.35 m	97.1°	199.021
10	43° 28' 40.4242" E	36° 02' 31.7461" N	191.45 m	898.71 m	91.1°	199.002
11	43° 28' 48.0709" E	36° 02' 31.6291" N	69.653 m	1.09 km	80.0°	200.166
12	43° 28' 50.8109" E	36° 02' 32.0230" N	73.646 m	1.16 km	81.3°	200.3
13	43° 28' 53.7190" E	36° 02' 32.3851" N	28.395 m	1.233 km	108.1°	199.969
14	43° 28' 54.7972" E	36° 02' 32.0989" N	89.344 m	1.262 km	58.3°	200.092
15	43° 28' 57.8330" E	36° 02' 33.6232" N	116.1 m	1.351 km	47.6°	202.133

المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج Global mapper v 18.0 والجدير بالذكر ان الرؤوسVertices في الأشكال هي النقاط التي يلتقي فيها مقطعان أو حواف خطية أو أكثر (مثل الزاوية). مفرد القمم هو قمة الرأس. على سبيل المثال، المكعب له ٨ رؤوس والمخروط له رأس واحد. تُسمى الرؤوس أحيانًا بالزوايا[١٣] وبعد هذه السلسلة من التطبيقات أصبحت المنطقة جاهزة للمحاكاة الرقمية للفيضان وسيتم التفصيل وشرح الأداة في الشكل (8).**شكل (٨) طريقة عمل المحاكاة في أداة الفيضان**

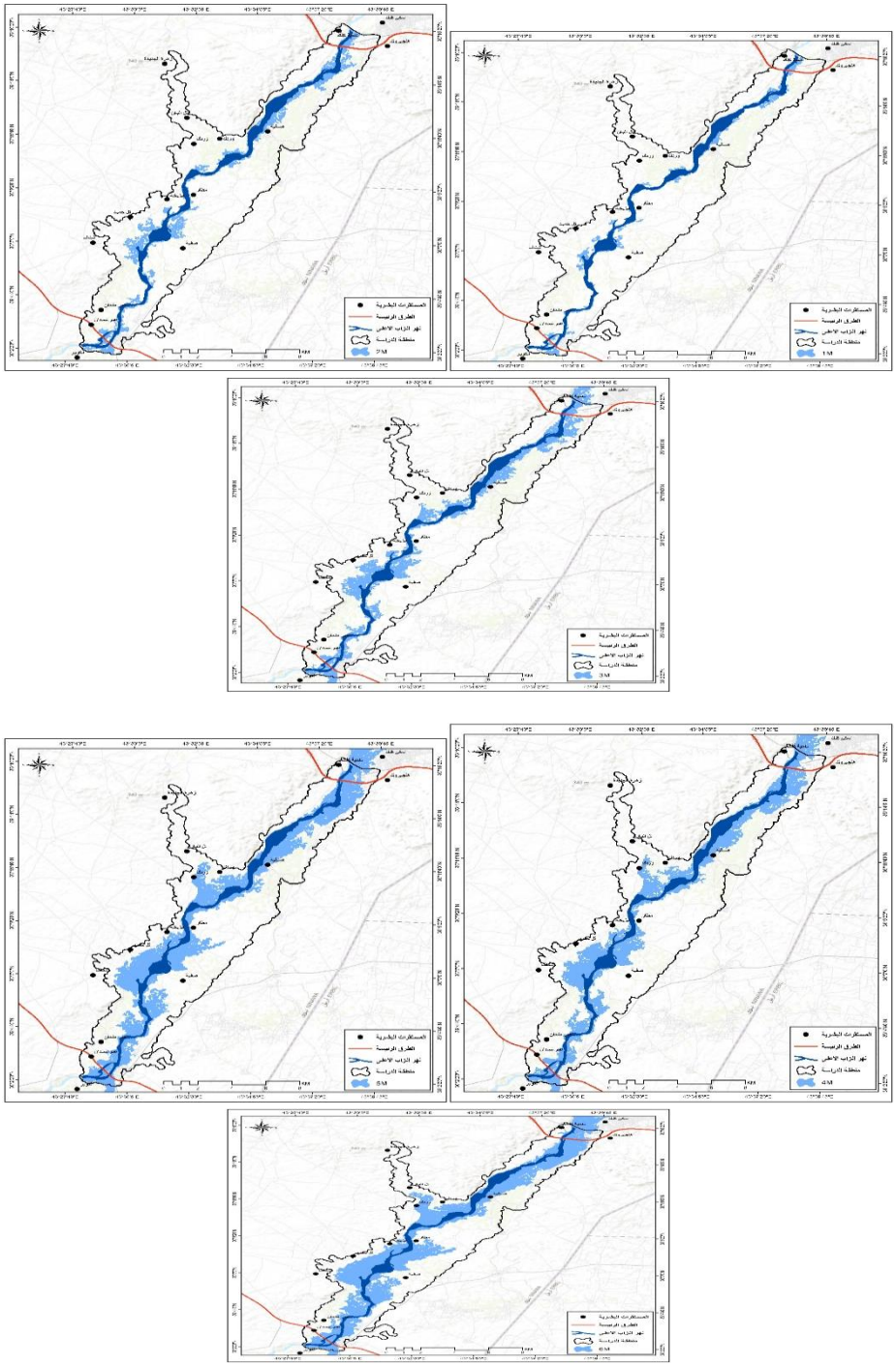


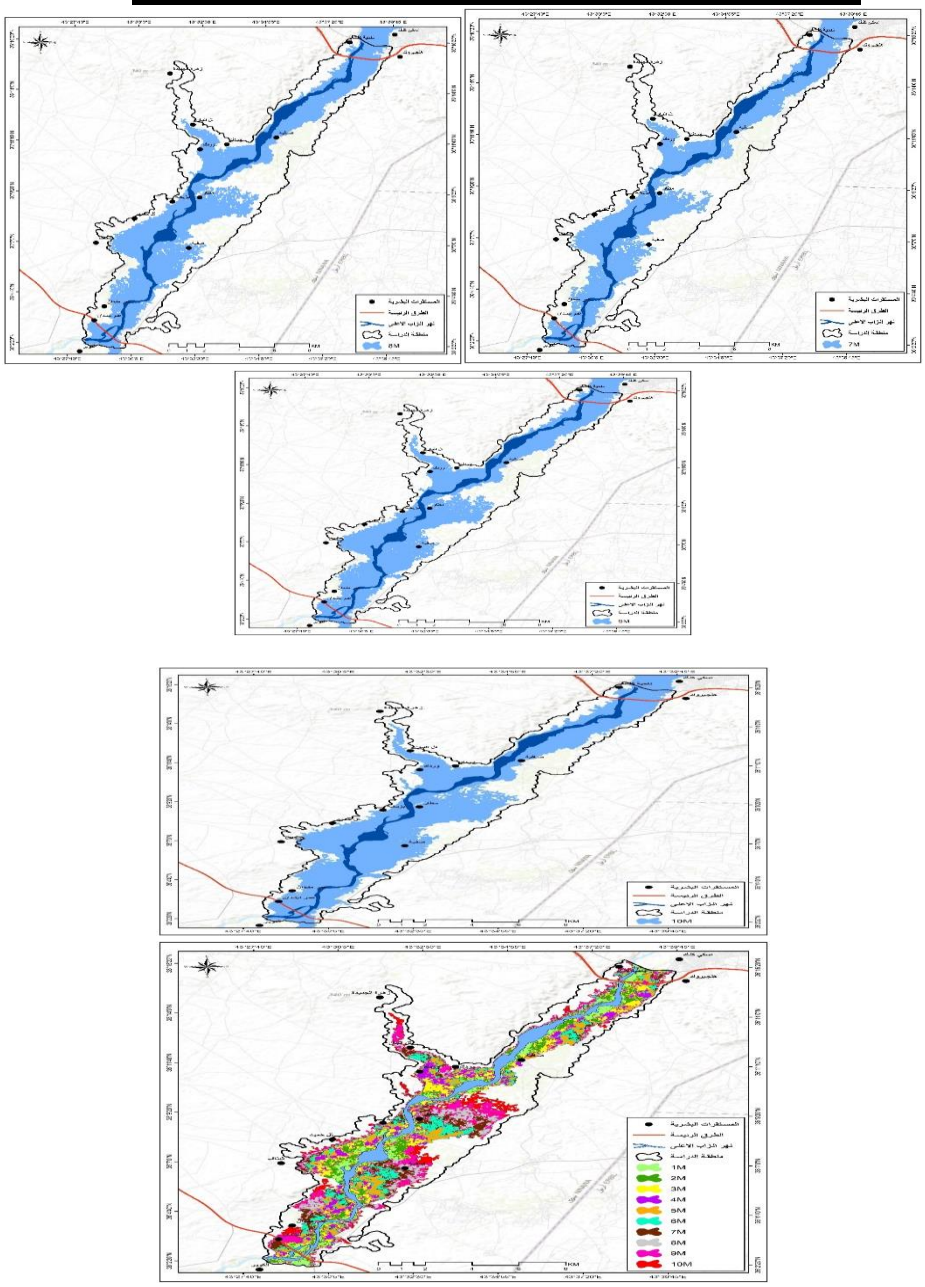
المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج Global mapper v 18.0.

٨-٢. **عرض نتائج محاكاة الفيضان وتفسيرها**في هذا الجانب سيتم رفع مستوى الفيضان من خط المياه الحالي ولكل متر واحد لمعرفة التغطية المكانية للفيضان على مستوى المتر الواحد والى اقصى ارتفاع والذي سنقترحه ١٠ أمتار، وايضاً يتم معرفة المساحة السطحية التي يغطيها الفيضان،

كما ينبغي معرفة المستقرات والأراضي الزراعية التي ستغمر بالمياه عند هذه المستويات، وكما في النماذج (الخريطة ٧)ومن خلال ما سيتم استعراضه لمحاكاة الفيضان في الخريطة (٧) (٨) والجدول (٨) يمكن تفسير مخاطره وفق الاتي:

- ان المستوى الحقيقي للفيضان ينحصر تحت مستوى (٧) أمتار، اما من (٨-١٠) فهي مناسيب افتراضية، تحاكي ماذا لو حدثت.
- تتباين مساحة التغطية للمياه بين ارتفاع واخر، فتزداد طردياً فكلما ارتفعت مناسيب المياه كانت التغطية المساحية للمياه اكبر، اذ بلغت عند ارتفاع (١)م الى (١٥.١)كم^2، وهكذا الى ان تصل الى اعلى ارتفاع عند مستوى (١٠)م بمساحة بلغت (٨٣.٧)كم^2. وهو الذي يشكل اعلى خطراُ في المنطقة.
- بلغ عدد المستقرات البشرية المغمورة (١٠) مستقرات كلها تتغطى عند مستوى (١٠)م، وأدنى غمر عند مستوى (١)م، بمستقرة بشرية واحدة وكما في الشكل (٩). في حين بلغت مساحة المناطق السكنية المعمورة (٣.٣)كم^2، عند اعلى مستوى للفيضان ، وتبدأ بالتناقص عند انخفاض مستوى المياه، الى ان تصل ادنى مساحة لها عند ارتفاع المياه متراً واحداً والبالغة (٠.٠٦٩٤)كم^2**نماذج (٧) المحاكاة الرقمية لمستويات الفيضان من (١م _ ١٠م) لنهر الزاب الاعلى**



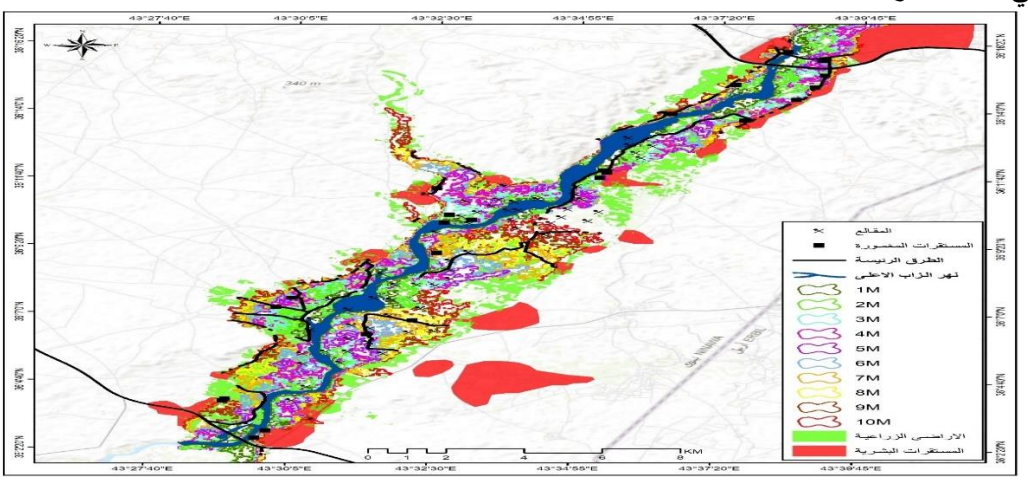


المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج Global mapper v 18.0 **شكل (٩) اثر الفيضان على المستقرات البشرية عند منسوب ٦ متر**

المصدر: اعتماداً على مرئية كوك بيرد، باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

- اما فيما يخص الأراضي الزراعية فبلغت مساحة الاراض المغمورة الكلية (٢٣.٧٥)كم^{٢}، تبدأ المساحة بالانخفاض ايضاً عند انخفاض مناسيب المياه، الى ان تصل ادناها عند مستوى متر واحد والبالغة (٠.٥٠٧٦)كم^{٢}.
- بلغت العدد الكلي للمقالع المغمورة (٥٤) مقلعاً وذلك عند مستوى (١٠)م، وتبدأ بالانخفاض الى ان تصل الى مقلعاً واحد عند ارتفاع مستوى المياه متراً واحداً، وذلك بسبب ان وقوع هذه المقالع في السهل الفيضي الحديث وبالقرب من مجرى النهر.

- اما بالنسبة لأطوال الطرق المغمورة فايضاً هي الأخرى قد تتعرض بشكل كبير الى الفيضانات، لاسيما عند ارتفاع (١٠)م والتي بلغت (٥١.٤)كم، وهكذا الى ان تصل ادناها عند ارتفاع المياه متراً واحداً وتبلغ (٠.٢)كم واغلبها من الطرق الترابية.خريطة (٨) الاستعمالات المغمورة نتيجة ارتفاع مناسيب الفيضان في منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على مرئية لاندسات والخرائط الطبوغرافية مع المرئيات الفضائية عالية الدقة، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 .جدول (٨)

المخاطر الناتجة عن الفيضانات في منطقة الدراسة

ارتفاع الفيضان	المساحة/كم٢	عدد المستقرات المتضررة	مساحة الأراضي السكنية المتضررة/كم٢	مساحة الأراضي الزراعية المتضررة/كم٢	عدد المقالع المتضررة	اطوال الطرق المتضررة/كم
النهر الحالي	10.2	0	0	0	0	0
1M	15.1	1	0.069464	0.507631	1	0.2
2M	21.2	1	0.151993	1.505419	2	3.5
3M	29.1	2	0.300185	3.357093	10	7.5
4M	37.3	2	0.604324	5.790417	15	9.5
5M	45.5	5	1.004574	8.32594	20	11.2
6M	53.7	6	1.326429	11.402587	30	15.6
7M	61.6	7	1.631399	14.602799	45	21.9
8M	69.1	8	2.0239	18.038359	51	29.6
9M	76.4	8	2.513718	21.165561	53	43.2
10M	83.7	10	3.264544	23.757545	54	51.4

المصدر: اعتماداً على مرئية لاندسات والخرائط الطبوغرافية مع المرئيات الفضائية عالية الدقة، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 .

الاستنتاجات:

- هنالك عوامل اثرت على مناسيب الفيضان أهمها العوامل الطبيعية والتي تقتصر على الجانب الجيولوجي والمناخ فضلاً عن خصائص السطح. وفضلاً عن ذلك ان النهر يخلو من السدود التي تنظم الجريان وتقلل من خطر الفيضان.
- بلغ ارتفاع منسوب المياه لعام ١٩٨٨ عن مستواه الحالي ما يقارب (٧-٨) امتار، ويغطي مساحة مائية سطحية (٢٨.٨)كم٢، بمعنى ان النهر قد تضاعفت كمية مياهه بثلاث اضعاف، وفي عام ٢٠١٩ بلغ (٥-٦) امتار، وبمساحة بلغت (١٩.٨)كم٢، اما عام ٢٠٠٨ فهي السنة الأكثر جفافاً للمياه وهي لا تشكل خطراً للفيضان، بمساحة بلغت (٧.٥)كم٢، في حين عام ٢٠١٣ كانت من السنوات القريبة من الاعتدال اذ بلغ ارتفاع المياه من (١-٢) متر عن مستواه الحالي، وبمساحة بلغت (١٢.٨)كم٢.
- سجلت فترة التكرار اعلى قيمة لها في عام ٢٠٠٨ وادناها في عام ١٩٨٨، اما فترة الرجوع فسجلت العكس.
- اثبتت أداة محاكاة الفيضان كونها الأنسب للتنبؤ بخطر الفيضان، وهي الأنسب للدراسات الاستشارية، اذ عملت على رفع مناسيب المياه على ارتفاع كل متر، ولحد ١٠ أمتار، وذلك يمكن معرفة المناطق التي تغطيها المياه.

- بالنسبة للمحاكاة الرقمية لمناسيب الفيضان مع استعمالات الأرض فقد سجلت تبايناً على مستوى المتر الواحد، فأتاح ذلك معرفة الاستعمال الذي يتضرر من الفيضان. وبذلك حققت نظم المعلومات الجغرافية دقة في التنبؤ والمحاكاة للفيضانات لاي منطقة.

التوصيات:

- الاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية عند القيام بأي دراسة تخص محاكاة الفيضان، كونها تعمل على تحديد المساحات المعرضة للفيضان.
- استخدام طريقة الحصاد المائي ضمن منطقة الدراسة للإفادة من مياه الأمطار بدلاً من تصريفها نحو النهر فتساهم في زيادة رفع مناسيب المياه.
- الافادة من مياه الفيضانات وعدم هدرها واعتبارها ثروة مائية يحسن استغلالها بطريقة علمية كفؤه عن طريق تخزينها واستخدامها في فترات الجفاف.
- بناء قاعدة إنذار مبكر ضمن منطقة الدراسة لحالات الفيضانات الاستثنائية قبل حدوثها من أجل الحد من مخاطرها وأثارها البيئية ضمن منطقة الدراسة.
- تفعيل القوانين التي تمنع عشوائية البناء والسكن والاستثمار داخل وادي النهر وعدم السماح بأنشاء أبنيه جديدة في المناطق التي يزيد ارتفاع الغمر المائي فيها عن (٣) م. لكونها معرضة لخطر الفيضانات الاستثنائية بين فترة وأخرى.

قائمة الهوامش والمراجع

(١) هناء عزيز احمد، هايدرومورفومترية حوض نهر الزاب الصغير في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٧٨، ص١٤٩.

(٢) ادريس علي سلمان الودعاني، مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غرب المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة جازان، المجلد٣، العدد١، ٢٠١٤، ص١٥.

(٣) محمد الرفقيق، علي دادون، الاخطار الطبيعية المرتبطة بالفيضانات الحضرية بواد ام العشار كلميم، كلية الاداب والعلوم الإنسانية، جامعة ابن زهر، اكادير، ٢٠١٦، ص٤.

(٤) محمد خميس الزوكة، جغرافية المياه، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ٢٠٠٢، ص١٦١.

(٥) عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، جامعة بغداد، ١٩٩٠، ص١٥٦.

(٦) سهيلة نجم عبد الابراهيمي، جيومورفولوجية مصب رافد الزاب الصغير– نهر دجلة، رسالة ماجستير (غير منشورة) كلية التربية، جامعة تكريت، ٢٠٠٩، ص١٩.

(7) Wohl. E, River in the land Scape Science and management, Colorado, John wiley sons. Ltd 2014.p- 55.

(٨) محمد الرفيق، على داودون، مصدر سابق، ص٥١.

(٩) لونابلييولر، الماء هو الأساس، ترجمة رياض حامد الدباغ ومحمد شامل دحام، الموصل، الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ص٩٢.

(١٠) حسن أبو سمور، ماجد الخطيب، جغرافية الموارد المائية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ١٩٩٩، ص١٤٥.

(١١) صفوح خير، الجغرافية موضوعها ومناهجها وأهدافها، دار الفكر المعاصر، دمشق، سورية،٢٠٠٠، ص١١٨.

(12) https://www.bluemarblegeo.com/docs/guides/global-mapper-18-2-getting-started-en.pdf

(13) https://thirdspacelearning.com/blog/what-are-vertices-faces.