



ISSN: 1817-6798 (Print)

Journal of Tikrit University for Humanities

available online at: www.jtuh.org/**Bariq Salman Youssef Zidan**

University of Tikrit / College of Education for Humanities

Abdulhaq Naif Mahmoud Al-Jubouri

University of Tikrit / College of Education for Women

* Corresponding author: E-mail : bariqsalmanyousuf@gmail.com**Keywords:**Risks
Model
Variables
Variable Initialization
Model Output**ARTICLE INFO****Article history:**Received 1 Mar 2025
Received in revised form 25 Mar 2025
Accepted 2 Mar 2025
Final Proofreading 25 Sept 2025
Available online 25 Sept 2025E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Journal of Tikrit University for Humanities

Hydrological Hazard Modeling for the Suhail Valley Basin in Al-Shirqat District**A B S T R A C T**

This research aims to study the hydrological hazards of the Suhail Valley Basin in Al-Shirqat District, covering an area of 226.53 km², which flows into the Tigris River. It is bounded to the east by the Makhmur Fold, to the south by Al-Lina Valley, to the west by the Tigris River, and to the north by Al-Bir Valley. Geographically, it is located between the longitudes (43,16,0-34,32,5) East and the latitudes (35,25,30-35,36,0) North. The study assessed hazards using a multi-variable method for hydrological risks in the main basin as well as its sub-basins. Three hazard models were identified, each is analyzed using specific variables. The first model involved analyzing multiple variables in the main basin. The second model focused on morphometric variables in the sub-basins. The third model analyzed quantitative and temporal variables using Snyder's method. The study concluded that the degree of risk varied according to each model, ranging from high, moderate, to low risk. The risk levels for each model were as follows: First model: 38-84% Second model: 45-60% Third model: 60-84%.

© 2025 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI: <http://doi.org/10.25130/jtuh.32.9.1.2025.3>**نمذجة المخاطر الهيدرولوجية لحوض وادي سهيل في قضاء الشرقاط**

بارق سلمان يوسف زيدان/جامعة تكريت/كلية التربية للعلوم الانسانية

عبدالحق نايف محمود الجبوري/جامعة تكريت/كلية التربية للنبات

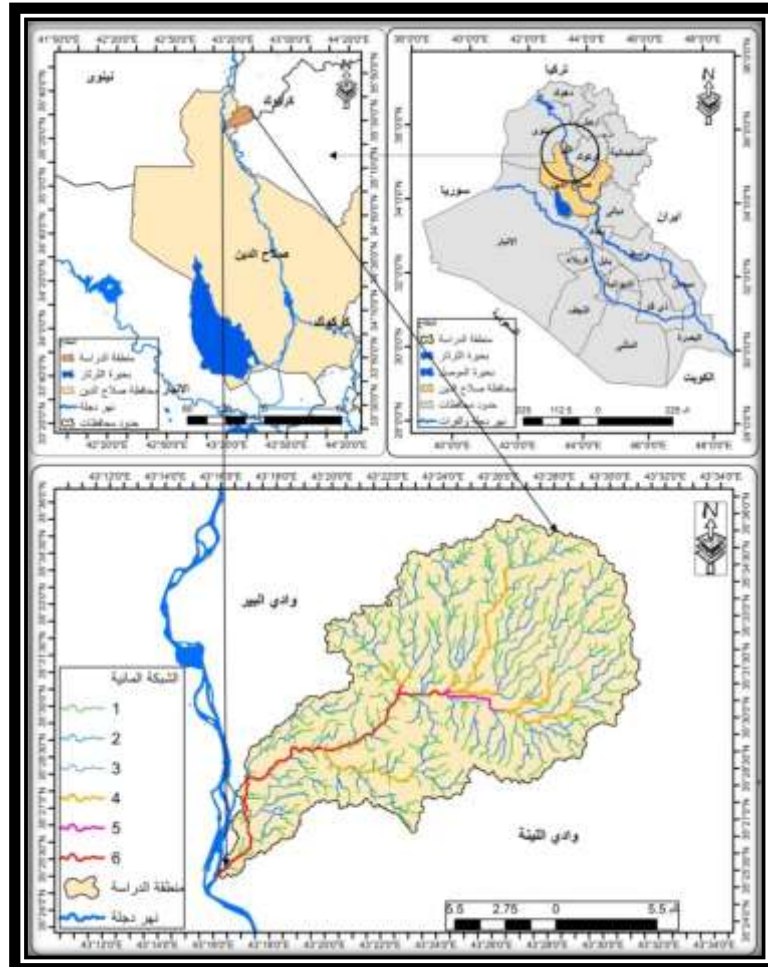
الخلاصة:

يهدف هذا البحث الى دراسة المخاطر الهيدرولوجية لحوض وادي سهيل في قضاء الشرقاط بمساحته البالغة (٢٢٦,٥٣) كم^٢ الذي يصب في نهر دجلة, يحده من الشرق طية مخمور ومن الجنوب وادي اللينة ومن الغرب نهر دجلة ومن الشمال وادي البير, أما فلكيا فيقع بين خطي طول (٤٣,٣٢,٥ - ٤٣,١٦,٠) شرقا ودائرتي عرض (٣٥,٣٦,٠ - ٣٥,٢٥,٣٠) شمالا. تمت دراسة المخاطر وفق طريقة متعدد المتغيرات

للمخاطر الهيدرولوجية في الحوض الرئيسي وكذلك الاحواض الثانوية, اذ تم تحديد ثلاثة نماذج للمخاطر تم العمل وفق معطيات كل نموذج لتحديد المخاطر, في النموذج الاول تم تحليل المتغيرات المتعددة للحوض الرئيسي وفي النموذج الثاني تحليل المتغيرات المورفومترية للأحواض الثانوية أما النموذج الثالث تم تحليل المتغيرات الكمية والزمنية لطريقة سنايدر, وتوصلت الدراسة الى درجات خطورة متفاوتة حسب كل نموذج بين خطورة عالية ومتوسطة وضعيفة, إذ تراوحت درجات الخطورة حسب النماذج بالشكل الآتي النموذج الأول (٣٨-٨٤)% والنموذج الثاني (٤٥-٦٠)% و النموذج الثالث (٦٠-٨٤)%.

كلمات مفتاحية: المخاطر → النموذج → المتغيرات → تهيئة المتغيرات → إعداد النماذج → إخراج النماذج →

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



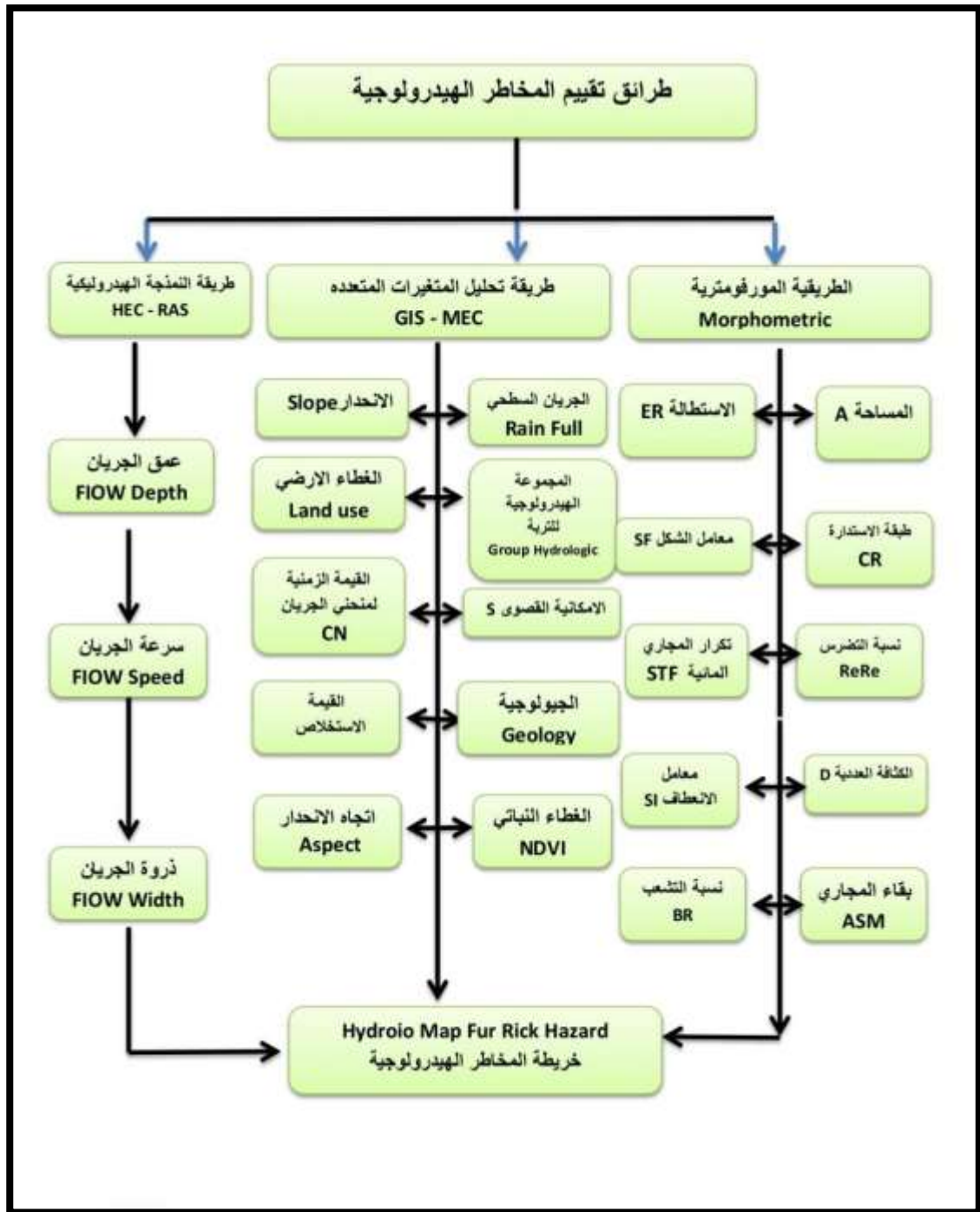
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على خريطة العراق الإدارية بمقياس رسم ١/١٠٠٠٠٠٠، و برنامج (ARC GIS10.3)

١: نمذجة المخاطر الهيدرولوجية

ويمكن مفهوم المخاطر الهيدرولوجية في طبيعة تفاعل مجاري الوديان ضمن الأحواض المائية مع التصارييف العالية وقدرة تلك الأحواض من خلال مكوناتها في تحويل التساقطات إلى جريان مائي وفق توقيتات زمنية.

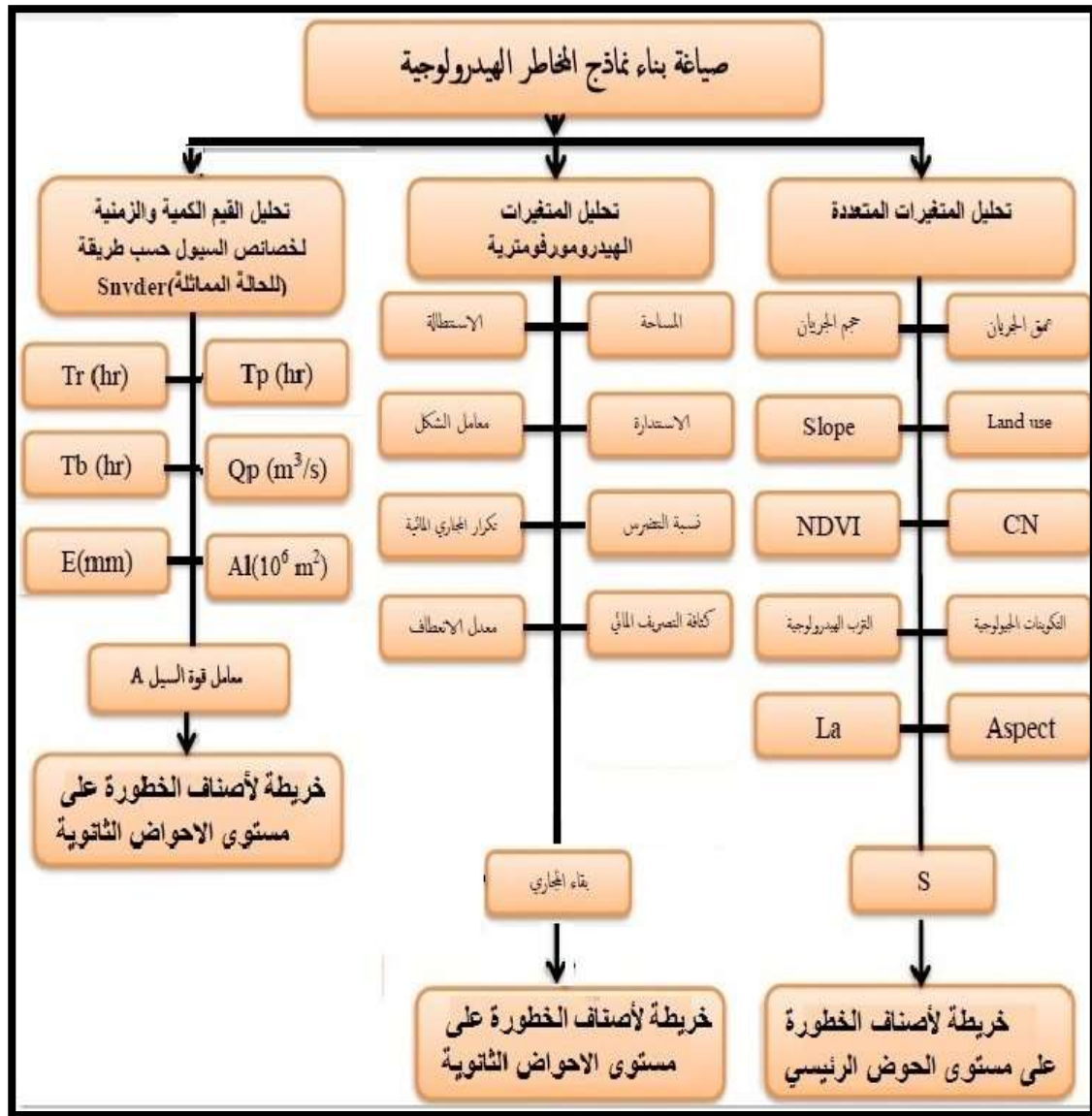
ورغم أن الجريان المائي جزء من الوظائف الطبيعية للأودية المائية ولكن تحول مظاهر الجريان السطحي إلى مراحل تفوق إمكانات تلك الوديان من التعاطي معها بأسلوب الجريان الطبيعي إلى جريان يطلق عليه الفيضانات العارمة Flash Flood وتحدث خلال فترات زمنية غير محددة، لذا فإنها تعد خطرة لما تسببه من خسائر بشرية ومادية تنال مختلف الأنشطة الاقتصادية، وتتفاوت الأودية الثانوية ضمن الحوض المائي في حدوث الفيضانات وشدها وهي مرتبطة بجملة من العوامل والمتغيرات البيئية والجيومورفولوجية والهيدرولوجيا والجيولوجية فضلاً عن المتغيرات المناخية، وتتباين على وفق ذلك حالات الخطورة الهيدرولوجية للوديان من خلال نسبة تركيز كل عامل أو متغير في العملية الهيدرولوجية. وطبقاً للحصر المرجعي لأدبيات نمذجة المخاطر الهيدرولوجية فقد استخدمت عدة طرائق لتقييم المخاطر الهيدرولوجية كما يوضحها الشكل (١) إذ تصنف في ثلاث طرائق رئيسية (الطرائق المورفومترية - طريقة التحليل متعدد المتغيرات - طريقة النمذجة الهيدروليكية لبرنامج (RAS) - (HEC)) والطرائق الثلاث اعلاه هامة في التطبيقات الهيدرولوجية نحو تقدير وتقييم المخاطر الهيدرولوجية الا أن ملاءمة وتناسب كل طريقة مقترنة بطبيعة استعمالات الأرض السائدة في المناطق المعرضة للمخاطر الهيدرولوجية السيول - الفيضانات فقد تم اعتماد طريقة تحليل متعدد المتغيرات القائم على نظم المعلومات الجغرافية وهي الطريقة الأكثر انتشاراً في الدراسات الجغرافية والتخطيطية والتطبيقية، وتعتمد على تحديد المعايير المؤثرة على زيادة المخاطر وتحديد اوزان المتغيرات بالاعتماد على تطبيق طريقة التحليل الهرمي (AHP^(*))، ومن أبرز الدراسات التي استخدمت هذه الطريقة دراسة ((khabat2016))^(١) (jose2016)^(٢). وفي الدراسة الحالية تم اعتمادا طريقة تحليل متعدد المتغيرات لتقييم المخاطر الهيدرولوجية لحوض منطقة الدراسة ، من خلال صياغة وبناء ثلاث من النماذج الهيدرولوجية، وكما موضح في الشكل (٢) وبما أن المتغيرات المعتمدة تتفاوت في حجم التأثير نحو ابراز الظاهرة المدروسة والمتمثلة بالخطورة الهيدرولوجية، تم وضع نسب أوزان للمتغيرات بناءً على درجة تأثير تركيز المتغير على إحداث الخطورة الهيدرولوجية في الحوض المائي.

الشكل (١) مخطط يوضح طرائق تقييم المخاطر الهيدرولوجية



المصدر: عمل الباحث اعتمادا على الحصر المرجعي لأدبيات المخاطر الهيدرولوجية

الشكل (٢) يوضح طريقة تحليل متعدد المتغيرات لتقييم المخاطر الهيدرولوجية



المصدر: عمل الباحث

١:١: مرحلة تهيئة المتغيرات وعملية توزيع الأوزان لنماذج المخاطر الهيدرولوجية المعدة وفق طريقة تحليل متعدد المتغيرات:
١:١:١: الأنموذج الأول:

يتضمن هذا الأنموذج المعد على وفق هذه الحالة في عملية التحليل للمخاطر الهيدرولوجية (١١) متغيراً وهي (عمق الجريان (RD)، حجم الجريان (SRY)، الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض (Land Use) الانحدار (Slope)، القيمة الزمنية لمنحنى الجريان (CN)، الغطاء النباتي، (NDVI)، التكوينات الجيولوجية (Geology) التربة الهيدرولوجية (Group Hydrologic)، اتجاه الانحدار (Aspect)، الاستخلاص الأولي (La)، الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء في التربة بعد بدء الجريان السطحي (S). وهي متغيرات تحدد

الحصيلة النهائية لاستجابة مكونات أسطح الأحواض نحو العمليات الهيدرولوجية وإمكانية تحقيق الخطورة نتيجة تفوق أحجام الجريان على معدلات الارتشاح. وتتميز هذا النمط من النمذجة في أن التعامل في اعداد البيانات (الطبقات) التي تعبر عن المتغيرات المؤثرة جرى بصيغة وحدة الخلية (Unite Pixe) ضمن الحوض الرئيسي.

وفيما يأتي عرض المتغيرات المستخدمة ضمن الأنموذج والأوزان الترجيحية للمتغيرات والفئات وتوزيعها جدول (١).

الجدول (١) يوضح الاوزان الترجيحية للمتغيرات والفئات للانموذج الاول

الوزن	الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير
٤	اراضي محروثه	Land use %١٢	٤	١٧١-١٩٣	حجم الجريان %١٢	4	158-184	عمق الجريان %١٢
٦	محاصيل زراعية		٦	١٩٣,١-٢١٧		6	184,1-218	
٨	اراضي جردات		٨	٢١٧,١-٢٤٦		8	٢١٨,١-٢٥٥	
١٠	مستقرات بشرية		١٠	٢٤٦,١-٢٧٦		10	٢٥٥,١-٢٨٦	
الوزن	الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير
١٥	ارض جرداء	Ndvi %٩	٢	١	Cn %١٥	١٥	تموج خفيف	Slope %١٠
٨	نبات ضعيف		٤	٢		٦	متموج	
			٥	٣				
٦	متوسط		٦	٤		٨	اراضي جرداء	
٤	كثيف		٨	٥		١٠	اراضي التلال	
			10	٦				
الوزن	الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير
٨	جنوب غرب	Aspect %٧	6	A	هيدرولوجية الترتبة %٧	٤	السهل الفيضي	التكوينات الجيولوجية %٧
١٠	جنوب					٦	شرفات نهريّة	
٦	شمال شرق		10	B		٨	رواسب متعددة الاقصول	
٦	جنوب شرق							
٢	بقية الاتجاهات							
الوزن				الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير
١٥				١	S	١٠	١	La
٨				٢	%٧	٨	٢	%٧

٦	٣		٦	٣	
٤	٤		٤	٤	
٢	٥		٢	٥	
٢	٦		٢	٦	

المصدر: اعتماداً على طريقة التركيب الخطي الموزون (WIC)

١:١:١:١: متغير عمق الجريان (Runoff Depth)

أن زيادة أعماق الجريان السطحي من قبل السطوح تؤدي دوراً مهماً في إحداث الجريان المائي أثناء العواصف المطرية والتي تتحرك لتصب في الأودية والقنوات ومع استمرار زيادة أعماق الجريان فإن فرص الخطورة ترتفع خاصة اذا حصلت تغيرات زمنية قصيرة.

٢:١:١:١: متغير حجم الجريان السطحي السنوي (Surface Runoff Volume)

يعد من الحسابات الهيدرولوجية المهمة خاصة تلك التي تُعنى بالمخاطر إذ أن زيادة حجم الجريان السطحي تعزز كثيراً من فرص الخطورة الهيدرولوجية.

٣:١:١:١: متغير الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض (Land use)

نظراً لأن بعض الغطاءات والاستعمالات الأرضية تزيد من قابلية الأسطح لتحويل التساقطات المطرية إلى جريان مائي مباشر ، وكذلك أن بعض من الاستعمالات تعمل على تغيير نمط الغطاء الأرضي ومورفولوجيته ولاسيما شبكات الأودية والتي تعد بمثابة قنوات تصريفية طبيعية لتستغل في طرق النقل والسكن والمشاريع مما تسهم في حالات من الخطورة الهيدرولوجية في الأحواض التصريفية، لذا تعد من المعايير المهمة في الدراسات الهيدرولوجية.

٤:١:١:١: متغير الانحدار (Slope)

لمتغير انحدار السطح أهمية كبيرة في اكتساب أحواض التصريف خصائص هيدرولوجية تصنف بدرجات خطرة في حالات الانحدارات الشديدة نتيجة سرعة توليد الجريان المائي وعدم الاتاحة بنفاذ المياه نحو الطبقات تحت السطحية، كما أن الخطورة قائمة أيضاً في حالات الانحدارات القليلة نتيجة اتخاذ المياه المنحدرة من النطاقات الأخرى الأكثر انحداراً مستجمعات مائية فيها.

٥:١:١:١: متغير القيمة الزمنية لمنحنى الجريان المائي (CN)

تعبر قيمة (CN) عن مقدار نفاذية السطح، فكلما اتجهت القيم نحو الرقم (١٠٠) يعطي دلالة على أن السطح غير نافذ للماء وهو أكثر قدرة على توليد الجريان السطحي لذا أن حوض التصريف الذي يتميز بقيم (CN) عالية يكون أكثر عرضة للمخاطر الهيدرولوجية عكس القيم المنخفضة .

٦:١:١:١: متغير الغطاء النباتي (NDVI)

يعمل الغطاء النباتي على انعدام او تقليل خطورة الجريان السطحي في الأحواض المائية خاصة في الحالات الكثيفة بفعل إعاقتها للجريان السطحي وزيادة نفاذية التربة.

٧:١:١:١: متغير التكوينات الجيولوجية (Geology)

تسهم طبيعة بنية الطبقات في تشكيل الشبكة التصريفية الحالية للحوض المائي وعملها الهيدرولوجي، إذ أن لحالة جريان المياه من قبل الخصائص الصخرية أثراً كبيراً في تحديد الظروف الهيدرولوجية للأحواض المائية والتي قد تسبب حالات من الخطورة الجريانية السيلية بفعل ذلك.

٨:١:١:١: متغير المجموعة الهيدرولوجية للتربة (Group Hydrologic)

تكشف المجموعة الهيدرولوجية للتربة حسب طريقة (SCS) مدى تأثير نسيج التربة في نشوء وتوليد الجريان السطحي ووفقاً لمعدل سرعة انتقال الماء من خلالها، حيث ترتفع فرص الخطورة الهيدرولوجية بشكل أكثر في المجموعة الهيدرولوجية للتربة (B) وبشكل أقل ضمن المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A). وعلى النحو الذي حددت طريقة (SCS).

٩:١:١:١: متغير اتجاه الانحدار اتجاه الجريان (Aspect)

تأتي أهمية اتجاه الانحدار في الدراسات الهيدرولوجية كونها تحدد اتجاه حركة جريان المياه ولاسيما في المناطق المرتفعة كما إنها تحدد قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة واستقبال المنخفضات الجوية، مما يعني أن تلك الأماكن معرضة لأخطار الجريان المائي عند حالات التساقط المطري بكميات كبيرة.

١٠:١:١:١: متغير الاستخلاص الأولي (Ia) يمثل هذا المتغير الفوائد والتسرب من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي^(٣). فكلما كانت نسب معامل الاستخلاص الأولي عالية تقلل من حجم الجريان المتاح وبالتالي تتخفف فرصة الخطورة الجريانية السيلية.

١١:١:١:١: متغير الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء في التربة بعد بدء الجريان السطحي (S)

يعبر هذا المتغير عن حالة التجمع السطحي الأقصى بعد بداية الجريان السطحي، إذ أن في تدني قيمة (S) تتخفف قدرة التربة في الاحتجاز بالماء^(٤). وتوفر فرصة تجمعها وتسهم في تشكيل جريان سطحي ربما تكون بدايات نحو جريانات سيلية لا تخلو من المخاطر الهيدرولوجية.

٢:١:١:١: الأنموذج الثاني

تعد الخصائص المورفومترية من المتغيرات المهمة في كل الدراسات الهيدرولوجية إذ أن خصائصها المساحية والشكلية وطبيعة الشبكة التصريفية عناصر متحركة في تغيرات السلوك الهيدرولوجي ومؤشرات نحو الفيضانات وخطورتها. تم اختيار المتغيرات الآتية كمحددات في الدراسة الحالية لأهمية تلك المتغيرات في الجانب الهيدرولوجي للأحواض المائية وانعكاس ذلك في زيادة خطورتها والبالغة (٩) متغيرات، وكما موضح في الجدول (٢)، في حين يوضح الجدول (٣) الأوزان الترجيحية للمتغيرات والفئات وتوزيعها.

الجدول (٢) المتغيرات المستخدمة في الأحواض المدروسة ضمن الأنموذج الثاني

الحوض	المساحة كم ^٢	الاستطالة	الاستدارة	كل الحوض	نسبة التضرس	ك الصرف الطولية	ك الصرف العديدية	معامل التعرج	بقاء المجرى
١	١٠,٣٥	٠,٣١	٠,٢٤	٠,١	٤,٧٣	٢,٣٧	٢,٩	١,٢٤	٠,٤٢
٢	١٢,٨٥	٠,٥٨	٠,٣٦	٠,٣٤	١,٦٤	٢,٤	٣,١٩	١,١٨	٠,٤١
٣	١١,٦٣	٠,٣٨	٠,٢٥	٠,١٤	٢,٦٧	٢,٤٢	٣,١٨	١,١٧	٠,٤١
٤	٤,٩٩	٠,٣٧	٠,٢٣	٠,١٤	٤,٢	٢,٦	٣,٢١	١,١	٠,٣٨
٥	١٦,١	٠,٤٣	٠,٢٩	٠,٨٩	١,٨٦	٢,٦	٣,٢٩	١,١٣	٠,٣٨
٦	٢٠,٩٨	٠,٣٦	٠,١٦	٠,١٣	٢,٣٨	٢,٤١	٢,٩٦	١,٠١	٠,٤١
٧	٢٤,٩١	٠,٤٧	٠,٣٣	٠,٢٢	١,٨	٢,٥٣	١,٩٣	١,٣١	٠,٣٩
٨	١٩,٦١	٠,٣٨	٠,٢٨	٠,١٥	٣,٠١	٢,٤	٢,٥	١,٠٨	٠,٤١
٩	٢٧,٢٤	٠,٥٢	٠,٢٨	٠,٢٨	١,٥١	٢,٣١	٢,٥٣	١,٠٩	٠,٣
١٠	٤,٣	٠,٥٧	٠,٣٥	٠,٣٣	٤,٤٢	٢,٢١	٢,٧٩	١,٠٣	٠,٤٥
١١	٦,٠٧	٠,٤٦	٠,٤٥	٠,٢٢	٢,٩٧	٢,٥	٢,٨١	١,٣٨	٠,٣٩
١٢	٤,٠٣	٠,٥٣	٠,٣٩	٠,٢٨	٤,٨٤	٢,٠٩	٣,٢٣	١,٣٥	٠,٤٧
١٣	٢٣,٩٧	٠,٤٦	٠,٣	٠,٢١	٠,٨٨	٢,٢٤	٣,١٣	١,٢٨	٠,٤٤
١٤	٦,٩٥	٠,٩	٠,٢٥	٠,٨١	٥,٦١	٢,٨	٣,٠٣	٠,٥٥	٠,٣٥
١٥	٣,٧	٠,٤٩	٠,٤٤	٠,٢٤	٨,١٣	٢,٢	٢,٩٨	١,٣٢	٠,٤٥

المصدر: اعتمادا على برنامج arcmap10.3

جدول (٣) الاوزان والفئات الترجيحية للمتغيرات في الاحواض الثانوية للانموذج الثاني

المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن
المساحة %٧	اقل من ١٠	٦	الاستطالة %٧	٠,٣١ - ٠,٥٠	٦	الاستدارة %٧	٠,١٦ - ٠,٢٥	٦
	١٠ - ٢٠	٨		٠,٥١ - ٠,٧٠	٨		٠,٢٦ - ٠,٣٥	٨
	اكثر ٢٠	١٠		٠,٧١ فاكثر	١٠		٠,٣٦ فاكثر	١٠
المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن
عامل الشكل %٦	٠,١٠ - ٠,١٦	١٠	نسبة تضرس %	٠,٨٨ - ٣,٣	٤	تكرار الجاري %٧	١,٩٣ - ٢,٣٦	٦
	٠,١٧ - ٠,٣٦	٨		٣,٤ - ٥,٨٤	٨		٢,٣٧ - ٢,٨٠	٨
	٣٧ فاكثر	٤		٥,٨٣ فاكثر	١٠		٢,٨١ فاكثر	١٠
المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن

٤	٠,٣٩-٠,٣٥	بقاء الجري	١٠	٠,٨٢-٠,٥٥	التعرية	١٠	٢,٢٣-٢,٠٩	ثافة الطوليا
٥	٠,٤٤-٠,٤٠	%٦	٨	١,١-٠,٨٣	%٦	٨	٣,٣٨-٢,٢٤	%٧
٦	٠,٤٥ فاكثراً		٦	١,٢ فاكثراً		٦	٣,٣٩ فاكثراً	

المصدر: اعتماداً على طريقة التركيب الخطي الموزون (WLC)

١:٢:١:١ متغير المساحة (A)

تعد مساحة الأحواض المائية من أهم المتغيرات المستخدمة في النماذج الهيدرولوجية، إذ أن للمساحة تأثيراً مباشراً في حجم التصريف المائي إذ كلما ازدادت مساحة الحوض المائي ازداد نصيبه من كمية تساقط الأمطار التي يستقبلها، وتتباين الأحواض الثانوية في مساحاتها تبعاً للظروف المناخية والبيئية والجيولوجية والغطاء النباتي^(٥).

٢:٢:١:١ متغير الاستطالة (ER)

لقيمة متغير الاستطالة دور مهم إذ أن زيادة قيمة الاستطالة تسهم في تأخير كل من زمن الاستجابة وزمن التركيز والوصول إلى ذروة التصريف وهو ما ينعكس على خصائص السيول في الأحواض المائية حيث مع تأخير الزمن تم قطع مسافات أكبر على طول المجرى الرئيسي مما يؤدي إلى تسرب كميات كبيرة من مياه الجريان^(٦).

٣:٢:١:١ متغير الاستدارة (CR)

تبرز أهمية هذا المتغير في أن الأحواض المستديرة تتجمع فيها مصبات أغلب الروافد في منطقة مركزية واحدة وإذا حدث جريان مائي فإنه يصل في وقت واحد وبالتالي تزداد خطورة السيول^(٧).

٤:٢:١:١ معامل الشكل (SF)

تكمن دلالة هذا المتغير في عدم تناسق وانتظام الشكل العام للأحواض إذ يدل مؤشر انخفاض معامل الشكل على الاقتراب من الشكل المثلث وهيدرولوجيا فإن هذا الشكل يعمل على تجميع المياه في منطقة المنبع ليشكل قمة سيلية قوية في منطقة المصب وسيول عالية وبالتالي اشتداد خطورة الأحواض.

٥:٢:١:١ متغير نسبة التضرس (ReRe)

يؤثر هذا المتغير على الظروف الهيدرولوجية للأحواض المائية من خلال سيطرتها على سرعة الجريان وحجم التصريف، إذ مع زيادتهما تتعاضد فرص الخطورة الهيدرولوجية.

٦:٢:١:١ متغير كثافة التصريف العديدة (STF)

تشير القيم المرتفعة لهذا المتغير إلى زيادة احتمالية حدوث السيول وارتفاع قيمة صافي الجريان نتيجة كفاءة الشبكة التصريفية

٧:٢:١:١ متغير كثافة التصريف الطولية (D)

تعد كثافة التصريف المحصلة النهائية للمطر ، وهي من أكثر المعاملات المورفومترية التي لاقت اهتماماً واسعاً من قبل الهيدرولوجيين، إذ كلما ارتفعت كثافة التصريف ازدادت كفاءة الشبكة في نقل المياه وازدادت خطورة الفيضانات في الأودية ضمن الأحواض المائية^(٨).

٨:٢:١:١ متغير معدل الانعطاف أو التعرج (SI)

لمتغير معدل الانعطاف أو التعرج تأثير واضح وملحوس على الخصائص الهيدرولوجية للأحواض المائية، فكلما زادت نسبة التعرج تزداد المسافة التي تقطعها المياه للوصول لمنطقة المصب وتستغرق وقتاً أطول، ومع قلة نسبة التعرج تكون عملية وصول المياه بوقت أقل مع انخفاض في معدلات الفواقد وارتفاع خطورة الفيضانات.

٩:٢:١:١ متغير بقاء المجاري (ASM)

يدل هذا المتغير على الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة (كم) من مجاري شبكة التصريف، إذ إن ارتفاع القيمة دلالة على اتساع المساحة الحوضية على حساب طول قنوات التصريف^(٩).

٣:١:١:١: الأنموذج الثالث

في هذه الحالة من النمذجة للمخاطر الهيدرولوجية تم الاعتماد على تحليل القيم الكمية والزمنية الأساسية ضمن طريقة (Snyder)، المعدلة إذ تضمن تحليل هذا الأنموذج (٧) متغيرات منها كمية وتشمل (كمية التدفق الأقصى للسيول Q_p - حجم التدفق للسيول على مستوى الحوض المائي AL عمق الجريان السطحي EMM - معامل قوة السيل) وأخرى زمنية تشمل (زمن استجابة الحوض المائي لتساقط الأمطار TP - الفترة الزمنية القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار Tr - زمن الأساس للسيول Tb). وتشارك جميع تلك المتغيرات فيما بينها في تقدير حجم وتدفق السيول في الأحواض الثانوية والتي غالباً ما تكون مصدراً لمخاطر هيدرولوجية في مناطق تواجدها، ونتيجة لذلك فقد توزعت الأوزان بنسب متساوية للمتغيرات والبالغة (١٤.٢٨%) وعند إدخال القيم الكمية والزمنية للمتغيرات أعلاه ضمن نطاقات اعتمدت قيم الحالة المماثلة لغرض معرفة خطورة السيول في الأحواض المائية. وفيما يأتي عرض المتغيرات وكما موضح في الجدول (٤) والجدول (٥)

جدول (٤) المتغيرات والقيم الكمية والزمنية على وفق طريقة (Snyder) للحالة المماثلة

الحوض	المتغير Tp	المتغير Tr	المتغير Qp	المتغير Tb	المتغير Al	المتغير Emm	المتغير A
١	١,٨٤	٠,٣٣٤	٢٢,٥	٧,٣٦	٠,١٩٨	٣٩,٥٣٢	٦,٩٩
٢	١,٥٦	٠,٢٨٣	٣٢,٩٢	٦,٢٤	٠,٢٤٦	٣٧,١٨٣	٩,١٨
٣	١,٨٩	٠,٣٤٣	٢٤,٦١	٧,٥٦	٠,١٩٩	٣٨,٥٢٢	٧,٢١
٤	١,٦٨	٠,٣٠٥	١١,٨٨	٦,٧٢	٠,٠٩٥	٤٣,٧٥٩	٥,٣٢
٥	١,٧٥	٠,٣١٨	٣٦,٨	٧	٠,٣٠٩	٣٤,٠٧٣	٩,١٧
٦	٢,٠٨	٠,٣٧٨	٤٠,٣٤	٨,٣٢	٠,٣٩٦	٢٩,٣٩٥	٨,٨
٧	٢,٠٢	٠,٣٦٧	٤٩,٣٢	٨,٠٨	٠,٤٧٨	٢٥,٧٠٢	٩,٨٨
٨	٢,٠٧	٠,٣٦٥	٣٧,٨٧	٨,٢٨	٠,٣٧٦	٣٠,٦٩١	٨,٥٦
٩	٢,٠٣	٠,٣٦٩	٥٣,٦٥	٨,١٢	٠,٥٢٢	٢٣,٥٢٣	١٠,٢٩
١٠	١,٤٣	٠,٢٦	١٢,٠٢	٥,٧٢	٠,٠٨٢	٤٥,٠٦٥	٥,٨
١١	١,٥٥	٠,٢٨١	١٥,٦٣	٦,٢	٠,١١٦	٤٢,٢٠٢	٦,٣٥
١٢	١,٤٥	٠,٢٦٣	١١,٠٨	٥,٨	٠,٠٧٧	٤٤,٦٩٩	٥,٥٢
١٣	٢,٠٢	٠,٢٦٧	٤٧,٣٨	٨,٠٨	٠,٤٥٩	٢٦,٥٩٣	٩,٦٨
١٤	١,٢٢	٠,٢٢١	٢٢,٧٥	٤,٨٨	٠,١٣٣	٤١,٨٨	٨,٦٥
١٥	١,٥١	٠,٢٧٤	٩,٧٧	٦,٠٤	٠,٠٧	٤٥,٦٣٥	٥,٠٨٨

المصدر: اعتمادا على برنامج arcmap10.3

جدول (٥) اوزان المتغيرات والقيم الكمية والزمنية وفق طريقة (Snyder) للحالة المماثلة

المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن
Tp	(١,٥-١,٢٢)	10	Tp	(٠,٢٢١-٠,٢٧٣)	٦
	(١,٨٨-١,٦)	8		(٠,٣٢٦-٠,٢٧٣)	٨
	(١,٨٩-فاكتر)	6		(٠,٣٢٧ فاكتر)	١٠
المعامل	الفئات	الوزن	المعامل	الفئات	الوزن
Qp	(٢٤,٣٩-٩,٧٧)	٦	Tb	(٦,٥٨-٥,٧٢)	١٠
	٣٩,٠٢-٢٤,٤٠	٨		(٧,٤٥-٦,٥٩)	٨
	(٣٩,٠٣-فاكتر)	١٠		(٧,٤٦ فاكتر)	٦

الوزن	الفئات	المتغير	الوزن	الفئات	المتغير
١٠	(٢٥,٧٠٢ - ٣٢,٣٤)	Emm	٦	(٠,٥٢٢ - ٠,٧٠)	AL
٨	(٣٨,٩٩ - ٣٢,٣٥)	%١٤,٢٨	٨	(٠,٩٧٥ - ٠,٥٢٣)	%١٤,٢٨
٦	(٣٩ فاكثر)		١٠	(٠,٩٧٦ فاكثر)	
			الوزن	الفئات	المتغير
			٦	(٦,٩٧ - ٥,٣٢)	A
			٨	(٨,٦٣ - ٦,٩٨)	%١٤,٢٨
			١٠	(٨,٦٤ فاكثر)	

المصدر: اعتماداً على طريقة التركيب الخطي الموزون (w/c)

١:٣:١:١ : متغير (Tp)

وهو متغير زمني يمثل استجابة الأحواض المائية للتساقط المطري لتحقيق أقصى معدلات التدفق المائي، ومع انخفاض زمن الاستجابة الأولي تزداد فرص الجريان السطحي وتشكل السيول. ١:٣:٢:١ : متغير (Tr) يعد متغيراً زمنياً أيضاً لقياس الفترة الزمنية القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار، إذ مع زيادة هذا المتغير تتحقق استجابة أكثر لحدوث الجريان السطحي من قبل الأحواض المائية.

١:٣:٣:١ : متغير Qp

يعد من المتغيرات الكمية وهو عبارة عن كمية التدفق الأقصى للسيول في الحوض المائي، وغالباً ما يسهم هذا المتغير في إحداث المخاطر الهيدرولوجية ضمن الأحواض المائية خاصة إذا كان تدفقها بكميات كبيرة.

١:٣:٤:١ : متغير م ٣/٣ Tb

يمثل هذا المتغير الزمن الأساس للسيول، إذ يعد من المؤشرات المهمة في قياس خطورة السيول ومع اتساع القاعدة الزمنية تتخفض درجات الخطورة للأحواض المائية.

١:٣:٥:١ : متغير AL

وهو من المتغيرات الكمية أيضاً، ويستخدم لقياس حجم السيل في الأحواض المائية وتم تقديره (مليون م^٣/ثانية)، وكلما يرتفع حجم التدفق المائي على مستوى الحوض المائي تزداد فرص تعرض تلك الأحواض إلى المخاطر الهيدرولوجية.

١:٣:٦:١ : متغير Emm

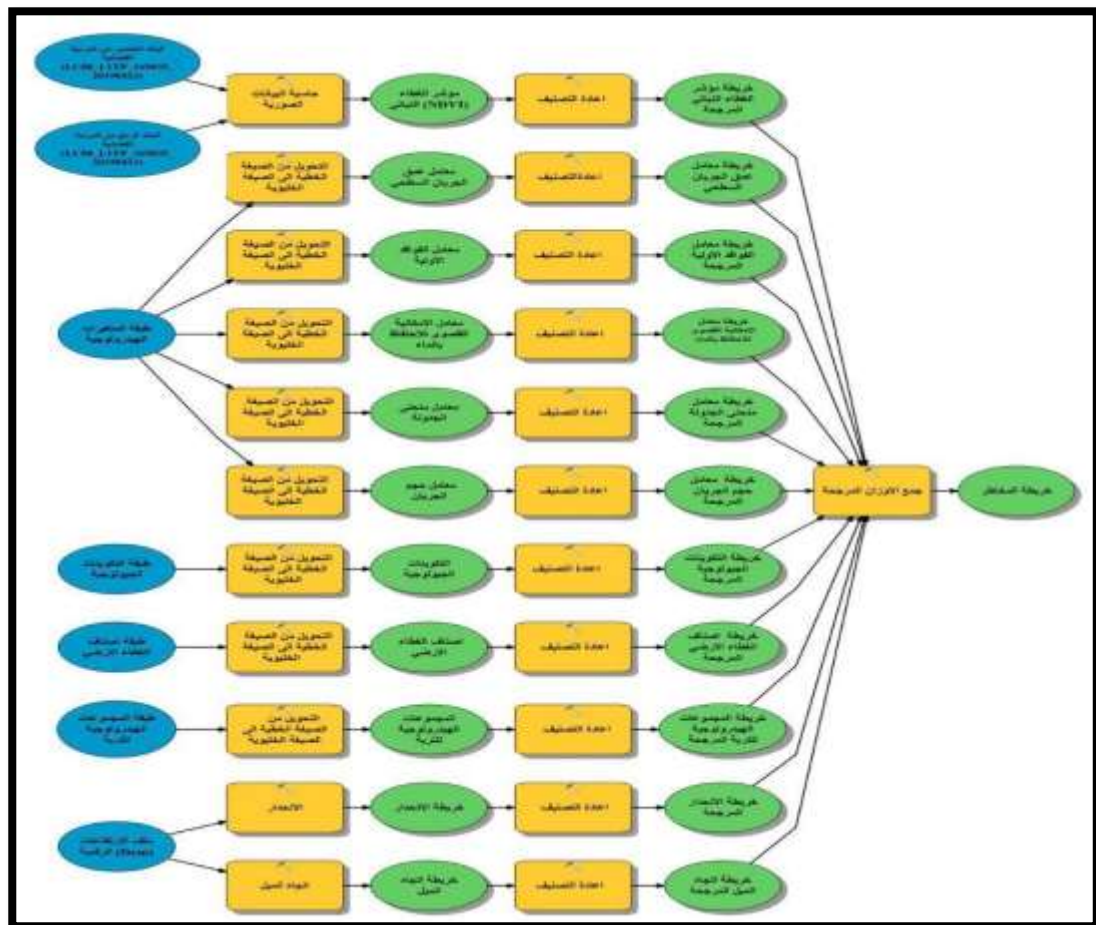
يستخدم هذا المتغير لقياس عمق الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيول، إذ كلما كانت الأحواض المائية تتمكن من خلال عمق قليل تحقيق تدفق للسيول تزداد فرص مثل هذه الأحواض في الخطورة الهيدرولوجية قياساً بأحواض أخرى تستغرق وقتاً طويلاً لذروة تدفق السيول.

١:٣:٧:١ : متغير A

وهو معامل لقوة السيل في الأحواض المائية، ومع ازدياد قيمة هذا المتغير سوف تزداد فرص الخطورة الممكنة.

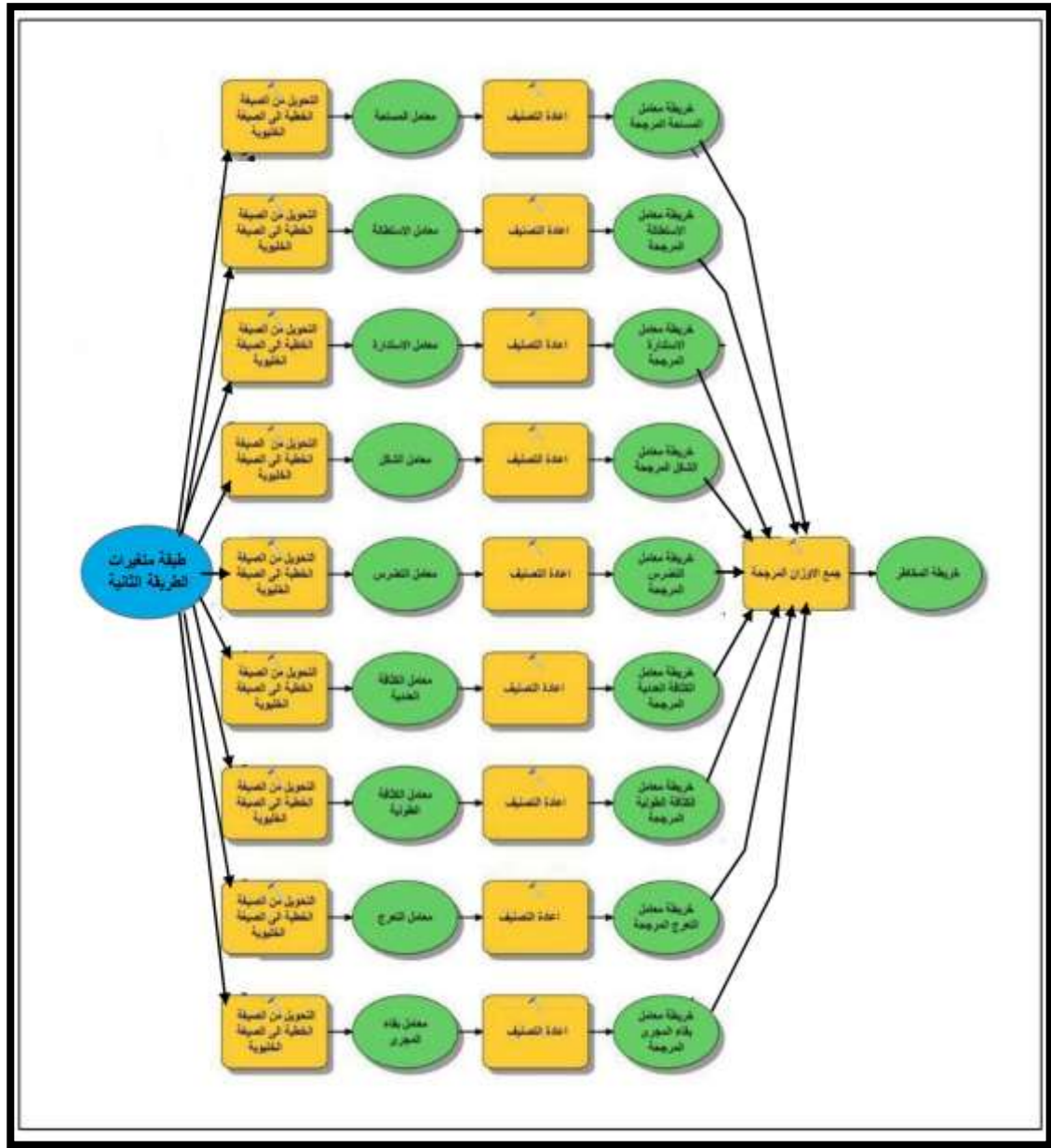
٢:١ مرحلة أعداد النماذج للمخاطر الهيدرولوجية

من هيكل البيانات للمتغيرات المعتمدة والتعامل معها عند التحليل اعتمد اسلوب المصفوفة العلائقية، وهي عبارة عن نوع من قواعد البيانات بشكل منظم ومنطقي تحتوي على حقول تصف البيانات والمتغيرات وعلاقتها فيما بينها والعمليات التي تم تنفيذها عليها، ويستند على العلاقات بين البيانات (المتغيرات)، ومن أجل أعداد المصفوفة الخاصة يتطلب استخدام أحد أدوات النمذجة وجمع البيانات، وبعد دراسة أوزان الطبقات (المتغيرات) وتوزيع الفئات الخاصة لكل متغير، تمت عملية تفريغ الأوزان داخل برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) إذ تم اعداد نموذج (model) بصيغة علائقية داخل بيئة (GIS) وباستخدام برنامج Arc GIS ١٠.٣ وترتيب الطبقات المتعددة والمعتمد عليها في اخراج النموذج، كذلك تم عمل تصنيف للمتغيرات بناءً على المعايير والاوزان لانتاج الخريطة النهائية للنموذج اذ يبين الشكل (٣) (٤) (٥) مراحل اعداد النماذج والخريطة (١)(٢)(٣) درجات الخطورة الهيدرولوجية في حوض منطقة الدراسة الشكل(٣) الانموذج الاول للمخاطر الهيدرولوجية للحوض بصيغة المصفوفة العلائقية



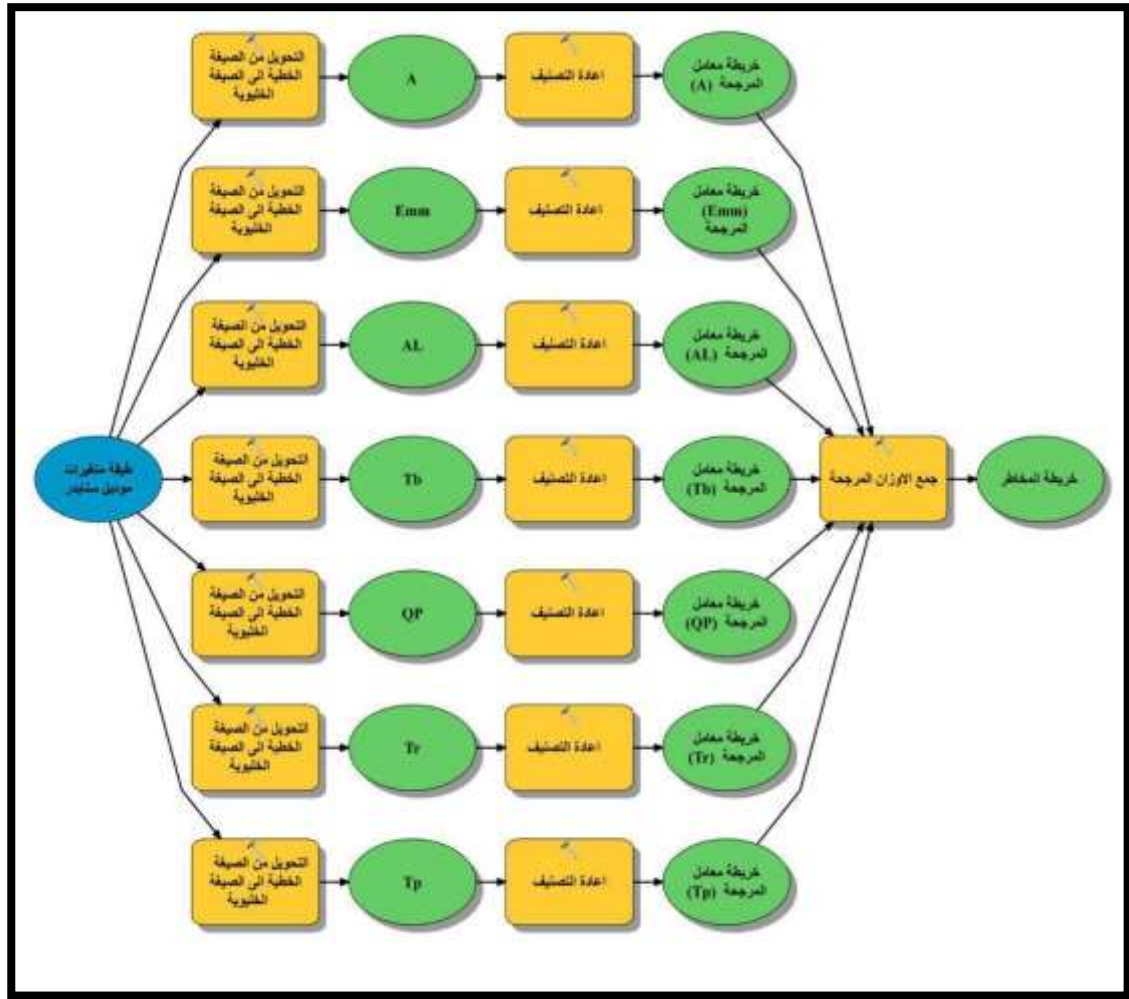
المصدر: اعتمادا على برنامج arcmap10.3

الشكل (٤) الانموذج الثاني للمخاطر الهيدرولوجية للاحواض الثانوية بصيغة المصفوفة



المصدر: اعتمادا على برنامج arcmap10.3

الشكل (٥) الانموذج الثالث لمخاطر الاحواض الثانوية الهيدرولوجية بصيغة المصفوفة



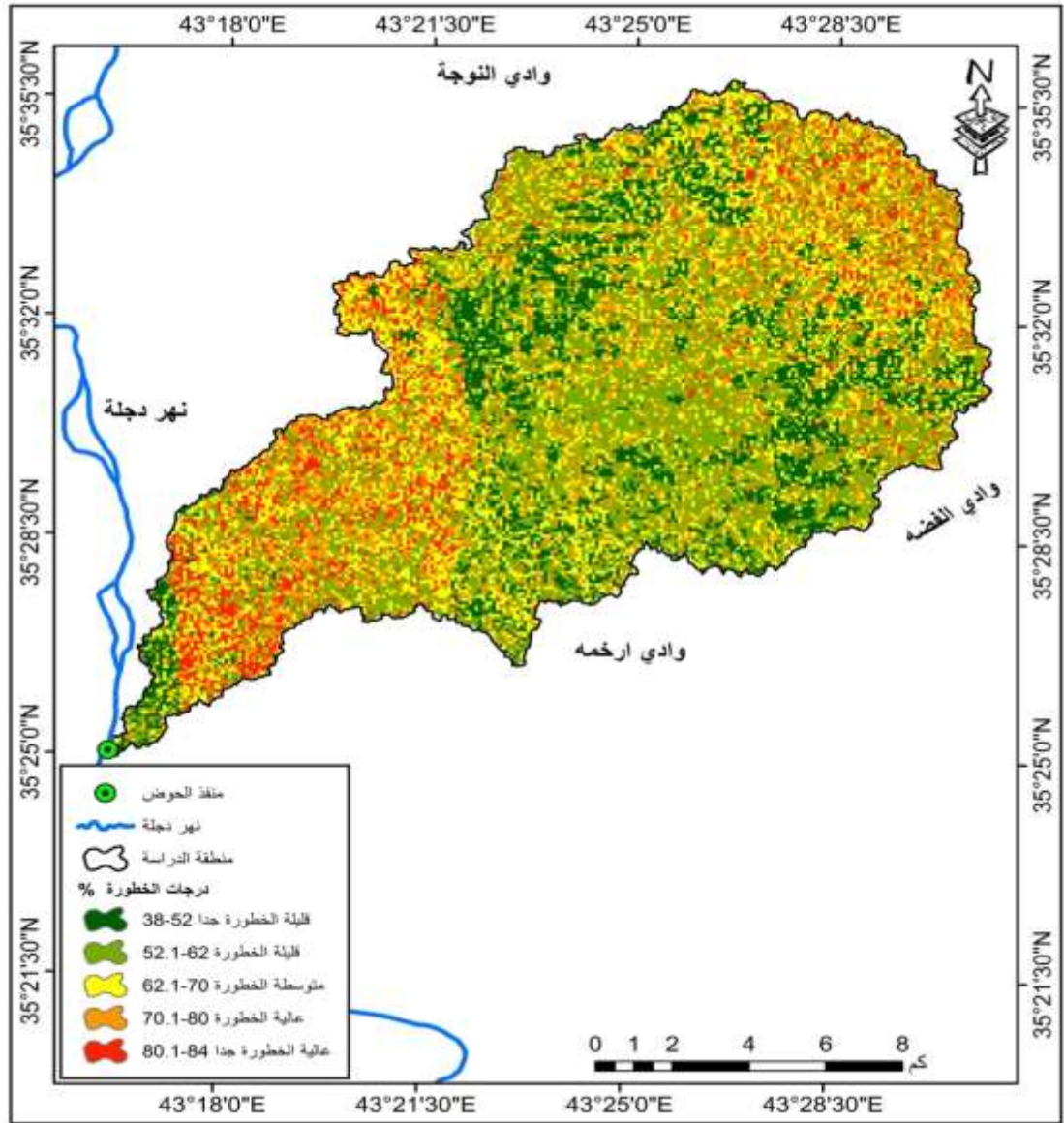
المصدر: اعتمادا على برنامج arcmap10.3

٣:١ مخرجات نمذجة المخاطر الهيدرولوجية في منطقة الدراسة:

١:٣:١ مخرجات الأنموذج الأول للمخاطر

يوضح الجدول (٦) والخريطة (١) درجات المخاطر الهيدرولوجية في حوض الدراسة باعتماد متغيرات الأنموذج الأول والبالغة (١١) متغيراً كما تبين وقد كان توزيع درجات الخطورة في الأحواض بمستويات متباينة وتم تصنيفها وتوزيعها بالشكل الآتي:-

خريطة (٢) درجات الخطورة الهيدرولوجية لحوض منطقة الدراسة حسب الانموذج الاول



المصدر: اعتماد على الازان الترجيحية المتغيرات وبرنامج Arcmap10,3

جدول (٦) والمساحات والنسب المئوية لدرجات الخطورة الهيدرولوجية حسب الانموذج الاول

النسبة %	المساحة كم ^٢	درجة الخطور %
١٦,١٥	٣٥,٥١	خطورة قليلة جدا
٣٥,٤٥	٨١,٥٩	خطورة قليلة
٢١,٨٦	٤٩,٤٣	خطورة متوسطة
١٨,٥٣	٤١,٩	خطورة عالية
٨,٠١	١٨,١	خطورة عالية جدا
١٠٠	٢٢٦,٥٣	المجموع

اعتمادا على خريطة (١) وبرنامج (arcmap10,3)

١:١:٣:١ : خطورة قليلة جدا (٣٨-٥٢) %

يتوزع هذا الصنف من الخطورة في حوض منطقة الدراسة بشكل متباين وتبلغ مساحة هذا الصنف (٣٦,٥١) كم^٢ ونسبة (١٦,١٥) % ، إذ تنخفض في مناطق تواجد هذه الدرجة درجة الخطورة الهيدرولوجية بشكل كبير نتيجة عدم اتاحة مكونات السطح للاستجابة الجريانية.

٢:١:٣:١ : خطورة قليلة (٥٢,١-٦٢) %

ويمثل هذا الصنف من الخطورة أكثر من بقية الاصناف في حوض الدراسة من حيث المساحة إذ بلغت مساحته (٨١,٥٩) كم^٢ ونسبة (٣٥,٤٥) %، وفرصة تعرض أراضي هذه المناطق إلى الخطورة الهيدرولوجية ممكنة ولكن بنسبة أقل، وسبب ذلك يرجع إلى تفاعل مجموعة من المتغيرات التي ساهمت في تقليل فرص الجريان المائي العالي والإقتصار على الحالات الاستثنائية كالعواصف المطرية الشديدة في إحداث المخاطر الهيدرولوجية التي تكون اقرب الى الخطورة المتوسطة.

٣:١:٣:١ : خطورة متوسطة (٦٢,١-٧٠) %

يأتي هذا الصنف من درجات الخطورة بالمرتبة الثانية من حيث المساحة في حوض الدراسة، إذ بلغت مساحة هذا الصنف (٤٩,٤٣) كم^٢ ونسبة (٢١,٨٦) % ويتوزع بنسب عالية في معظم حوض الدراسة ويعكس هذا أن أجزاء كبيرة من سطح حوض الدراسة تتميز بدرجة متوسطة من الخطورة وسبب ذلك مرده الى طبيعة المتغيرات التي شكلت مكونات السطح للحوض المائي بحيث جعلته يستجيب للتساقط المطري والجريان المائي بشكل مماثل.

٤:١:٣:١ : درجات عالية الخطورة (٧٠,١-٨٠) %

نسبة تركيز هذه الدرجات من الخطورة في الحوض المائي عالية نوعاً ما وهي ايضا تتوزع بشكل كبير في منطقة الدراسة وتبلغ مساحة هذا الصنف (٤١,٩) كم^٢ ونسبة (١٨,٥٣) % حيث عملت مكونات السطح للحوض ومن خلال المتغيرات المتفاعلة إلى تعاظم الاستجابة المائية وفرص تحول التساقط المطري إلى جريان سطحي فضلاً عن كونها أماكن تجميعية للمياه وبذلك تشكل مناطق خطره هيدرولوجياً في مناطق تواجدها وبدرجات مماثلة أو أقل للمناطق التي تتحرك نحوها.

٥:١:٣:١ : درجات عالية الخطورة جداً (٨٠,١-٨٤) %

وهذا الصنف بالغ الخطورة في مناطق تواجده ويشمل مناطق المستقرات البشرية والطرق والاراضي الزراعية في مصب الحوض وتبلغ مساحته (١٨,١) كم^٢ ونسبة (٨,٠١) % ان هذه الخطورة تتطابق مع المرتفعات في منطقة الدراسة وخاصة اراضي التلال كما في تحليل الانحدار الذي تطرقنا له في الفصل الثاني ، وهي مناطق مرتفعات عالية بعض الشيء ومن وتسلم كميات كبيرة من الامطار مما تولد جريان مائي عالي يسبب خطورة بالغة لمناطق التشكيل والمناطق التي تتحرك اليها من خلال شبكة الأودية.

٢:٣:١ مخرجات الأنموذج الثاني للمخاطر

توضح الخريطة (٢) والجدول (٧) و درجات المخاطر الهيدرولوجية في الأحواض الثانوية باعتماد متعدد للمتغيرات المورفومترية والبالغة (٩) متغيرات ، واتبع في إبراز درجات الخطورة للأحواض الثانوية كون المتغيرات تعبر عن مستوى الحوض الثانوي، وتم تصنيفها وتوزيعها بالشكل الآتي:-

١:٢:٣:١: درجات قليلة الخطورة (٤٥-٥٢)% نسبة تحقيق هذه الصنف من الخطورة بين الاحواض الثانوية تتمثل في (٤) احواض هي (١٥,١١,١٠,٤) وتعد أصغر الأحواض الثانوية من حيث المساحة اذ بلغت مساحتها (٢٣,٠٦) كم^٢، ويبدو أن المتغيرات المورفومترية قد اسهمت في خفض درجات الخطورة من خلال تقليل الكثافة التصريفية وطول الفترة الزمنية اللازمة لتحرك المياه نتيجة لاستطالة أشكال الأحواض وطول مجاريها.

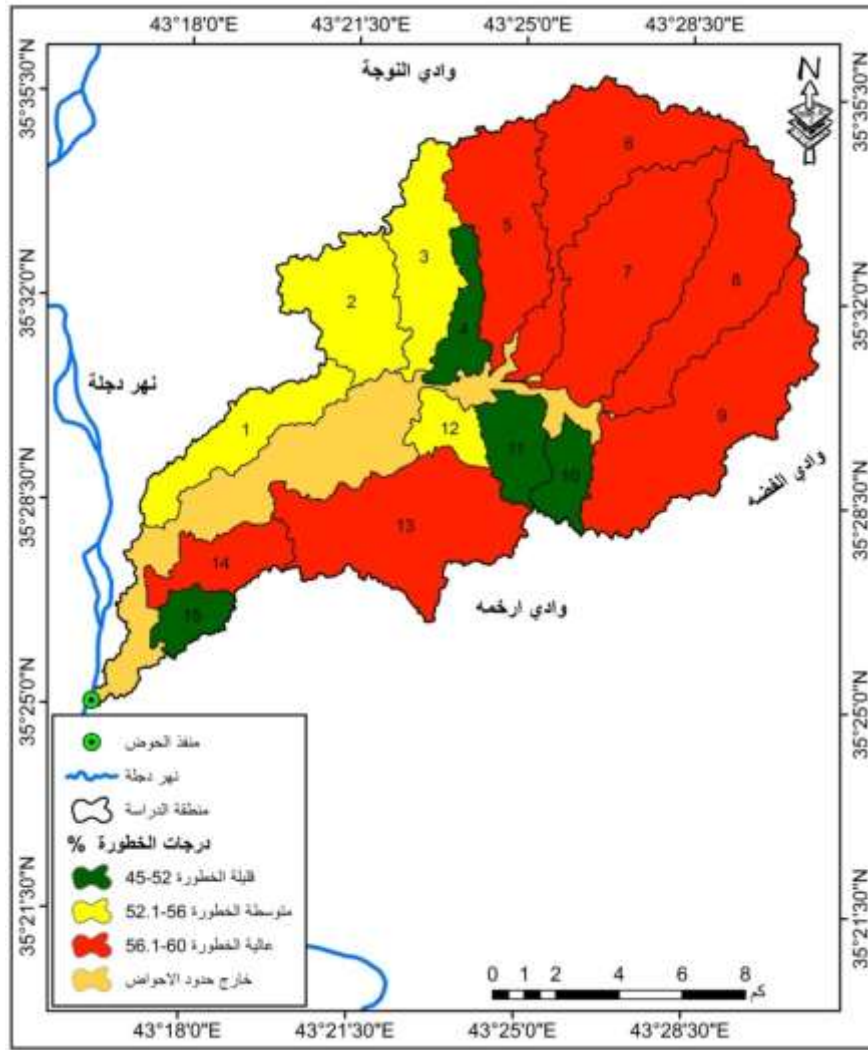
٢:٢:٣:١: درجات متوسطة الخطورة (٥٢-٥٦)

تعد هذه الدرجة من الخطورة والمصنفة بالمتوسطة أقل الدرجات بلوغاً من قبل الأحواض الثانوية اذ تشمل (٤) احواض هي (١٢,٣,٢,١) ، وقد أسهمت المتغيرات المورفومترية لهذه الاحواض في تميزها بمخاطر هيدرولوجية متوسطة نتيجة الاتاحة للمياه بسرعة الجريان السطحي وقلة الفواقد وغيرها من العمليات التي تعمل على تشكيل السيول والفيضانات.

٣:٢:٣:١: درجات عالية الخطورة (٥٦-٦٠)

شملت هذه الدرجة من الخطورة والمصنفة بالعالية الأحواض (٧) احواض هي (١٤,١٣,٩,٨,٧,٦,٥) وهي متجاورة ومتماثلة في المساحات، ويتضاعف فعل الخطورة في الأحواض وتسبب انعكاسات هيدرولوجية منها الجريانات السيلية، حيث عملت الخصائص المورفومترية للأحواض على سرعة وصول المياه إلى مناطق المصب وتوليد الجريان المائي .

الخريطة (٣) درجات الخطورة الهيدرولوجية للأحواض الثانوية حسب الانموذج الثاني



المصدر: اعتماد على الازان الترجيحية المتغيرات وبرنامج Arcmap10,3

الجدول (٧) درجات الخطورة الهيدرولوجية في الاحواض الثانوية حسب الانموذج الثاني

درجات الخطورة %	الوصف	الاحواض المشمولة	مساحة كم ^٢
٥٢-٤٥	قليلة الخطورة	١٥, ١١, ١٠, ٤	١٩, ٠٤
٥٦-٥٢, ١	متوسطة الخطورة	١٢, ٣, ٢, ١	٣٨, ٨٤
٦٠-٥٦, ١	عالية الخطورة	١٤, ١٣, ٩, ٨, ٧, ٦, ٥	١٣٩, ٧٢

اعتمادا على خريطة (٣) وبرنامج (arcmap10,3)

تم من

١:٣:٣: الأنموذج الثالث (الحالة المماثلة)

خلال هذه النمذجة الحصول على تصنيف لدرجات الخطورة الهيدرولوجية التي حققتها الاحواض الثانوية

نتيجة تحليل القيم الكمية والزمنية حسب طريقة (Snyder)، وهي مصنفة وموزعة بالشكل الآتي وكما

موضح في الجدول (٨) والخريطة (٣)

١:٣:٣: درجات قليلة الخطورة (٦٠ - ٦٨).

وتتمثل هذه الدرجة من الخطورة في حوض (١٥,١٠) ، حيث أن القيم الكمية والزمنية المتحققة لتقدير موجات السيول المطرية شكلت خطورة هيدرولوجية قليلة نتيجة لانخفاض قيم معامل جريان الذروة (Ct) وارتفاع في معامل زمن تدفق الذروة (CP).

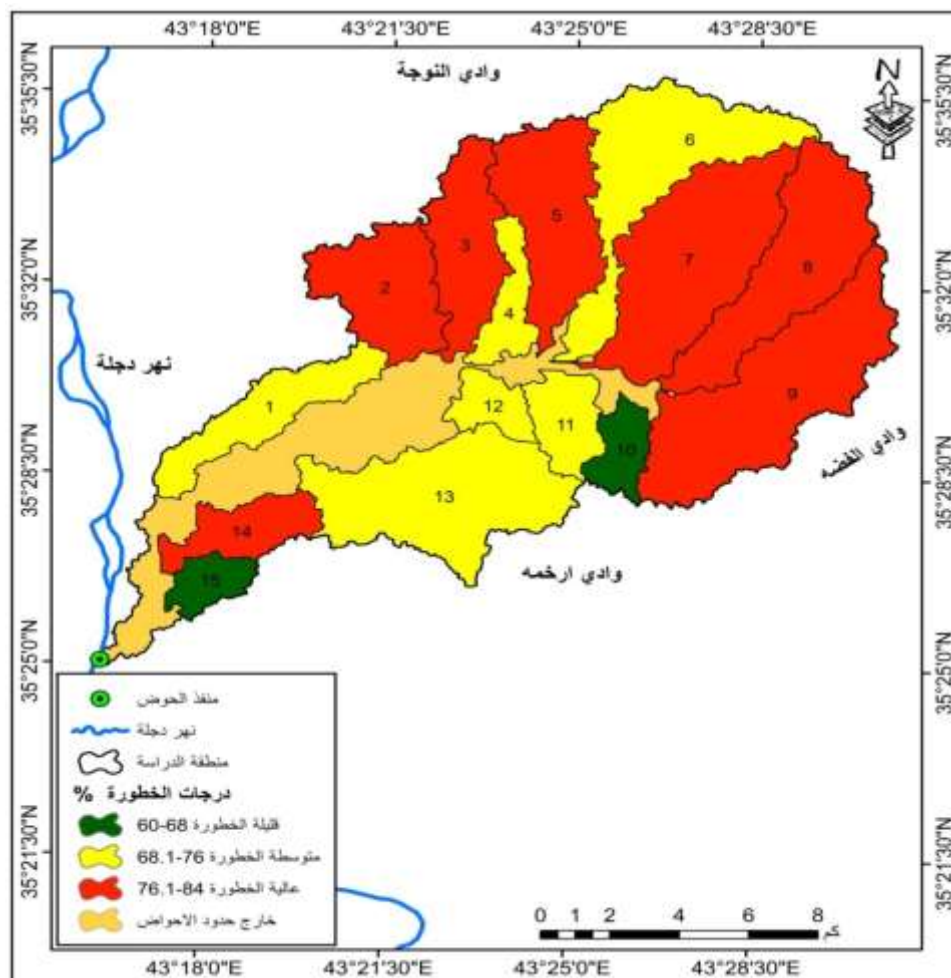
١:٣:٣:٢: درجات متوسطة الخطورة (٦٨ - ٧٦)

تتوزع هذه الدرجة من الخطورة في أحواض (1,4,6,11,12,13) ويبدو أن ظروف استجابة تلك الأحواض لهطول الأمطار للوصول إلى ذروة التصريف تسمح بحدود معينة لحدوث سيول وجريان مائي خطر نوعاً ما نتيجة انخفاض قيم (Ct) بسبب عامل الانحدار.

١:٣:٣:٣:درجات عالية الخطورة (٧٦ - ٨٤)

وتشمل هذه الدرجة من الخطورة في الأحواض (٢,٣,٥,٧,٨,٩,١٤) حيث يكون هناك موجات سيلية عالية لها انعكاسات هيدرولوجية خطيرة على مناطق تواجدها ويعزى ذلك إلى زيادة قيم معامل جريان الذروة (Ct) بالدرجة الأساسية وانخفاض في معامل زمن تدفق الذروة (CP) مما أتاح لظروف الاستجابة تحقيق مخاطر عالية في تلك الاحواض.

الخريطة (٤) درجات الخطورة الهيدرولوجية حسب طريقة (Snyder) الحالة المماثلة



المصدر: اعتماد على الالوزان الترجيحية المتغيرات وبرنامج Arcmap10,3

الجدول (٨) درجات الخطورة الهيدرولوجية حسب طريقة (Snyder) الحالة المماثلة

درجات الخطورة %	الوصف	الاحواض المشمولة	مساحة كم ٢
٦٨ - ٦٠	قليلة الخطورة	١٥, ١٠	٨
٧٦ - ٦٨	متوسطة الخطورة	13, 12, 11, 6, 4, 1	٧٠, ٣٩
٨٤ - ٧٦	عالية الخطورة	١٤, ٩, ٨, ٧, ٥, ٣, ٢	١١٩, ٢٩

المصدر: اعتمادا على خريطة (٤) وبرنامج arc map10,3

الاستنتاجات

- ١-توصلت الدراسة الى ملائمة طريقة تحديد متعدد المتغيرات (MEC - GIS) في نمذجة المخاطر الهيدرولوجية للأحواض المائية كونها تعتمد على تحديد المتغيرات المؤثرة على زيادة المخاطر وتحديد الأوزان بالاعتماد على تطبيق طريقة التحليل الهرمي (AHP).
- ٢- كفاءة برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وفعاليتيه العالية في تهيئة البيانات اللازمة ومعالجتها واعداد المصفوفة وصولاً إلى إنتاج خرائطي يمثل درجات الخطورة للأحواض المائية.
- ٣- في الأنموذج الأول والذي تضمن (١١) متغيراً تراوحت معدلات الخطورة في حوض الدراسة الرئيسي بين (٦٤-٦١) وهذا يعكس هذا أن معظم درجات الخطورة تصنف بالمتوسطة حسب تلك المتغيرات.
- ٤-الأنموذج الثاني والذي تضمن متغيرات بلغت معدلات الخطورة في أحواض الدراسة بين (٦٠-٤٥) ويعكس هذا أن الأحواض تتدرج بين قليلة الخطورة وعالية الخطورة من حيث اسهام المتغيرات المورفومترية والهيدرولوجية نتيجة الاتاحة بسرعة الجريان السطحي وقلة الفواقد في بعض الأحواض.
- ٥-في الأنموذج الثالث والذي تضمن (٧) متغيرات تراوحت معدلات الخطورة في أحواض الدراسة بين (٨٤-٦٠) وهي ايضا تحظى بفرص الخطورة الهيدرولوجية الممكنة في أحواض الدراسة.

الهوامش

(*) طريقة التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process A): هي تقنية صنع قرار متعددة المعايير توفر طريقة منهجية لتقييم تأثيرات المتغيرات المعلومات المختلفة، وتعتمد تقنية AHP على درجات ذات أهمية نسبية لكل عامل في المقارنات، وقد تم استخدام AHP في ضل العديد من المشكلات العملية الاجتماعية - الاقتصادية - وتخطيط ادارة مستجمعات المياه وتتمثل ميزة وقوة تقنية AHP في قدرتها على الجمع بين البيانات من مختلف المجالات العلمية لتحديد الوزن الطبيعي لكل عامل وكذلك القدرة على تحقيق من التناقضات في الحكم عند مقارنة المعيار / المتغير في المصفوفة لكي تكون المقارنات متسقة.
ينظر:-

Omid Rahmati & Ali Haghizadeh & Stefanos Stefanidis, 2015, Assessing the Accuracy of GIS - Based Analytical Hierarchy Process for Watershed Prioritization; Gorganrood River Basin, ٢٣-٤ Iran, Springer Science+Business Media Dordrecht. P.p

(1) Khabat, K., Ebrahim, N., Edris. M. Hamid. R. P. (2016). "A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran, a comparison between frequency ratio and weights of evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique, Natural Hazards, doi: 10.1007/s11069 - 016 - 2357 - 2, vol. 83, issue 2, 947-987.

(2) Jose, P., Bonilla, V., Clemens, B., Mario. R. Lisa. S. Catalin, S., (2016). "Application of a GIS Multi Criteria Decision Analysis for the Identification of Intrinsic Suitable Sites in Costa Rica for the Application of Managed Aquifer Recharge (MAR) through Spreading Methods, Water, 391: doi:10.3390/w8090391, pp. 3- 15

(٣) هيفاء محمد النفيعي، تقدير الجريان السطحي ومخاطرة السيالية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، ونظم المعلومات الجغرافية، ص ١٠٩

(4) Soil Conservation Service. Urban Hydrology for Small Watershed, op. cit. p. ٢-١.

(٥) حسن سيد أحمد أبو العينين أصول الجيومورفولوجيا ، طلا ، بيروت، دار النهضة العربية، ١٩٦٨، ص ٤٣٠.

(٦) اسحاق صلح لعكام خلدون رحمان عنوان استخدام نموذج CN في تقدير حجم مخاطر السيول في حوض وادي دال كوز، مجلة ديالي، العدد (٧٦) ٢٠١٨، ص ٣٥٢-٣٧٥.

(٧) ادريس علي سليمان الودعاني، مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية (تطور جيومورفولوجي)، مجلة جامعة جازان فرع العلوم الإنسانية، العدد (١)، المجلد (٣) بداير ٢٠١٤، ص ٣٣.

(٨) غزوان سلوم حوض وادي قنديل (دراسة مورفومترية)، مصدر سابق، ص ٤٢٠

(٩) عبد العظيم قدورة، صالح أبو عمرة عبد القادر نضير الباز، بعض الخصائص المورفومترية لوادي غرة باستخدام النمذجة الرقمية لنظم المعلومات الجغرافية مجلة البحوث الجغرافية، العدد (١٨) ٢٠١٣، ص ٦٤ ٦٥.

1. Abu Al-Enein, Hassan Sayed Ahmed (1968). Fundamentals of Geomorphology. Beirut: Dar Al-Nahda Al-Arabiya.
2. Al-Nefaie, Haifa Mohammed. Estimation of Surface Runoff and Its Flood Risks in the Upper Basin of Wadi Arnah, East of Makkah, Using Remote Sensing and Geographic Information Systems.

3. Al-Wadani, Idris Ali Suleiman (January 2014). "Flood Hazards in the Jazan Region, Southwestern Saudi Arabia (Geomorphological Evolution)". Jazan University Journal - Humanities Branch, (1).
4. Qaddoura, Abdel Azim; Saleh, Abu Amrah; Abdel Qader, Nadhir Al-Baz (2013). "Some Morphometric Characteristics of Wadi Ghara Using Digital GIS Modeling". Journal of Geographical Research, (18).
5. Saloum, Ghazwan. The Qandil Valley Basin (Morphometric Study). [Previous source].
6. Unwan, Ishaq; Salah, Laqqam; Khaldoun, Rahman (2018). "Using the CN Model to Estimate Flood Risk Volume in the Dal Koz Valley Basin". Diyala Journal, (76).
7. Jose, P., Bonilla, V., Clemens, B., Mario. R. Lisa. S. Catalin, S., (2016). "Application of a GIS Multi Criteria Decision Analysis for the Identification of Intrinsic Suitable Sites in Costa Rica for the Application of Managed Aquifer Recharge (MAR) through Spreading Methods, Water, 391: doi:10.3390/w8090391, pp. 3- 15
8. Khabat, K., Ebrahim, N., Edris. M. Hamid. R. P. (2016). "A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran, a comparison between frequency ratio and weights of evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique, Natural Hazards, doi: 10.1007/s11069 - 016 - 2357 - 2, vol. 83, issue 2, 947-987.
9. Soil Conservation Service. Urban Hydrology for Small Watershed, op. cit. p. ٢-١.