رسم خرائط المناطق المعرضة لخطر الفيضانات في حوضي السخنة وتدمر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) واقتراح موقع منشآت لدرء مخاطر الفيضان

د.م. وسام ميشيل نخله **طالبة الماجستير: صابرين ابراهيم حميد**

جامعة دمشق – كلية الهندسة المدنية

الملخص

تشمل منطقة الدراسة حوضي السخنة وتدمر في البادية السورية. اعتمد البحث على نظم المعلومات الجغرافية (GIS)لتحليل البيانات الجغرافية وتحديد مؤشر خطر الفيضان (FHI)، وتضمن البحث ستة معايير: (الهطولات المطرية، قيم CN، الانحدار، التربة، TWI، كثافة المسيلات المائية). وباستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) تم تحديد أوزان المعايير. وحسب حجم الجريان السطحي عند المواقع المقترحة لدرء خطر الفيضانات باستخدام طريقة خدمة المحافظة على التربة (SCS-CN). وقد أنتج النموذج خريطة الملائمة المكانية لمؤشر خطر الفيضان بأربع فئات: مناطق ذات مؤشر خطر عالي جداً بنسبة 15.7% من منطقة الدراسة، وذات مؤشر عالي 28.6%، ومتوسط 32.2% و23.4 ذات مؤشر ضعيف لخطر الفيضان. وبناءً عليه تم تحديد مواقع منشآت حصاد مياه الأمطار لهدف درء خطر الفيضان وعددها 8 موقع، وبلغ حجم الوارد المائي السنوي من أجل عاصفة مطرية 46.07 *mm/day* مدة تكرارها كل 100 سنة عند المواقع المقترحة (0.5 -3.2) مليون متر مكعب.

الكلمات المفتاحية: التسلسل الهرم التحليلي (**AHP**)، مؤشر خطر الفيضان (**FHI**)، نظم المعلومات الجغرافية (**GIS**).

1. مقدمة:

يعرف خطر الفيضان على أنه ظاهرة هيدرولوجية مناخية يحدث بشكل أساسي بسبب الهطولات المطرية التي تؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه في المجاري المائية بكميات كبيرة تتجاوز قدرتها على تصريفها مما يؤدي إلى غمر المناطق المجاورة. وتعتبر الفيضانات من الأخطار الطبيعية وتصنف من الأخطار الجيوفيزيقية (مناخية وميتوموفولوجية) [8]. تعتبر نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) أدوات فعالة في تحديد مؤشر خطر الفيضان. [5]

2. أهمية البحث:

رسم خرائط الفيضان يمكن أن يسهم في فهم أفضل لتوزيع المخاطر وتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للفيضان، مما يساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة لتقليل الأضرار.

3. هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضان المحتملة في حوضي السخنة وتدمر باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقديم حلول فعالة للتقليل من مخاطر الفيضان وحماية المجتمعات المحلية وتحديد حرم هذه المجاري المائية.

4. مشكلة البحث:

يتعرض حوضي السحنة وتدمر إلى عواصف مطرية شديدة وخلال أوقات متفرقة من السنة. ينتج عنها سيول سطحية تهدد الممتلكات والبنية التحتية وتؤثر سلباً على حياة السكان، حيث تتمركز معظم التجمعات السكنية بجوانب المجاري المائية مع جهل السكان لحرم هذه المجاري.

5. مواد وطرائق البحث:

5-1. منهجية العمل: تم العمل وفق المنهجية التالية:

1- جمع ما توفر من معلومات وبيانات مناخية وطبوغرافية ومائية عن منطقة الدراسة.

2- جمع ما توفر من خرائط ومعطيات تساعد في وصف منطقة الدراسة، التربة والجيولوجية، معلومات عن السكان واستعمالات الأراضي، والسدود المنفذة والمجالات الاستثمارية الأخرى.

3- العمل على إعداد نموذج ارتفاع رقمي لمنطقة الدراسة ومعالجته واجراء مجموعة عمليات هيدرولوجية ضمن برنامج **(GIS)** لتحقيق هدف البحث.

4- تحديد العوامل المؤثرة في تشكل الفيضانات، وتصنيفها، وتحديد أوزانها عن طريق **(AHP)**.

5- استخدام نظم المعلومات الجغرافية **(GIS)** لتحليل البيانات الجغرافية ورسم خرائط الفيضان.

6- استخدام برنامج التحليل الإحصائي EasyFit 5.6 لتقدير قيم الهطول اليومي الأعظمي المقابل لفترات تكرار مختلفة وحساب حجم الجريان السطحي عند المواقع المقترحة لدرء خطر الفيضانات باستخدام طريقة مكتب استصلاح الأراضي لأمريكي (SCS-CN)

7- تحليل النتائج، ووضع التوصيات.

5-2. منطقة الدراسة:

تشمل منطقة الدراسة حوضي السخنة وتدمر في البادية السورية وهي جزء من أحواض البادية السبعة. تمتد على مساحة 19.75 ألف كم2 وتشكل 24% من مساحة حوض البادية.

تتميز المنطقة بمناخ قاري جاف إلى شديد الجفاف، ذو الشتاء المعتدل والصيف الحار والفروقات اليومية الكبيرة في درجات الحرارة. معدل الهطل المطري أقل من 150 مم سنوياً، ومعدل الحرارة الصغرى 9-12 درجة، ومعدل الحرارة العظمى 45-41 درجة، معدل الرطوبة السنوي 45-55 %، ومعدل التبخر 1600-2400 مم بالسنة. [13]

6. عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP)

تعد خوارزمية التحليل الهرمي إحدى طرق صنع القرار متعدد المعايير واسعة التطبيق في مجال إدارة الموارد والبيئة. وتقدم الإطار الرياضي المنطقي المتكامل لحل مسائل صنع القرار متعدد المعايير عن طريق جمع العناصر الفعالة المؤثرة على الهدف في بنية هرمية وفي عدة مستويات تشمل مستوى الهدف، ومستوى المعايير/العوامل، ومستوى البدائل.[4]

تتم مقارنة العناصر في هذه الطريقة وفق مقياس الأفضلية الذي وضعه توماس ساعاتي [4] من 1 الى 9 الجدول (1). والذي يساهم في تنفيذ مقارنات عادلة بين المعايير حسب الأهمية، فيبدأ بدرجة أهمية (1) والتي تمثل أهمية متساوية ثم درجة (3) والتي تمثل أهمية معتدلة ثم تزداد الأهمية وصولاً لدرجة الأهمية (9)، يمكن استخدام أفضليات متوسطة في عملية المقارنة الثنائية في حال تطلب ذلك (8,6,4,2)، والبدائل الأقل أهمية تكون بمقلوب الرقم (3/1، 5/1،...). بالتالي فإن المقارنات الثنائية تشكل المدخلات في هذه الطريقة، بينما تكون الأوزان (الأهميات النسبية) للمعايير هي المخرجات، وتمر عملية التحليل الهرمي بالخطوات التالية: تحليل المسألة وتشكيل مصفوفة المقارنة الثنائية لجميع المعايير، ثم حساب الأوزان الاجمالية للمعايير، وفي النهاية فحص ثبات المقارنات الثنائية..[4]

7. الدراسات المرجعية:

- قدمت (الأسعد،2015) [8] دراسة بعنوان "إدارة السيول والحد من الآثار الناجمة عنها في منطقة من تدمر". هدفت الدراسة إلى إلقاء الضوء على أهمية التقنيات الحديثة للتوقع بالأماكن الأكثر عرضة لخطر السيول، والتحقق من ملائمة مواقع الحفائر المنفذة في المنطقة للاستفادة منها في تجميع مياه السيول. بينت نتائج الدراسة أن المناطق المعرضة لخطر السيول هي قرى (وادي الهيل، المقاطع، العامرية)، كما تم تحديد 26 نقطة تقاطع للسيول مع الطرق. ومن خلال تقيم الحفائر تبين أن الحفائر الموجودة في منطقة الدراسة تمتلئ بمياه السيول وتلبي الغرض المنفذة من أجله ماعدا حفرة المشقوقة الشرقية حيث حجم التخزين فيها معدوم.

- درس (باواحدي وسليم، 2022) [10] نموذج الارتفاعات الرقمي لمدينة مكلا عاصمة حضرموت باليمن لإجراء التحليل الهيدرولوجي باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية لتحديد مجاري الأودية المعرضة لخطر السيول في مدينة مكلا. وهدفت الدراسة إلى دعم متخذي القرار بالبيانات التي يمكن أن تسهم في الإدارة الصحيحة لخطر السيول.

- تناول (ناصر، 2023) [12] دراسة حول إدارة مخاطر السيول في منطقة غات في ليبيا، حيث تتعرض المنطقة لجريان السيول على فترات متباعدة لكنها قد تكون خطيرة ومدمرة في حالات نادرة. هدف البحث إلى اقتراح حلول تجنب مدينة غات وجوارها أخطار السيول في المستقبل. اعتمد البحث على المنهج التحليلي في تحليل المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية واستخراج أحواض الأودية ومساراتها وتحديد شبكات تصريفها ورتبتها، بالإضافة إلى حساب كمية المياه التي تنصرف إلى المدينة وقت حدوث الكارثة ومساحة انتشارها، وتحديد المواقع المناسبة لإنشاء السدود المقترحة.

- واعتمد (Amen et al, 2023) [7] على عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) لتحديد أوزان المعاير، حيث استخدم 12 معيار من المعاير الهيدرولوجية والطبوغرافية لرسم خرائط الفيضانات في دهوك ضمن إقليم كردستان العراق.

- حددت دراسة (الكياني، البرقاوي،2024) [9] أفضل المواقع لإقامة سدود في مجرى وادي مصين في فلسطين بهدف درء خطر الفيضانات وتخزين المياه للاستفادة منها في الفصول الجافة. اعتمدت الدراسة على (GIS) و(RS) لإعداد الخرائط المختلفة (الانحدار، الجيولوجية، التربة، المسيلات المائية، استخدامات الأراضي) وتم حساب حجم التخزين عند السدود المقترحة.

8. تصنيف المعايير المستخدمة في الدراسة

تم تحديد المعايير استناداً إلى العديد من المراجع والدراسات في المناطق ذات الظروف المشابهة لمنطقة الدراسة، ويمكن الإشارة إلى أنه لا يوجد معيار ثابت في جميع المناطق يمكن إتباعه دائماً، لإن كل منطقة لها ظروفها الخاصة.

تم في هذه الدراسة اعتماد (6) معايير مؤثرة: الهطولات المطرية، كثافة المسيلات، الميول، مؤشر الرطوبة الطبوغرافي TWI، قوام التربة، قيم منحني الجريان (CN)، ونتائجها مبينة بالشكل (1)

1. **الهطل المطري:** وهو العامل الأهم لنجاح أي نظام حصاد مياه وخاصة في المناطق الصحراوية التي تُعاني من شحّ كبير في الموارد المائية. تم إعادة تصنيف معدلات الهطول السنوية إلى خمس فئات متساوية حيث تأخذ المناطق ذات معدلات الهطول الأعلى القيمة المعيارية الأعلى في الملاءمة المكانية لإقامة مواقع حصاد المياه كما في الشكل (1−1).
2. **كثافة المسيلات المائية:** المعيار الأهم في اختيار مواقع حصاد المياه السطحية، هو أن يقع ضمن شبكة المسيلات المائية، وبالأخص المسيلات المائية ذات الرتبة العالية الشكل (1−2). أن الرتب العالية للمسيلات المائية تدل على أنها تسير في مناطق قليلة الانحدار وذات نفاذية عالية، ذلك إن المياه تسير فيها بشكل بطيء، وأما الرتب المتوسطة فهي تتواجد في المناطق التي يكون انحدار سطحها متوسط إلى عالٍ.

بلغت الرتبة المائية العليا وفق الطريقة الافتراضية في برنامج Arcgis 10.6 (ستريلر) الرتبة (5). ضمن بيئة برنامج تم انشاء مخطط توزع كثافة المسيلات المائية اعتماداً على أطوالها باستخدام الأداة (Line Density) بواحدة (km/km^2). تم تصنيف كثافة المسيلات المائية وفق ملاءمتها لإقامة مواقع حصاد المياه، حيث تدل القيمة المعيارية الأكبر على الكثافة الأعلى وهي الأنسب من حيث أهمية الموقع، في حين تدل القيمة المعيارية الأقل على الكثافة الأقل للمسيلات وعدم ملاءمة الموقع لمنشأة درء الفيضانات.

3. **رقم المنحني (CN (Curve Number** :يعبر رقم المنحني CN عن كيفية التأثير المتبادل بين المياه وسطح التربة، القيم الكبيرة تدل على جريان المياه السطحية واحتمال كبير لتشكل الفيضان. وتعتمد قيم CN على خصائص المنطقة المدروسة مثل نوع التربة واستخدامات الأراضي. يمثل CN مقياس مجرد (بلا واحدة عددية)، وتتراوح قيمته (0 − 100) الشكل (1−3).
4. **الانحدار:** تم الحصول على خريطة الميول في منطقة الدراسة من نموذج الارتفاعات الرقمية. وتم تصنيف ميول سطح الأرض ضمن سبع فئات وفق لتصنيف يونغ (Young, 1975) [3]. حيث تبين أن معظم المنطقة المدروسة تتميز بميول منخفضة (أقل من 10%) تغطي نسبة (97.35%) من المساحة الإجمالية.

عند دراسة الانحدارات لغرض حصاد مياه الأمطار توصي منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) بأن لا يزيد الانحدار عن 5% [6] تم إعادة تصنيف الانحدار في منطقة الدراسة وفق القيمة المعيارية المناسبة لإقامة مواقع خاصة بحصاد المياه، حيث تأخذ الأراضي شبه المستوية (ميل< 5%) القيمة الأكثر أهمية، في حين تأخذ الأراضي شديدة الانحدار (ميل > 30%) القيمة الأقل أهمية الشكل (1-4).

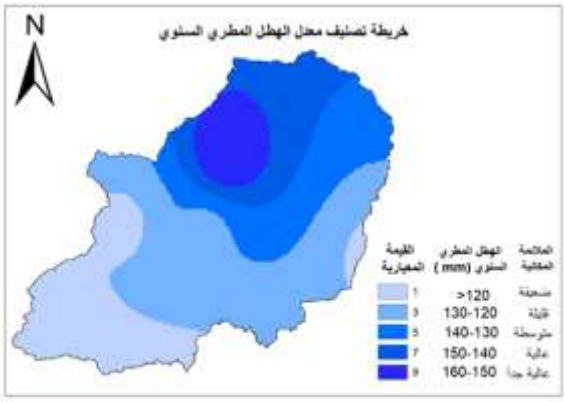
5. **مؤشر الرطوبة الطبوغرافي:** يستخدم مؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI) لقياس التحكم الطبوغرافي في العمليات الهيدرولوجية. ويشير إلى التوزع المكاني لرطوبة التربة وسطوح الإشباع الشكل (1-5)، حيث تدل القيم العالية للمؤشر على وجود مناطق رطبة (ذات قدرة أفضل على الاحتفاظ بالمياه) بانحدار منخفض ومساحة تجميع مياه كبيرة، وبالتالي انخفاض التعرية والترسيب، وزيادة استقرار المنشآت الخاصة بحصاد المياه. [1]
6. **التربة:** تم أخذ أنواع التربة كمعيار مستقل في عملية تحليل مواقع حصاد المياه من خلال تقييم أهميتها في التقليل أو الزيادة من نسبة تسرب المياه لجوف الأرض، فكلما كانت التربة خشنة كالترب الرملية كانت النفاذية عالية والتسرب أكبر بسبب الفراغات الكبيرة بين الحبيبات وقدرتها الضعيفة على الاحتفاظ بالمياه، في حين الترب الناعمة كالترب الغضارية تتميز بقدرتها على الترابط بين حبيباتها وتشكيل طبقة مقاومة لمرور المياه عبرها. [2] تصنيف رتب الملاءمة المكانية لإقامة مواقع حصاد المياه وفق مجموعات الترب الهيدرولوجية (HSG) حيث تأخذ الترب ذات النفاذية العالية من النوع (A) الرقم (3)، والترب ذات النفاذية الضعيفة جداً من النوع (D) الشكل (1-6).

اختيار المعايير الستة لتحديد خطر الفيضانات في منطقة الدراسة يعكس فهمًا شاملاً للعوامل المؤثرة في هذه الظاهرة. تمثل المعايير مثل الهطل وقياسات الجريان أهمية كبيرة، حيث تؤثر بشكل مباشر على كمية المياه المتدفقة. بينما تعكس كثافة المسيلات والانحدار قدرة المنطقة على تصريف المياه، مما يزيد من احتمالية الفيضانات. كما أن مؤشر الرطوبة الطبوغرافي وقوام التربة يساهمان في فهم كيفية احتفاظ التربة بالمياه.

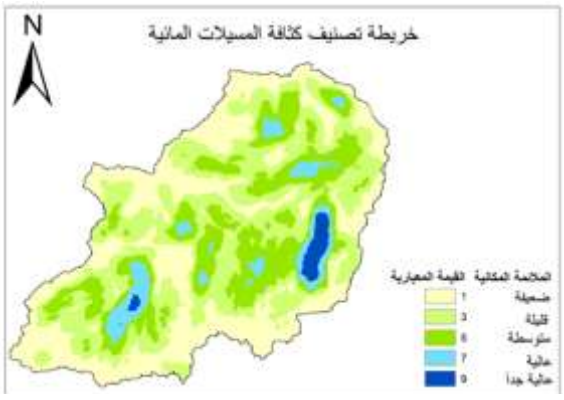
الجدول (1): تصنيف المعايير المؤثرة على خطر الفيضان ودرجة الملائمة لكل منها والأهمية. (إعداد الباحثة)

دليل الشريحة	المعيار	نطاقات الشريحة (التصنيفات)	مؤشر خطر الفيضان	الأهمية الإجمالية
1	الهطول السنوي (mm/y)	106.3-120	1	27
		120.1-130	3	
		130.1-140	5	
		140.1-150	7	
		150.1-164.3	9	
2	CN	30-49	1	27
		50-74	3	
		75-83	5	
		83-90	7	

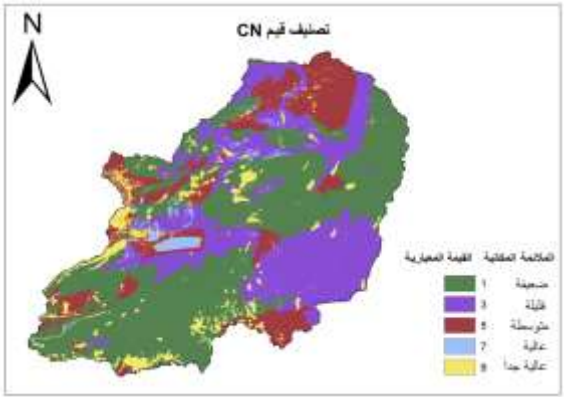
	9	90-98		
3	كثافة المسيلات الخطية (Km/Km2)	0.00-2.30	1	15
		2.40-4.30	3	
		4.40-7.10	5	
		7.20-12.00	7	
		12.10-21	9	
4	الميل (Slope)	0° -2°	1	15
		2° -5°		
		5o° -10°	3	
		10° -18°	5	
		18° -30°	7	
		30° -45°	9	
		>45o		
5	مؤشر الرطوبة الطبوغرافي (TWI)	3.11-8,21	1	8
		8.22-10.7	3	
		10.8-13.2	5	
		13.3-16.0	7	
		16.1-24.4	9	
6	قوام التربة	HSG A (حصوية رملية)	3	8
		HSG B (سلتية، رملية)	5	
		HSG C (غضارية سلتية، سلتيه رملية غير عميقة)	7	
		HSG D (غضارية ثقيلة)	9	



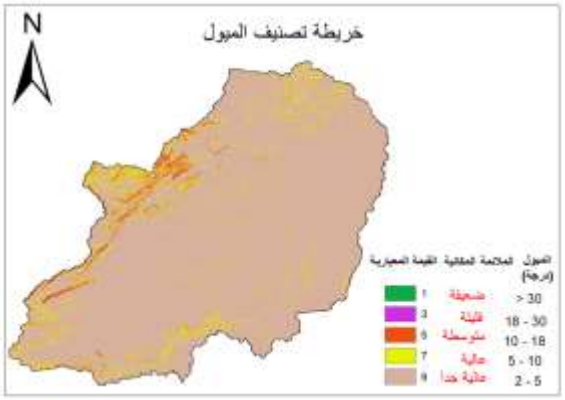
الشكل (1-1)



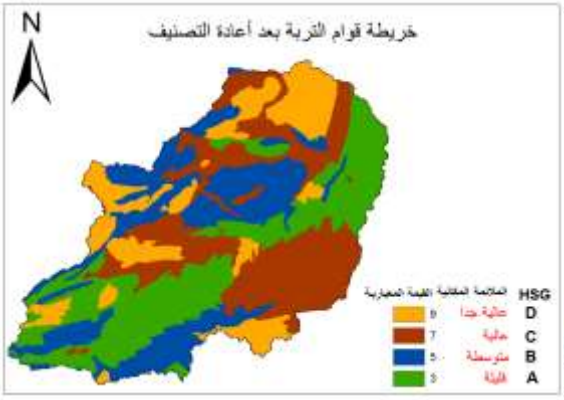
الشكل (1-2)



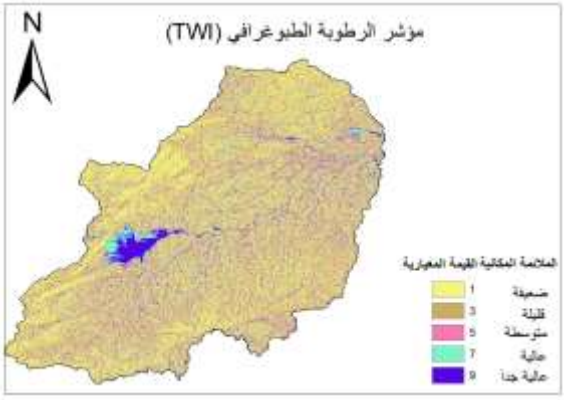
الشكل (1-3)



الشكل (1-4)



الشكل (1-6)

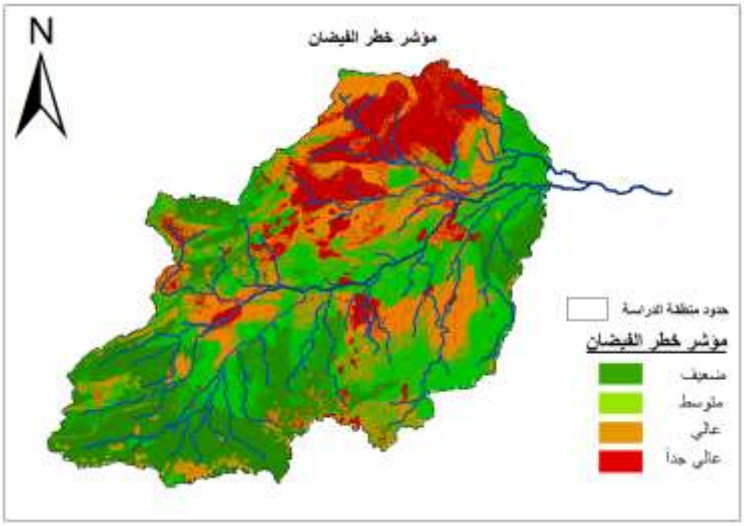


الشكل (1-5)

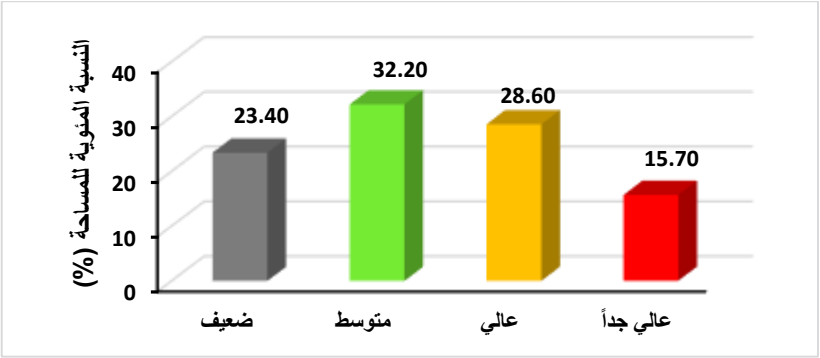
الشكل (1): تصنيف المعايير المؤثرة على خطر الفيضان ودرجة الملائمة لكل منها

9. تحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضان:

من خلال عملية تكامل الشرائح الغرضية المعاد تصنيفها مع أوزانها، يمكن الحصول على خارطة مؤشر الفيضان الموضحة في الشكل (2).

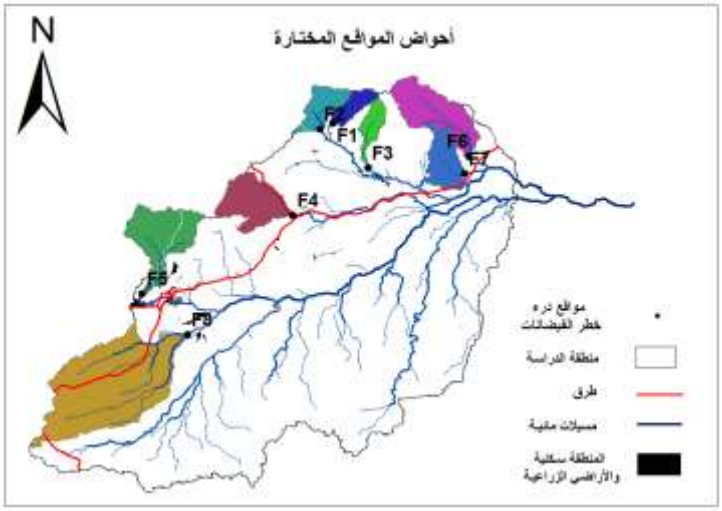


الشكل (2): خريطة الملائمة المكانية لمؤشر خطر الفيضان.



الشكل (3): النسبة المئوية لتوزع مساحة مؤشر خطر الفيضان.

عند تحديد المواقع النهائية لمنشآت حصاد مياه الأمطار لدرء خطر الفيضانات كانت الأولوية حماية المناطق السكنية والزراعية والطرق والمراعي. يوضح الشكل (4) المواقع المقترحة لدرء خطر الفيضان وموقعها بالنسبة للمناطق السكنية والأراضي الزراعية والطرق.



الشكل (4): خريطة المواقع المقترحة لدرء خطر الفيضانات وأحواض تصريفها.

10. حساب حجم الوارد المائي عند المواقع المقترحة باستخدام SCS–CN:

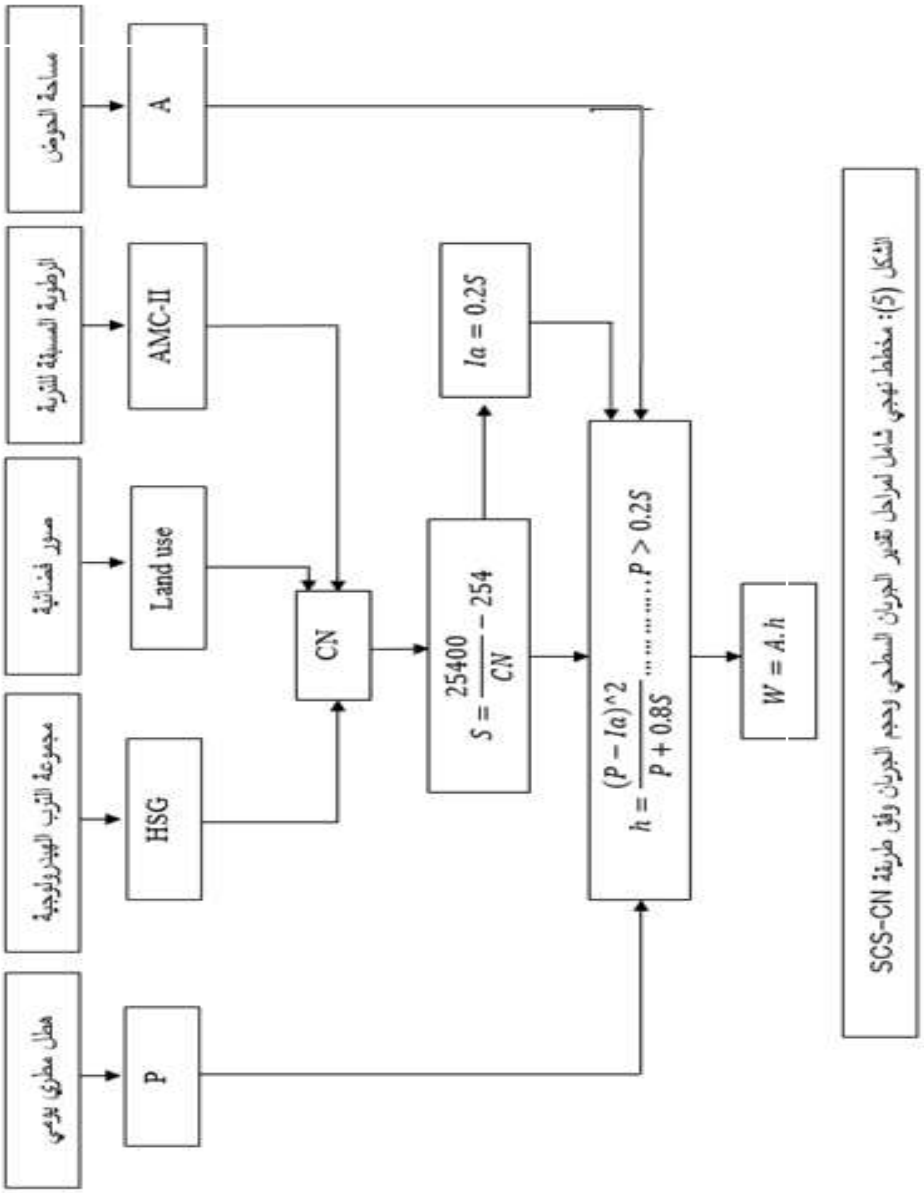
يوضح الشكل (5) المنهجية لحساب حجم الوارد المائي بطريقة SCS–CN حيث:

W يمثل حجم الجريان السطحي m^3

h يمثل ارتفاع الجريان السطحي (mm)

P الهطولات المطرية اليومية الأعظمي (mm/day) تم الحصول عليها من المديرية العامة للأرصاد الجوية ولفترة (1960–2000) لمحطة السخنة ومحطة تدمر.

S الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء في التربة (mm) و**Ia** الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي (mm) عن طريق التبخر أو ما تعترضه النباتات من مياه الأمطار والمياه المتجمعة في المنخفضات السطحية أو عن طريق التسرب.



الشكل (5): مخطط نهجي شامل لمراحل تقدير الجريان السطحي وحجم الجريان وفق طريقة SCS-CN

+

موصفات الموقع	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Area(km^2)	**139.99**	**226**	**142.1**	**433.5**	**546.7**	**528.7**	**294.87**	**1624.9**
CN	**74**	**67.7**	**76.6**	**63**	**72**	**73**	**70**	**57**
S (mm)	**89.24**	**121.18**	**77.59**	**149.17**	**98.78**	**93.95**	**108.86**	**191.61**
Ia (mm)	**17.85**	**24.24**	**15.52**	**29.83**	**19.76**	**18.79**	**21.77**	**38.32**

الجدول (2): مواصفات المواقع المقترحة

الموقع	الاحتمال %	التكرار (year)	الهطول المطري P (mm/day)	ارتفاع الجريان السطحي h (mm/day)	حجم الجريان السطحي V (M. m^3)
F1	1	100	46.07	6.78	0.9
	2	50	42.27	5.25	0.7
F2	1	100	46.07	3.33	0.5
	2	50	42.27	2.34	0.3
F3	1	100	46.07	8.63	1.2
	2	50	42.27	6.86	1.0
F4	1	100	46.07	1.59	0.7
	2	50	42.27	0.96	0.4
F5	1	100	46.07	5.54	3.0
	2	50	42.27	4.18	2.3
F6	1	100	46.07	6.14	3.2
	2	50	42.27	4.69	2.5
F7	1	100	46.07	4.43	1.3
	2	50	42.27	3.25	1.0
F8	1	100	46.07	0.3	0.5
	2	50	42.27	0.08	0.1

الجدول (3): حجم الجريان السطحي عند المواقع المقترحة

11. النتائج:

- تشكل المناطق ذات مؤشر خطر عالي جداً للفيضانات نسبة 15.7% من منطقة الدراسة. و28.6% تقريباً ذات مؤشر عالي، وتقع المناطق السكنية والأراضي الزراعية ضمن هذه المؤشرات.

- تم تحديد 8 مواقع لدرء خطر الفيضانات كما هو مبين بالشكل (4).
- تم تحديد 6 مواقع لتقاطع الأودية مع الطريق الدولي (دير الزور، تدمر، دمشق).
- أكبر قيمة لمعامل المنحني CN ضمن منطقة الدراسة بلغت 98 والتي تشكل 5.4% من مساحة المنطقة، وأقل قيمة CN بلغت30 وتشكل نسبة 15% من المنطقة، بلغت قيمة CN الموزون على كامل المنطقة 58.34
- بلغ متوسط الهطل اليومي الأعظمي خلال فترة (1960–2000) في منطقة الدراسة 21 مم/اليوم، وبلغ حجم الوارد المائي الوسطي السنوي في منطقة الدراسة حوالي 58 مليون متر مكعب.

12. التوصيات:

- العمل على تنفيذ منشآت لدرء خطر الفيضان في بعض المواقع المقترحة وخاصة المواقع القريبة من مدينة تدمر
- ضرورة إعداد قاعدة بيانات مناخية وهيدرولوجية لكل منطقة الدراسة.
- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في أعداد دراسات التحليل المكاني واستخدم عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) من أجل تقيم العوامل المؤثرة وتحليل الأولويات.

المراجع:

1. Elsebaie, I.H.; Kawara, A.Q.; Alnahit, A.O. (2023)- **Mapping and Assessment of Flood Risk in theWadi Al-Lith Basin, Saudi Arabia. Water**, 15, 902
2. Khan, M.Y.A.; Elk shouty, M.; Zaidi, F.K.; Egbueri, J.C. (2023). **Mapping Aquifer Recharge Potential Zones (ARPZ) Using Integrated Geospatial and Analytic Hierarchy Process (AHP) in an Arid Region of Saudi Arabia**. *Remote Sens*, 15, 2567
3. KAMIL, A. M; AL-IBADI, Z. M; AL-HAMMADANI, R. A. (2021). Analysis of the slopes of Jambour Anticline in Kirkuk and its Effect on Soil Formation using Remote Sensing (RS)**.**
4. Saaty, T. L. (1977). **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281
5. Saleh.A.S**.** Al-Hatrushi.S.M.(2010). **Torrential Flood Hazards Assessment, Management and Mtigation, in Wadi Aday, Muscat Area, Sultanate of Oman, a GIS&RS Approach. Egypt**. *J. Remote Sensing & Space Sci.*, V.12, pp. 71-86
6. Wang, Y. Tian, Y. Cao, Y. (2021). **Dam Siting: A Review. Water** 13.2028
7. Amen, A.R. Mustafa, A. Kareem, D.A. Hameed, H.M.; Mirza, A.A. Szydłowski, M.; M. Saleem, B.K. (2023). **Mapping of Flood-Prone Areas Utilizing GIS Techniques and Remote Sensing: A Case Study of Duhok, Kurdistan Region of Iraq**. *Remote Sens*, 15, 1102.

8. الأسعد، راميا. (2015). إدارة السيول والحد من الآثار الناجمة عنها في منطقة من تدمر. ماجستير، قسم الهندسة المائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.
9. الكيلاني، رضوان. برقان، محمد. (2024) استخدام نظم المعلومات الجغرافية لاختيار مواقع السدود لحصاد مياه الأمطار السطحية والتخفيف من الفيضانات في حوض وادي مصين شمال الضفة الغربية بفلسطين. مجلو العلوم الاجتماعية، المجلد (52)، العدد (4).
10. باواحدي، خالد. حمدون، حنان. (2022). إدارة كوارث السيول في مدينة مكلا باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية. مجلة العلوم الزراعية والبيئية والبيطرية، المجلد (6)، العدد (1).
11. عمر مناصير. كنزة، لعيايدة. (2018). حساسية الأوساط الحضرية لخطر الفيضانات دراسة حالة حي العرقوب– المسيلة. جامعة محمد بوضياف–المسيلة. الجزائر
12. ناصر، شوقي أحمد. (2023). إدارة مخاطر الفيضانات الخاطفة في منطقة غات (جنوب غرب ليبيا) باستخدام التقنيات المكانية. مجلة العلوم الإنسانية.
13. الأطلس المناخي لسورية 1977.

Mapping Flood-Prone Areas in the Al-Sukhna and Palmyra Basins Using Geographic Information Systems (GIS) and Proposing Sites for Flood Mitigation Structures

Sabreen Hameed **Dr. Wissam Nakhleh**

Abstract

The study area encompasses the Al-Sukhna and Palmyra basins in the Syrian Badia. This research utilized Geographic Information Systems (GIS) to analyze geographic data and determine the Flood Hazard Index (FHI). The study included six criteria: (precipitation, CN values, slope, soil type, TWI, and drainage density). Using the Analytical Hierarchy Process (AHP), the weights of these criteria were established. The surface runoff was calculated at the proposed sites for flood hazard mitigation using the Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) method. The model produced a spatial suitability map for the Flood Hazard Index categorized into four classes: areas with a very high hazard index accounting for 15.7% of the study area, high hazard index at 28.6%, moderate at 32.2%, and low hazard index at 23.4%. Consequently, eight sites were identified for rainwater harvesting structures aimed at mitigating flood risks. The annual water intake for a rainstorm of 46.07 mm/day with a recurrence period of every 100 years at the proposed sites was (3.2-0.5) million cubic meters.

Keywords: Analytical Hierarchy Process (AHP), Flood Hazard Index (FHI), Geographic Information Systems (GIS)