

أخطار السيول على مسار السكة الحديدية

"حوض وادي باير المؤثر على مسار قطار الشمال جنوب
مدينة القريات، المملكة العربية السعودية - أنموذجاً"

د. أشرف أحمد على عبدالكريم*

الملخص:

تتأثر العديد من المناطق العمرانية ومنشآت البنية التحتية في المملكة العربية السعودية بمياه الأمطار والسيول التي قد تحدث أضرارًا بالغة في تلك المناطق، وقد تسببت السيول المتكررة لحوض وادي باير جنوب مدينة القريات في حدوث خسائر في الأرواح والممتلكات وغرق المناطق العمرانية وغمر الأراضي الزراعية وتهجير سكان قريتي غطي وباير في ١٠ نوفمبر ٢٠١٨م الموافق ٣ ربيع الأول ١٤٤٠هـ، كما تعرضت أجزاء متعددة من مسار قطار الشمال المواجه لقريتي غطي وباير إلى التدمير. وفي الوقت الحاضر لا يمكن تصور تقييم مخاطر السيول دون الدعم الرقمي للنمذجة المكانية - الزمانية ثنائية الأبعاد وتكاملها مع الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، والهدف الرئيس من هذه الدراسة هو تقييم مخاطر السيول لحوض وادي باير، وتحديد المناطق العمرانية والزراعية ومرافق البنية التحتية لمسار قطار الشمال الواقعة في حرم وادي باير وروافده ومصباته والمعرضة لمخاطر السيول، وتحديد مستويات الخطر بكل جزء منها، وتقديم آلية فعالة لتخفيف مخاطر السيول المحتملة عليها. ولتحقيق هذه الأهداف تم استخدام النموذج الهيدرولوجي ذو النظام الهندسي (HEC-HMS) لحساب منحنى هيدروجراف السيول لأحواض التصريف المختلفة، وتقدير حساب كميات مياه السيول ومعدلات تدفقها اعتماداً على طريقة (SCS Unit Hydrograph)، وتم تحليل وتقدير عمق الأمطار لفترات رجوع مختلفة (٥، ١٠، ٢٥، ٥٠، ١٠٠ سنة)، بالإضافة إلى استخدام النموذج الهيدروليكي لبرنامج مركز الهندسة الهيدرولوجية - نظام تحليل الأنهار (HEC-RAS) لعمل المحاكاة المكانية - الزمانية لحساب سرعة وعمق وانتشار مياه السيول بنموذج ثنائي الأبعاد، وتحديد المناطق المعرضة للغمر. (المجلة الجغرافية العربية، المجلد (٥٢) العدد (٧٧) يونيو ٢٠٢١، ص ٦١-١١)

الكلمات الدالة: مخاطر السيول، النمذجة المكانية، الزمانية، النمذجة الهيدرولوجية، النمذجة الهيدروليكية، حوض وادي باير، مدينة القريات، مسار قطار الشمال، المناطق المعرضة للغمر، آلية الحماية المقترحة.

* أستاذ جغرافية العمران ونظم المعلومات الجغرافية المشارك، مركز البحوث - وزارة الإسكان (المملكة العربية السعودية).

للتواصل: e-mail: dr.ashrafgis2020@gmail.com

المقدمة:

أقر العديد من المؤلفين بحقيقة أن زيادة الأنشطة الحضرية في مناطق الفيضانات ستؤدي إلى زيادة تصريف الذروة وتقليل الوقت إلى الذروة وزيادة حجم الجريان السطحي (Huong and Pathirana, 2013, p. 381)، كما أصبح الفهم والتقييم الأفضل لتغيرات استخدام الأراضي التي لها تأثير مباشر على العمليات الهيدرولوجية لمستجمعات المياه أمرًا حاسمًا للتخطيط والتنمية المستدامة لمستجمعات المياه (Jing and Zorica, 2016, p. 70).

وقد تطورت النماذج المكانية المستخدمة في تقدير تدفق الذروة وحساب منحى الهيدروجراف، والنموذج في الجغرافيا هو بنية شكلية لإدراك مجموعة من الظواهر، التي تمتلك بينها علاقات معينة أو أنه التمثيل التخطيطي المبسط والشامل للظاهرة وفق نهج سليم (صفوح، ٢٠٠٠م، ص ١٢٣)، كما تعرف النمذجة بأنها تجريد للواقع يركز على جمع معلومات عن نظام ما بغرض تحليله وفهم سلوكه وإجراء تجارب وافتراضات لا يمكن إجرائها عليه بشكل مباشر (Thomas and Frank, 2001, p. 25)، وتعرف النمذجة المكانية بأنها طريقة أو أسلوب لدراسة وتقييم نظام ما بهدف تقريب العالم الواقعي الذي يصعب توفيره بسبب التكلفة المادية أو الصعوبات التطبيقية مع فهم البيانات بسرعة أكبر والوصول إلى استنتاجات يصعب صياغتها باستخدام البيانات الرقمية والنصية البسيطة بحيث يسهل معها حل المشكلات المتوقعة ومراقبتها والتخطيط لها (أشرف، ٢٠٢٠م، ص ٩٥)، وقد وفر برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (Watershed Modeling System, WMS)، بيئة رسومية مكانية متقدمة لبناء وتشغيل عدد كبير من النماذج الرياضية المختصة بعمل الحسابات الهيدرولوجية والهيدروليكية وهي: HEC-1، وHEC-HMS، وTR-20، وTR-55، وSWMM، وGSSHA، وHEC-RAS (Ashraf, et al., 2019, p. 3).

يعد النموذج الهيدرولوجي ذو النظام الهندسي (Hydrologic Engineering Centre - Hydrologic Modelling System, HEC-HMS) الذي تم اختياره وتطبيقه في هذه الدراسة أحد النماذج الهيدرولوجية التي تستوفي المعايير المحلية والعالمية التي تم استخدامها على نطاق واسع في دراسات مختلفة، وبرنامج مركز الهندسة الهيدرولوجية - نظام النمذجة الهيدرولوجية (HEC-HMS): هو برنامج حاسوبي هيدرولوجي يختص بنمذجة ومحاكاة علاقة الأمطار بالجريان السطحي في أحواض التصريف المائية، وهو النسخة المحدثة وذات الواجهة الرسومية من برنامج HEC-1، ويستخدم البرنامج في عمل كافة الحسابات الهيدرولوجية، ومن أهم مخرجاته حساب التصريفات، والتسرب للمياه الجوفية، وحركة الماء في المجاري المائية، والفواقد، والرشح الكلي، والمطر المتبقي، وقيم الجريان المباشر (أشرف، ٢٠٢٠م، ص ٣٤)، حيث حقق نموذج (HEC-HMS) انتشارًا واسعًا في اشتقاق وحدة الهيدروجراف للأحواض غير المقاسة في المناطق الجافة.

لتحليل آثار السيول وتحديد مناطق غمر السيول وبناء محاكاة مكانية تم تطبيق برنامج مركز الهندسة الهيدرولوجية - نظام تحليل الأنهار (Hydrologic Engineering Centre- River Analysis System, (HEC-RAS) وهو برنامج حاسوبي هيدروليكي يختص بنمذجة ومحاكاة حركة المياه في المجاري المائية الطبيعية كالأنهار والمجاري الصناعية كالقنوات والترع والمصارف، وللبرنامج القدرة على عمل حسابات حركة الرواسب والملوثات الكيميائية في التيار المائي، ويستخدم البرنامج في رسم خرائط انتشار السيول وأعماق المياه وسرعات المياه، وكذلك لحساب مخاطر السيول، وحساب معدلات النحر، وكذلك تقييم المنشآت الهيدروليكية (أشرف، ٢٠٢٠م، ص ٣٣٨).

شهدت منطقة القريات أحداثاً متوالية من كوارث السيول خلال الآونة الأخيرة بسبب محاصرتها بخمسة أودية رئيسية، هي: وادي المخروق من الشمال الذي يؤثر على مدينة الحديثة، ووادي حصيدة الغربية الذي يؤثر على الجزء الشمالي من مدينة القريات، ووادي حصيدة أم نخلة الذي يؤثر على مدينة القريات، ووادي باير الذي يؤثر على قريتي غطي وباير، ووادي سرمداء الذي يؤثر على قرى الناصفة وجماجم والرديفة، حيث تتساقط كميات غزيرة ولمدة قصيرة جداً من الأمطار على هذه الأودية مسببةً سيولاً جارفةً سريعة الجريان نتج عنها خسائر بشرية ومادية فادحة من قتل وتشريد للسكان وتدمير للممتلكات من مزارع ومباني وطرق وجسور، ويعد الجزء المواجه لوادي باير من أهم أودية منطقة القريات خطورة حيث شهدت هذه المنطقة مخاطر سيول متكررة وتهديدات كبيرة للعمران والقرى المحيطة بها، ولعل أخطرها التي حدثت في تاريخ ١٠ نوفمبر ٢٠١٨م الموافق ٣ ربيع الأول ١٤٤٠هـ التي نتج عنها توقف حركة المرور كلياً، ومداومة المنازل والمدارس ومستشفى القريات، وتدمير جزئي للسكة الحديد وقرى غطي وباير والحديثة وتهجير أهلها، وقد ساعد على ذلك عدم وجود حلول استراتيجية مناسبة للحد من الأضرار الناجمة عن حدوث الفيضانات بمنطقة الدراسة المتكررة كل عام تقريباً كما أسهم النمو العمراني المطرد وغير المخطط بمنطقة الدراسة الواقع معظمه في مسارات ومصبات الأودية الجافة على تقاوم مشكلة مخاطر السيول.

إشكالية الدراسة:

- تتلخص إشكالية الدراسة في نقاط محددة، هي:
- تتعرض قريتي غطي وباير إلى كميات كبيرة من الجريان السطحي كل عام بسبب وقوعهما أسفل مصبات وادي باير، مما يجعلهما تحت خطر دائم من حدوث الفيضانات الفجائية.
 - تُسبب الفيضانات المتكررة والفجائية بقريتي غطي وباير خسائر في الأرواح البشرية وتدمير المناطق العمرانية وغمر الأراضي الزراعية بالمياه.
 - توقف قطار الشمال وعدم وصوله إلى مدينة القريات وتهجير سكان قريتي غطي وباير أثناء حدوث الفيضانات الشديدة التي حدثت في ١٠ نوفمبر ٢٠١٨م الموافق ٣ ربيع الأول ١٤٤٠هـ.

- تعرض مسار سكة حديد قطار الشمال المواجه لقريتي غطي وباير إلى التدمير أثناء الفيضانات الشديدة وأبرزها تدمير مقطع من بنية السكة الحديد أثناء فيضان (نوفمبر ٢٠١٨م - ربيع الأول ١٤٤٠هـ).
- سوء توزيع منشآت تصريف مياه السيول القائمة أسفل مسار سكة حديد قطار الشمال المواجه لحوض تصريف وادي باير، وعدم قدرة الكثير منها على تمرير تدفقات مياه السيول.
- محدودية الطرق التقليدية في بناء محاكاة للنمذجة المكانية - الزمانية ثنائية الأبعاد توضح الانتشار المكاني والزمني لجريان مياه السيول وسرعتها وعمقها، الأمر الذي يؤدي إلى ضعف النتائج والتوصيات والحلول المقدمة في العديد من الدراسات الهيدرولوجية التي تناولت موضوع تقييم ودرء مخاطر السيول المحتملة سواء على البنية التحتية أو التجمعات العمرانية.
- غياب استخدام النماذج الحاسوبية الحديثة ثنائية الأبعاد القائمة على النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية مثل (HEC-HMS & HEC-RAS) في تقييم منشآت مياه السيول التي بدونها لا يمكن معرفة الطاقة الاستيعابية وقدرة هذه المنشآت على تمرير تدفق السيول.

أهداف الدراسة:

- تتلخص أهداف الدراسة في نقاط محددة، وهي:
- دراسة العوامل الجغرافية المؤثرة في حدوث الفيضانات بحوض وادي باير، وتوزيعها المكاني، ومدى تأثيرها في حدوث الفيضانات.
- تقدير أحجام السيول وتدفق الذروة وحساب منحنى الهيدروجراف لحوض وادي باير باستخدام النموذج الهيدرولوجي ذو النظام الهندسي (HEC-HMS).
- تقديم محاكاة مكانية زمنية ثنائية الأبعاد لعمق وسرعة وانتشار مياه السيول لحوض وادي باير باستخدام النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS).
- تقييم قدرة منشآت تصريف مياه السيول القائمة والمتمثلة في العبارات والكباري المقامة أسفل طريق مسار قطار الشمال على تمرير تدفقات الذروة لحوض وادي باير.
- تحديد مناطق الغمر العمرانية والزراعية الواقعة في حرم وادي باير وروافده ومصباته، والمعرضة لمخاطر الفيضانات ومستويات الخطر بكل جزء منها.
- تحديد المقاطع الطولية لمسار سكة حديد قطار الشمال الواقعة في حرم وادي باير وروافده ومصباته، والمعرضة لمخاطر الفيضانات ومستويات الخطر بكل جزء منها.
- وضع حلول وتوصيات استراتيجية لمحاولة التخفيف والحماية من الآثار السلبية الناجمة عن السيول بمنطقة الدراسة.
- تقديم آلية فعالة وتخفيف مخاطر السيول المحتملة على العمران ومنشآت البنية التحتية مع التطبيق على مسار قطار الشمال.

أهمية الدراسة:

- تتلخص أهمية الدراسة في نقاط محددة، منها:
- تقديم نمذجة مكانية - زمانية لمحاكاة السيول في البيئات الجافة بهدف تحديد مناطق الغمر، التي لا يمكن عملها دون نمذجة ثنائية الأبعاد لبرنامج (HEC-RAS).
- ندرة الدراسات التطبيقية التي تناولت مخاطر السيول في أحواض تصريف المنطقة الشمالية بالمملكة العربية السعودية وتحديد الأضرار الناجمة عنها.
- دراسة تأثير السيول التي تحدث بصورة متكررة أمام مصب وادي باير على الأرواح والممتلكات والبنية التحتية لاسيما مسار قطار الشمال الذي يربط بين العاصمة (الرياض) والحدود الشمالية للمملكة العربية السعودية (القريات).
- دعم اتخاذ القرار التخطيطي لبلدية محافظة القريات وشركة سار في تحديد المقاطع المعرضة لمخاطر السيول المرتفعة أمام مصب وادي باير لاتخاذ التدابير اللازمة لحمايتها.
- رسم خريطة مخاطر السيول للتخفيف من أضرار السيول الفجائية والمنكررة.
- إثراء البحوث العلمية المتعلقة بنمذجة مخاطر السيول على البنية التحتية وبالأخص مسار قطار الشمال التي تفتقر إليها المكتبة العربية.
- تساعد هذه الدراسة في إنشاء قاعدة بيانات يمكن الاعتماد عليها من قبل المخططين وأصحاب القرار في وضع الخطط المستقبلية لمواجهة مخاطر السيول.

تساؤلات الدراسة:

- هل هناك علاقة بين إنشاء مسار قطار الشمال وزيادة مخاطر السيول بمنطقة الدراسة؟
- هل للخصائص الجيومترية والمورفومترية لحوض التصريف أثر واضح في زيادة مخاطره السيلية؟
- ما أحجام السيول وتدفق الذروة لحوض وادي باير خلال فترات الرجوع المختلفة (١٠، ٢٥، ٥٠، ١٠٠ سنة)؟
- ما أبعاد عمق وسرعة وانتشار مياه السيول لحوض وادي باير؟
- هل منشآت تصريف مياه السيول القائمة والمتمثلة في العبارات والكباري المقامة أسفل مسار قطار الشمال والمقابلة لوادي باير قادرة على تمرير تدفقات الذروة في فترات الرجوع المخالفة الـ ٥٠ و ١٠٠ سنة؟
- هل للتوسعات العمرانية وتغير استخدامات الأرض أثر في زيادة مخاطر السيول بمنطقة الدراسة؟
- ما حجم المخاطر السيلية المتوقعة على مسار قطار الشمال والتجمعات العمرانية القريبة؟
- هل يمكن التخفيف من حدة مخاطر السيول لقريتي باير وغطى ومسار قطار الشمال؟

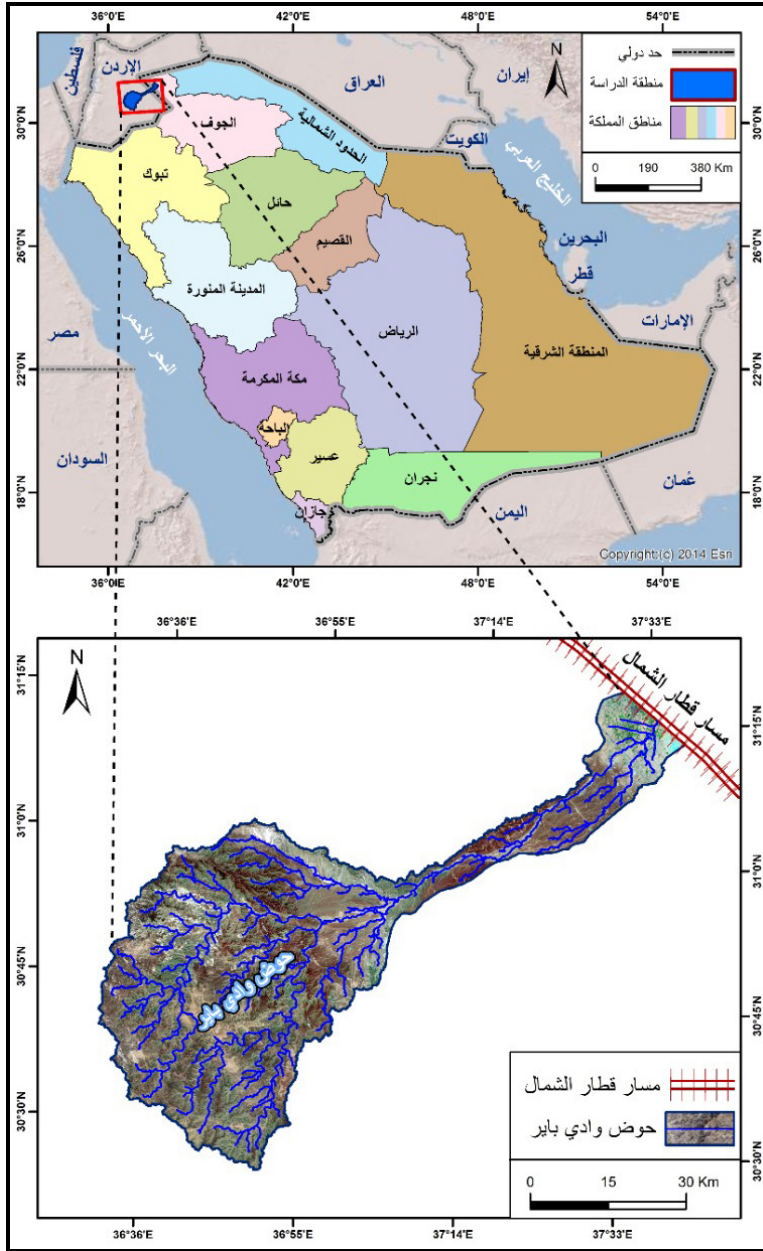
منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي باير إدارياً على الحدود الدولية بين المملكة العربية السعودية والمملكة الأردنية الهاشمية بمساحة تقدر بحوالي ٢٩٠٠,٧ كم^٢، يقع منها حوالي ٢٩٦,٣٧ كم^٢ بأقصى شمال منطقة الجوف التي تقع شمال المملكة العربية السعودية بنسبة ١٠,٢٢٪ من إجمالي مساحة الحوض، بينما يقع منها حوالي ٢٦٠٤,٣٤ كم^٢ بشمال شرق محافظة معان التي تقع جنوب شرق المملكة الأردنية الهاشمية بنسبة ٨٨,٧٨٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتقع مصبات حوض وادي باير جغرافياً عند قرى باير وغطي التي تبعد حوالي ١٦ كم جنوب شرق مدينة القريات، أما عن منابع الحوض فتبدأ جنوب شرق المملكة الأردنية الهاشمية على بعد حوالي ٩٠ كم شرق مدينة معان، أما عن الموقع الفلكي فيقع حوض وادي باير بين دائرتي عرض ١٨,٩١° ٢٥° ٣٠' و ٤٦,٤٨° ١٧° ٣١' شمالاً، وبين خطي طول ٢٤,١١° ٣٠° ٣٦' و ٥١,٤٧° ٣٧° ٣٧' شرقاً، الأشكال (١، ٢، ٣).

وقد ساهم إنشاء مسار قطار الشمال حديثاً ومروره بالقرب من مدن وقرى القريات على تغيير خريطة استخدامات الأرض بالمنطقة، حيث أدى تغير استخدامات الأرض وتطويرها عند إنشاء مسار قطار الشمال بدون عمل دراسات هيدرولوجية تفصيلية إلى تغير أنظمة جريان مياه السيول إما بحجز مياه السيول أمام مسار القطار نفسه حيث يرتفع مساره عن الأرض الطبيعية بنحو ٤ متر مما يجعل مياه السيول ترتد مرة أخرى لتغطي التجمعات العمرانية، أو تحويل لمسار جريان مياه السيول نتيجة التوسعات العمرانية وتغير استخدامات الأرض.

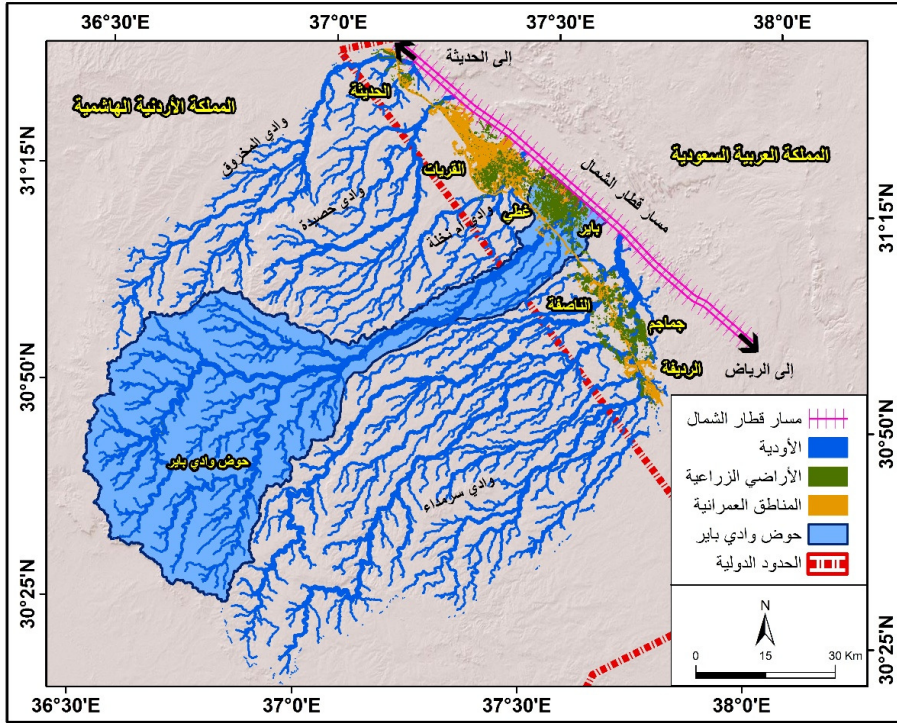
منهج الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على منهج شمولية الواقع الجغرافي بأقسامه الثلاثة التي تشمل توزيع الظواهر ووصفها وتصنيفها، ثم الربط بين المتغيرات المختلفة، والتحليل والتفسير، ثم التنبؤ والتخطيط والتقييم (صفوح، ٢٠٠٠م، ص ١٢٣)، وعلى المنهج الاستقرائي لتحديد أهم العوامل المؤثرة في زيادة مخاطر السيول بمنطقة الدراسة، كما اعتمدت الدراسة على المنهج السلوكي، من أجل تفسير بعض الضوابط الطبيعية والبشرية، كما اعتمدت الدراسة على منهج التحليل المكاني (Spatial Analysis) الذي يعتمد على الأساليب الكمية الحديثة في نشأة وتطور الظواهر من خلال تطبيق وبناء نموذج ثنائي الأبعاد لبرنامج (HEC-RAS)، لتحديد حركة انتشار وعمق وسرعة مياه سيول وادي باير من خلال تطبيق طريقة مصفوفة المخاطر (Hazard Matrix).



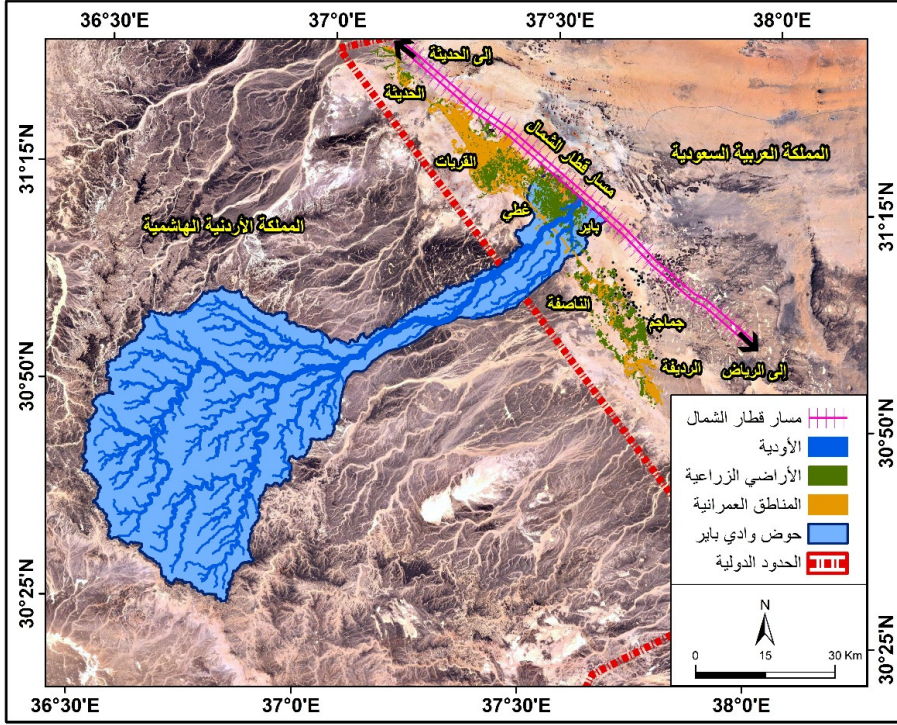
شكل (١) : موقع حوض وادي باير من المملكة العربية السعودية والمملكة الأردنية الهاشمية عام ٢٠٢٠م. المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على (أ) الخارطة الرسمية، النوبة الجيومكانية، الهيئة العامة للمساحة، (ب) أطلس خرائط توزيعات نتائج التعداد العام للسكان والمساكن، الهيئة العامة للإحصاء، (ج) المرئية الفضائية Landsat8/OLI لعام ٢٠٢٠م، (د) نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ١٠م من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

كما تم توظيف النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) لبرنامج الـ (WMS) في حساب منحنى هيدروجراف السيول لأحواض التصريف المختلفة، وتقدير حساب كميات مياه السيول ومعدلات تدفقها اعتماداً على طريقة (SCS Unit Hydrograph)، وتم حساب خصائص الأمطار (Rainfall depth) ومنحنيات الشدة المطرية (IDF Curve) لحوض وادي باير خلال فترات رجوع مختلفة باستخدام برنامج (HYFRAN)، بالإضافة إلى توظيف (GIS&R.S) في إنتاج خرائط استخدامات الأرض وخرائط التربة والجيولوجيا لأحواض التصريف التي تعد المدخلات الأساسية لتشغيل النموذج الهيدرولوجي.



شكل (٢) : حوض وادي باير من الأحواض المؤثرة في مسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ١٢,٥م من موقع (Vertex) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية (NASA)، واستخدام برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS).



شكل (٣) : حوض وادي باير المؤثر في مسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ١٢,٥م من موقع (Vertex) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية (NASA)، واستخدام برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS)، والمرئية الفضائية Landsat8/OLI لعام ٢٠٢٠م.

الدراسات السابقة:

لم تفرد أية دراسة مستقلة ومعقدة لدراسة مخاطر السيول لحوض وادي باير، وتفقر منطقة الدراسة بشكل واضح لمثل هذه الدراسات التطبيقية المهمة خاصة وأن السيول المتكررة والفجائية بقريتي غطي وباير تُسبب خسائر في الأرواح البشرية، وتدمير المناطق العمرانية، وغمر الأراضي الزراعية بالمياه، وتهجير سكان قريتي غطي وباير التي كان أبرزها عملية التهجير الكامل التي حدثت في ١٠ نوفمبر ٢٠١٨م الموافق ٣ ربيع الأول ١٤٤٠هـ، ومن خلال حصر دراسات مخاطر السيول بالمكتبة العربية والعالمية يمكن تناول موضوع الدراسات السابقة على النحو التالي:

أ- دراسات طبقت طريقة سنايدر لتقدير تدفق ذروة السيول:

حيث يُعد نموذج سنايدر من أكثر النماذج الرياضية التي يستخدمها الباحثون العرب في تقدير تدفق الذروة للسيول، ويعتمد هذا النموذج في مدخلاته على بعض السمات المورفومترية لأحواض التصريف المُستخلصة من بيانات صور الأقمار الصناعية أو الخرائط التقليدية، ومن أهم الدراسات التي تناولت تطبيق نموذج سنايدر Snyder لتقدير تدفق ذروة السيول دراسات (فرحان ٢٠٠٨م، محمد ٢٠٠٧م، أحمد وحمدية ٢٠١٧م).

ب- دراسات طبقت طريقة رقم المنحنى لتقدير تدفق ذروة السيول:

حيث تعتمد هذه الطريقة على استخدامات وغطاءات الأرض وتحديد الحالة المسبقة لرتوية التربة، وتحديد مقدار سرعة نفاذية الماء إليها ضمن أربع مجموعات هيدرولوجية، مما يسمح بتحديد إمكانية مدى إسهام كل صنف من استعمالات الأرض في نشوء الجريان السطحي، وقد استخدم العديد من الباحثين نموذج الأرقام المنحنية للجريان السطحي Runoff curve numbers model أو نموذج الهيئة الأمريكية لحماية التربة-الأرقام المنحنية (Soil Conservation Service-Curve Numbers) ((SCS-CN)) إما بطريقة منفردة أو من خلال الجمع بينهما، ومن أهم الدراسات التي طبقت طريقة رقم المنحنى دراسات (هيفاء ٢٠١٠م، عبد النور ٢٠٠٨م، جمعة وآخرون ٢٠١٢م، إبراهيم ٢٠١٧م).

ج- دراسات طبقت النماذج الهيدرولوجية لتقدير تدفق ذروة السيول:

حيث استخدمت النماذج الهيدرولوجية الشهيرة والمعروفة محلياً وعالمياً؛ أهمها وأكثرها تطبيقاً نموذج (HEC-HMS, HEC-1, TR-55, GSSHA, Rational Method)، وتتميز هذه النماذج بدقتها وشموليتها في تقدير تدفق ذروة السيول من خلال توفيرها لمجموعة عريضة من طرق حساب هيدروجراف مياه السيول مثل: طريقة (Unit Hydrograph method)، وطريقة كلارك (Clark UC))، وطريقة سنايدر (Snyder US))، وطريقة إدارة خدمات المحافظة على التربة (SCS dimensionless (UD))، وطريقة المنحنى المائي الموحد المعطى (المرصود) (Given unit (UD))، وطريقة الأمواج الكينماتيكية (Kinematic wave (UK))، (أشرف، ٢٠٢٠م، ص ٣٦)، كما تتميز هذه النماذج بتوفير مجموعة عريضة من طرق حساب الفوائد والتسرب من أهمها: طريقة الفوائد المنتظمة (Uniform Loss Method (LU))، وطريقة الفوائد الأسية (Exponential Loss (LE))، وطريقة قرين وأميت لحساب الفوائد (تحديداً الرشح في التربة) (Green & Ampt (LG))، وطريقة هولتون لحساب الفوائد (تحديد الرشح في التربة) (Holtan LH))، وطريقة إدارة خدمات المحافظة على التربة لحساب الفوائد (SCS loss method (LS))، (أشرف، ٢٠٢٠م، ص ٣٦).

وقد اعتمدت المملكة العربية السعودية هذه النماذج رسمياً في مطلع عام ٢٠١٧م من قِبَل وزارة الشؤون البلدية والقروية، والهيئة العامة للمساحة الجيولوجية بوصفهما الجهتين المنوط بهما اعتماد الدراسات الهيدرولوجية، حيث صدر الأمر السامي الكريم رقم ٢٨٨٦٥ في ٢٨/٣/١٤٣٨هـ بتعميم استخدام برنامج (HEC-HMS) وبرنامج (HEC-RAS) عند إعداد الدراسات الهيدرولوجية والهيدروليكية لدرء مخاطر السيول على مستوى المملكة العربية السعودية، ومن أبرز الدراسات التي استخدمت النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية دراسات (Ashraf and Ahmed, 2019; Ashraf, et al., 2019).

د- دراسات تقييم مدى خطورة السيول المفاجئة:

يمكن حصرها في خمس دراسات فرعية بناءً على طرق إنتاج خرائط مخاطر السيول، حيث يصنف ثلاث طرق منها تحت الطرق المورفومترية في تقدير مخاطر السيول؛ وهي: طريقة الشامي، وطريقة الرتب المورفومترية، وطريقة درجة الخطورة، وتتاسب هذه الطرق تصنيف المخاطر لأحواض التصريف الرئيسية والفرعية أكثر منها مناسبة للمناطق العمرانية، كما أنها الأكثر انتشاراً وتطبيقاً في الأبحاث الجغرافية، أما الطريقة الرابعة فهي طريقة التحليل متعدد المعايير القائم على نظم المعلومات الجغرافية (GIS-MCDA) وهي الطريقة الأكثر انتشاراً في الدراسات الجغرافية والتخطيطية والتطبيقية، في حين أن الطريقة الخامسة تعرف بطريقة النمذجة الهيدروليكية لبرنامج (HEC-RAS)، وتعد من أهم وأفضل الطرق لنمذجة مخاطر السيول للمناطق العمرانية، (أشرف، ٢٠٢٠م).

وفي هذه الدراسة تم استخدام طريقة النمذجة المكانية - الزمانية لبرنامج (HEC-RAS)، التي تعد من أهم وأفضل الطرق لنمذجة مخاطر السيول للمناطق العمرانية، حيث أنها تقدم نموذجاً ثنائي الأبعاد لحركة انتشار وعمق وسرعة مياه السيول (2D-dimensional models)، ولا تتوفر هذه الخصائص في النموذج أحادي الأبعاد لجريان مياه السيول (1D-dimensional models)، ومن أبرز الدراسات التي استخدمت طريقة النمذجة الهيدروليكية للنمذجة المكانية ثنائية الأبعاد دراسة (CVFED, 2009; Meghan, et al., 2011; Muhammad, et al., 2017; Paul and De Roo, 2000; Ashraf and Ahmed, 2019; Ashraf, et al., 2019; Omid, et al., 2019; Andrea, et al., 2019; Mohamed, et al., 2019)، (أشرف، ٢٠١٨م).

وعلى الرغم من أن الباحث قام بنشر دراستين باللغة الإنجليزية عن مخاطر السيول على قطار الشمال بمنطقة القريات؛ أولهما في مجلة (Water)، وثانيهما في مجلة (Geosciences)، إلا أن هذه الدراسات لم تتناول موضوع النمذجة المكانية - الزمانية لحوض وادي باير وتأثيره في قطار الشمال والبنية التحتية، حيث تناولت هذه الدراسات خريطة المخاطر الإجمالية لعدد ٥ أحواض تؤثر في مسار قطار الشمال بمنطقة القريات، حيث كانت الدراسة الأولى بعنوان دمج تحليل القرار متعدد

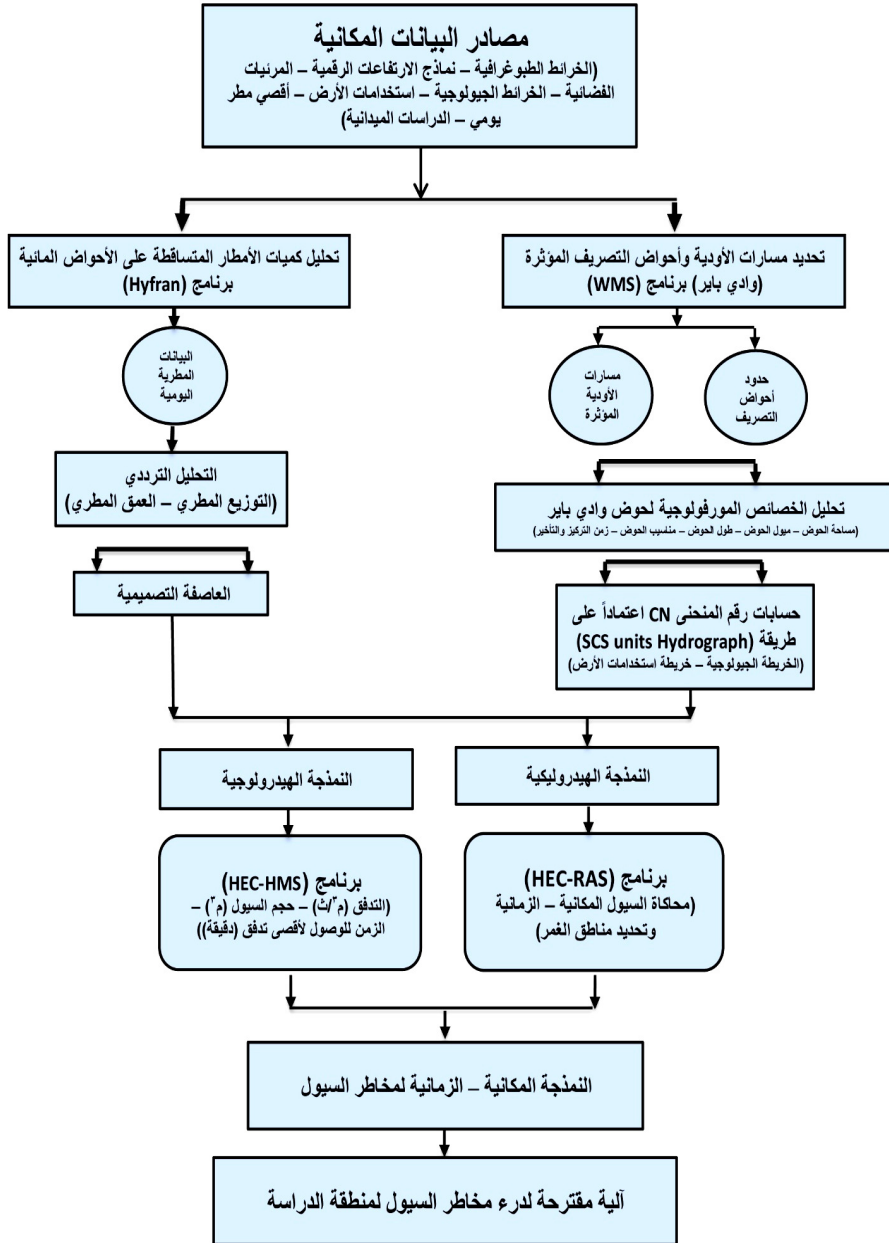
المعايير القائم على نظم المعلومات الجغرافية (GIS-MCDA) والتحليل التسلسلي الهرمي (AHP) لتقييم مخاطر السيول على مسار قطار الشمال، بمنطقة القريات (Ashraf, et al., 2020)، أما الدراسة الثانية فكانت بعنوان رسم خرائط مخاطر الفيضانات المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية باستخدام نموذج درجة المخاطر للرتب الجيومورفومترية لمسار قطار الشمال بمنطقة القريات (Ashraf, et al., 2020).

ويتضح من الدراسات السابقة ندرة دراسات نمذجة مخاطر السيول للبنية التحتية وخاصة مسارات السكك الحديدية في المكتبة العربية، وعلى الرغم من أن نمذجتي HEC-RAS و HEC-HMS تم اختبارهما ومعايرتهما على نطاق عالمي في دراسات النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية المختلفة إلا أنه لم يتم استخدامها الاستخدام الأمثل في دراسة أحواض التصريف بالمناطق العربية، وما يميز الدراسة التي نحن بصدها أنها من الدراسات القليلة في المكتبة العربية التي دمجت النمذجة الهيدرولوجية ممثلة في برنامج (HEC-HMS) والنمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS) لتقدير مخاطر السيول على البنية التحتية من خلال تقييم مخاطر سيول وادي باير على مسار قطار الشمال، حيث لا يمكن النظر في تقييم مخاطر السيول بالطرق التقليدية التي لا تستطيع بناء نموذج ثنائي الأبعاد لحركة انتشار وعمق وسرعة مياه السيول، كما تفرد هذه الدراسة بتقديمها نهج فعال في تقييم المنشآت الهيدروليكية الموجودة أسفل الطرق ومسار السكك الحديدية، كما تفرد هذه الدراسة بأنها وظفت طريقة مصفوفة المخاطر (Hazard Matrix) في تقييم مخاطر السيول على البنية التحتية والتجمعات العمرانية، كما تتميز هذه الدراسة بكونها أول دراسة شاملة لتقييم مخاطر سيول وادي باير جنوب مدينة القريات وتأثير ذلك في مسار السكة الحديدية لقطار الشمال.

إجراءات الدراسة ومعالجة البيانات لتشغيل النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية:

يمكن عرض إجراءات الدراسة ومعالجة البيانات لتشغيل النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية في تقييم ودرء مخاطر السيول لمسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م الناتجة عن جريان مياه السيول لحوض وادي باير التي يوضحها الشكل رقم (٤) بشيء من التفصيل من خلال ست خطوات أساسية وترتيبها كالتالي:

أ- **تحديد مصادر البيانات:** يحتاج النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) والنموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) المستخدمان في هذه الدراسة كغيره من النماذج التوزيعية إلى توفير العديد من مصادر البيانات جدول رقم (١) مثل: المتغيرات الطبوغرافية، والجيولوجية، والمورفولوجية والمناخية.



شكل (٤) : إجراءات الدراسة ومعالجة البيانات المتبعة في تقييم ودرء

مخاطر السيول لمسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل البحث اعتماداً على النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

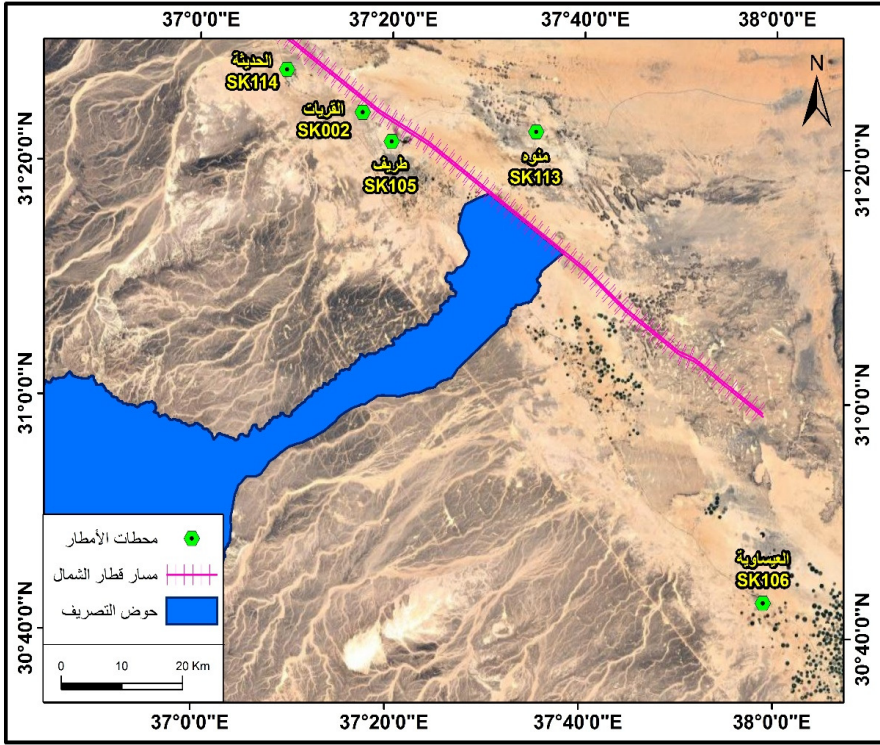
جدول (١) : بيانات الإدخال والدقة المكانية ومصادرها للطبقات المستخدمة في الدراسة.

الطبقات	البيانات المستخدمة للطبقات		الهيئات / المواقع المستخدمة للحصول على البيانات
	المصدر	المقياس/الدقة المكانية	
الأودية	نموذج الارتفاع الرقمي	١٢,٥ م	http://vertex-retired.daac.asf.alaska.edu
	الخرائط الطبوغرافية	١:٥٠,٠٠٠	الهيئة العامة للمساحة
الانحدارات	نموذج الارتفاع الرقمي	١٢,٥ م	http://vertex-retired.daac.asf.alaska.edu
استخدامات الأرض	المرئيات الفضائية Landsat 8	٣٠ متر	http://earthexplorer.usgs.gov
محطات الأمطار	القريات (SK002)		وزارة البيئة والمياه والزراعة
رتب الأودية	شبكة الأودية المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمي	١٢,٥ م	http://vertex-retired.daac.asf.alaska.edu
التكوينات الجيولوجية	الخرائط الجيولوجية	١:٢٥٠,٠٠٠	هيئة المساحة الجيولوجية السعودية وزارة الطاقة والثروة المعدنية - مديرية الجيولوجيا - المملكة الأردنية الهاشمية
التجمعات العمرانية	المرئيات الفضائية Landsat 8	٣٠ متر	http://earthexplorer.usgs.gov
	الدراسة الميدانية للباحث		زيارة منطقة الدراسة
العبارات والكباري والجسور ومسار السكة الحديدية	الرفع المساحي		بلدية محافظة القريات
	الدراسة الميدانية للباحث		زيارة منطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على مصادر البيانات في الجدول أعلاه.

ب- تحديد كميات الأمطار لفترات رجوع مختلفة: يُعد التحديد الدقيق لكميات الأمطار التي هطلت على الحوض المائي، من أهم العوامل التي تساعد على حسابات السيول المتجمعة من تلك الأمطار بشكل دقيق (Ashraf, et al., 2019, p. 15)، كما تُعد الأساس الصحيح للإحصائيات المائية واحتمالات تكرار السيول، ويغطي منطقة الدراسة عدد خمسة محطات، هي: القريات (SK002) - العيساوية (SK106) - منوه (SK113) - الحديثة (SK114) - طريف (SK105)، وقد تم استبعاد كل من محطتي منوه (SK113) وطريف (SK105) لقلّة البيانات بهما حيث تغطي محطة منوه قراءات ١٢ سنة، ومحطة طريف تغطي قراءات ١٥ سنة فقط، وقد تم استبعاد محطتي الحديثة والعيساوية لبعدهما عن منطقة الدراسة، وعليه تم الاعتماد على محطات القريات (SK002) لكونها أقرب محطات قياس الأمطار لمنطقة الدراسة (شكل ٥).

ويشير تحليل الجدول رقم (٢) إلى كميات الأمطار اليومية القصوى لمحطة مطر القريات (SK002)، ووجد أنها تغطي فترة من ١٩٧١ وحتى ٢٠١٩م التي تمثل حوالي ٢٣ سنة، ويشير الجدول رقم (٣) إلى التوزيع الإحصائي للأمطار عند الأزمنة التكرارية المختلفة من خلال تطبيق التوزيعات الاحتمالية المختلفة مثل Normal، وLog-Normal، وLog-Pearson Type III، وPearson Type III، وGumbel باستخدام برنامج التحليل الإحصائي Hyfran، بينما يشير الجدول رقم (٤) والشكل رقم (٦) إلى عمق الأمطار لمحطة القريات (SK002) المؤثرة في الحوض عند الأزمنة التكرارية المختلفة، واتضح أن توزيع Log-Normal هو التوزيع الأنسب لمحطة القريات (SK002).



شكل (٥) : مواقع محطات رصد مياه الأمطار المختلفة ومواقعها بالنسبة

لمنطقة الدراسة وأحواض التصريف المؤثرة.

المصدر: بيانات نظام نشرة السود والأمطار اليومية، وزارة البيئة والمياه والزراعة.

جدول (٢) : كميات الأمطار اليومية القصوى بمحطة أرصاد القريات (SK002) عام ٢٠٢٠م.

السنة	الأمطار اليومية القصوى (مم)	السنة	الأمطار اليومية القصوى (مم)	السنة	الأمطار اليومية القصوى (مم)
١٩٧١	١٠,٥	١٩٨٢	٩,٦	٢٠٠١	٤٢
١٩٧٢	٢١,٤	١٩٨٤	١٤,٥	٢٠٠٢	١٨
١٩٧٤	١٨	١٩٨٥	١١,٤	٢٠٠٩	١١
١٩٧٥	١٨,٥	١٩٨٦	٢٤,٤	٢٠١٦	٢٠
١٩٧٦	٧,٦	١٩٩٦	٨,٥	٢٠١٧	١١,٥
١٩٧٨	٩	١٩٩٧	١٠	٢٠١٨	٢٥
١٩٧٩	٤,٨	١٩٩٨	٢٠	٢٠١٩	١٩,٥
١٩٨٠	٤٢,٦	١٩٩٩	٩		
القيمة العظمى					٤٢,٦
القيمة المتوسطة					١٦,٨
القيمة الصغرى					٤,٨٠
الانحراف المعياري					٩,٨٥

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على بيانات نظام نشرة السدود والأمطار اليومية، وزارة البيئة والمياه والزراعة.

جدول (٣) : التوزيع الإحصائي للأمطار لموقع محطة أرصاد القريات (SK002)

عند الأزمنة التكرارية المختلفة عام ٢٠٢٠م.

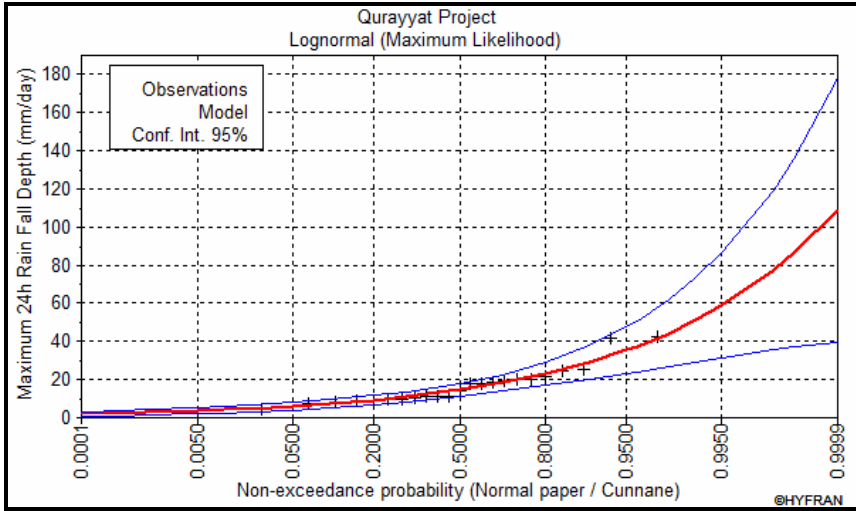
عمق المطر التصميمي للازمنة التكرارية المختلفة (مم)								التوزيع الإحصائي
١٠٠	٥٠	٢٥	٢٠	١٠	٥	٣	٢	
٣٩,٧	٣٧,٠	٣٤,١	٣٣,٠	٢٩,٤	٢٥,١	٢١,١	١٦,٨	Normal
٥٤,٣	٤٤,٣	٣٧,٦	٣٥,٥	٢٩,٢	٢٣,٠	١٨,٤	١٤,٦	Log- Normal
٥٥,٦	٤٦,٩	٣٩,٠	٣٦,٦	٢٩,٥	٢٢,٨	١٨,٢	١٤,٣	Log-Pearson Type III
٤٩,٦	٤٣,٨	٣٧,٩	٣٦,٠	٢٩,٩	٢٣,٦	١٨,٨	١٤,٤	Pearson Type III
٤٧,٧	٤٢,٣	٣٦,٩	٣٥,٢	٢٩,٧	٢٣,٩	١٩,٣	١٥,٢	Gumbel
٦٢,١	٥٣,٤	٤٤,٧	٤١,٩	٣٣,٢	٢٤,٥	١٨,١	١٣,٠	Exponential

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على التحليل الإحصائي عن طريق برنامج Hyfran.

جدول (٤) : عمق الأمطار لموقع محطة أرصاد القريات (SK002)
عند الأزمنة التكرارية المختلفة عام ٢٠٢٠م.

القيرات (SK002)	فترات تكرارية
١٤,٦	٢
١٨,٤	٣
٢٣,٠	٥
٢٩,٢	١٠
٣٥,٥	٢٠
٣٧,٦	٢٥
٤٤,٣	٥٠
٥٤,٣	١٠٠

المصدر: التحليل الإحصائي للبيانات بواسطة برنامج Hyfran، وطريقة lognormal.



شكل (٦) : منحني التوزيع الاحتمالي لبيانات محطة أرصاد القريات (SK002)
بطريقة Lognormal عام ٢٠٢٠م.

المصدر: التحليل الإحصائي للبيانات بواسطة برنامج Hyfran وطريقة Lognormal.

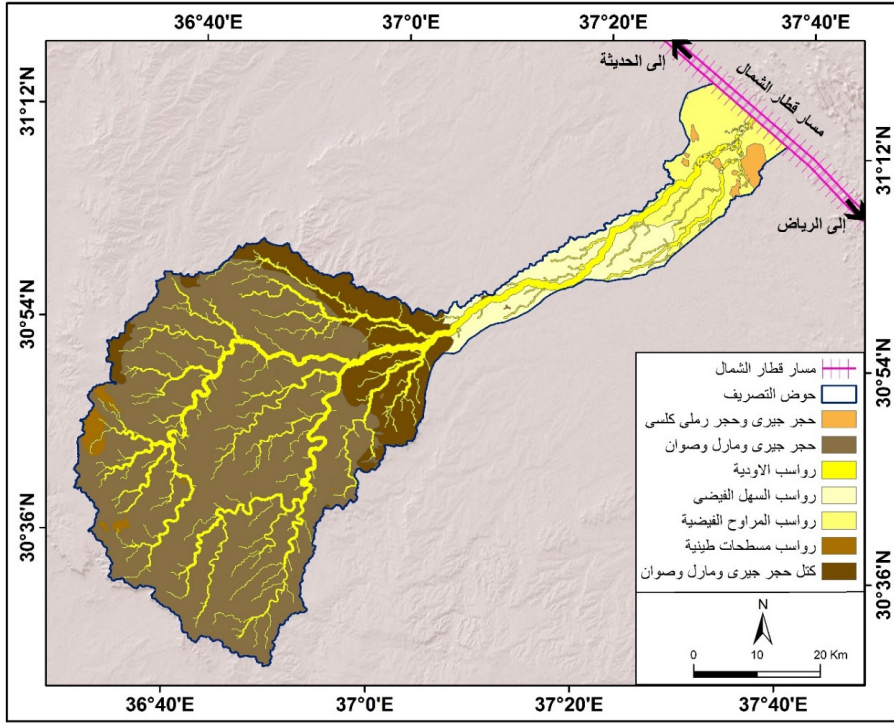
ج- استخراج زمن التركيز والتأخير: يتيح المشغل الرئيس WMS العديد من النماذج الهيدرولوجية، من أهمها نموذج HEC-1، TR-55، و HEC-HMS، وكل نموذج يوفر معادلات لحساب زمن التركيز والتأخير، وتجدر الإشارة إلى أن اختيار النموذج المناسب أمر مهم جداً في النمذجة الهيدرولوجية؛

حيث يرتبط بهذا الاختيار طرق حساب زمن التركيز والتأخير والفاقد والهيدروجرافات، فعلى سبيل المثال عند اختيار النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) سوف يوفر البرنامج طرق رئيسة شهيرة يمكن من خلالها حساب زمن التركيز والتأخير مثل طريقة كلارك ((Clark (UC)، وطريقة سنايدر ((Snyder (US)، وطريقة إدارة خدمات المحافظة على التربة ((SCS dimensionless (UD)، وطريقة المنحنى المائي الوحدي المعطى (المرصود) ((Given unit Hydrograph (UI)، وطريقة الأمواج الكينماتيكية ((Kinematic wave (UK)، وتوفر كل طريقة منها معادلات لحساب زمن التركيز والتأخير (أشرف، ٢٠٢٠م، ص ١٧٦)، وفي هذه الدراسة تم استخدام معادلة Kirpich لحساب زمن التركيز وهو الزمن اللازم لتجمع مياه الأمطار المتساقطة على سطح الحوض حتى النقطة المطلوب حساب التدفق عندها.

د- **المجموعة الهيدرولوجية للتربة:** يحدد نوع ونسيج التربة خصائص الرشح لمنطقة ما، كما يحدد أيضاً قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وبالتالي يؤثر في قابلية حدوث الفيضانات (Benjamin, 2002, p. 3)، ومن المعاملات الرئيسية لحساب رقم المنحنى (CN) تعريف المجموعة الهيدرولوجية للتربة، واستخدامات الأرض، حيث تعتمد قيمة رقم المنحنى بشكل أساسي على هذين المتغيرين، وتم الاعتماد على التحليل الجيولوجي لحوض وادي باير لتحديد المجموعة الهيدرولوجية للتربة، ولتحديد المجموعة الهيدرولوجية للتربة تم الاعتماد على خصائص الخرائط الجيولوجية لحوض وادي باير بمقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠٠ (شكل ٧)، تتألف منطقة حوض تصريف وادي باير من أربعة تكوينات رسوبية رئيسة، يشغل تكوين الحجر الجيري والمارل والصوان المساحة الأكبر بين التكوينات الرسوبية الأربعة بمساحة تقدر بحوالي ١٨٣٨,٦٤ كم^٢ بنسبة ٦٣,٣٩٪، ينقسم التكوين إلى فئتين؛ الفئة الأولى تكون في شكل مفتحات وتبلغ مساحتها حوالي ١٥٦٣,٣٥ كم^٢ بنسبة ٥٣,٩٪ من إجمالي مساحة الحوض، ويتركز بشكل أساسي عند منابع حوض التصريف وما بين الأودية حول شبكة الروافد العليا للوادي، والثانية في شكل كتل متماسكة وتبلغ مساحتها حوالي ٢٧٥,٣ كم^٢ بنسبة ٩,٤٩٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز بشكل أساسي ما بين الأودية في الجزء الأوسط من حوض التصريف، وتأتي الرواسب المتنوعة في المرتبة الثانية بمساحة تقدر بحوالي ١٠٣٠,٤٣ كم^٢ بنسبة ٣٥,٥٢٪ من إجمالي مساحة الحوض، وهذه الرواسب مقسمة إلى أربع فئات؛ الفئة الأولى رواسب الأودية وتبلغ مساحتها حوالي ٦١٩,١ كم^٢ بنسبة ٢١,٣٤٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز بشكل أساسي بشبكة الأودية.

والفئة الثانية رواسب المرواح الفيضية وتبلغ مساحتها حوالي ٢٤٥,٣٢ كم^٢ بنسبة ٨,٤٦٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز بشكل أساسي بالمروحة الفيضية التي تشكلت عند مصبات الحوض حول قريتي غطي وباير، والفئة الثالثة رواسب السهل الفيضي وتبلغ مساحتها حوالي ١٥٣,٦٣ كم^٢ بنسبة ٥,٣٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز بشكل أساسي على جانبي الوادي بمرحلة الشيوخة بالدورة التحاتية للوادي، والرابعة رواسب المسطحات الطينية وتبلغ مساحتها حوالي ١٢,٣٨ كم^٢ بنسبة ٠,٤٣٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز بشكل أساسي بالسبخات الجافة

عند المنابع العليا للوادي، وفي المرتبة الثالثة والأخيرة يأتي تكوين السرحان الذي يتكون من الحجر الجيري والحجر الرملي الكلسي بمساحة تقدر بحوالي ٣١,٦٣ كم^٢ بنسبة ١,٠٩٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز بشكل أساسي في مناطق متفرقة بالقرب من مصبات الوادي. وقد حددت طريقة (SCS) أربع مجموعات هيدرولوجية للتربة (USDA-SCS, 1985) وفقاً لمعدل سرعة انتقال الماء من خلالها جدول رقم (٥)، والمجموعات هي: (A-B-C-D) لكل منها صفاتها الخاصة بخصوص نشوء الجريان السطحي، ويتمثل حوض تصريف وادي باير في المجموعات الهيدرولوجية للتربة (A-B-C). حيث تمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (A) مساحة قدرها ١٠٣٠,٤٣ كم^٢ بنسبة ٣٥,٥٪، في حين تمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (B) مساحة قدرها ١٥٦٣,٣٥ كم^٢ بنسبة ٥٣,٩٪، وتمثل المجموعة الهيدرولوجية للتربة (C) مساحة قدرها ٣٠٦,٩٢ كم^٢ بنسبة ١٠,٦٪ (شكل ٨).



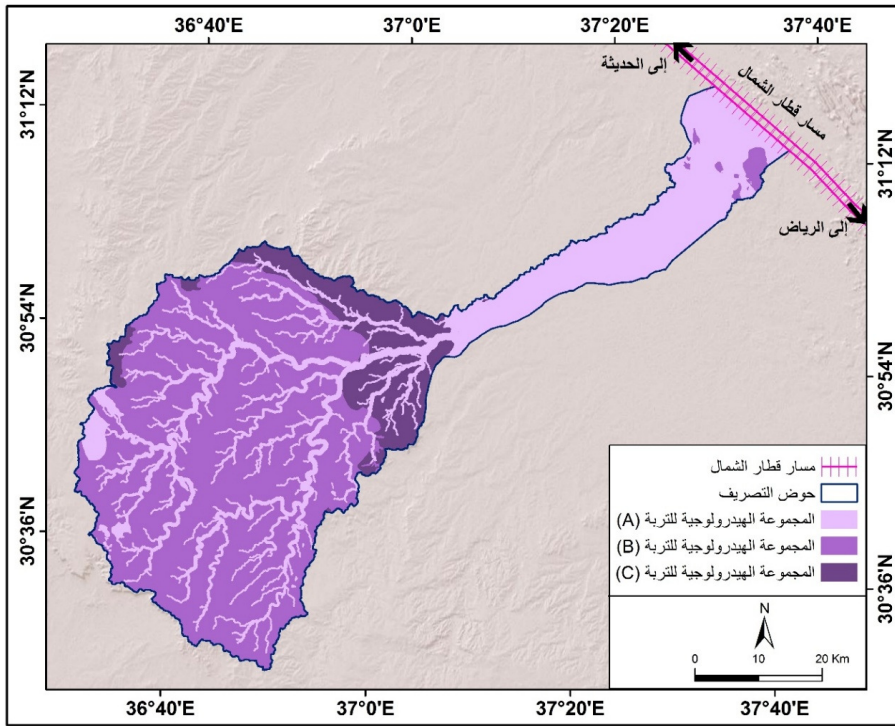
شكل (٧) : الخريطة الجيولوجية لحوض وادي باير عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على الخريطة الجيولوجية مقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠، ومصدرها هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، ووزارة الطاقة والثروة المعدنية - مديرية الجيولوجيا - المملكة الأردنية الهاشمية.

جدول (٥) : المجموعات الهيدرولوجية للتربة حسب طريقة (SCS).

المجموعة الهيدرولوجية للتربة	صفات التربة
A	طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة جدًا من الطين والغرين
B	طبقة رملية أقل عمق من صنف A مع معدل ارتشاح متوسط بعد ترطب التربة.
C	طبقة طينية محددة العمق مع معدل ارتشاح دون الوسط قبل وصول التربة إلى حالة التشبع.
D	طبقة طينية ذات نسبة انتفاخ عالية مع وجود طبقة ضحلة مع التربة الناعمة الغرينية في السطح.

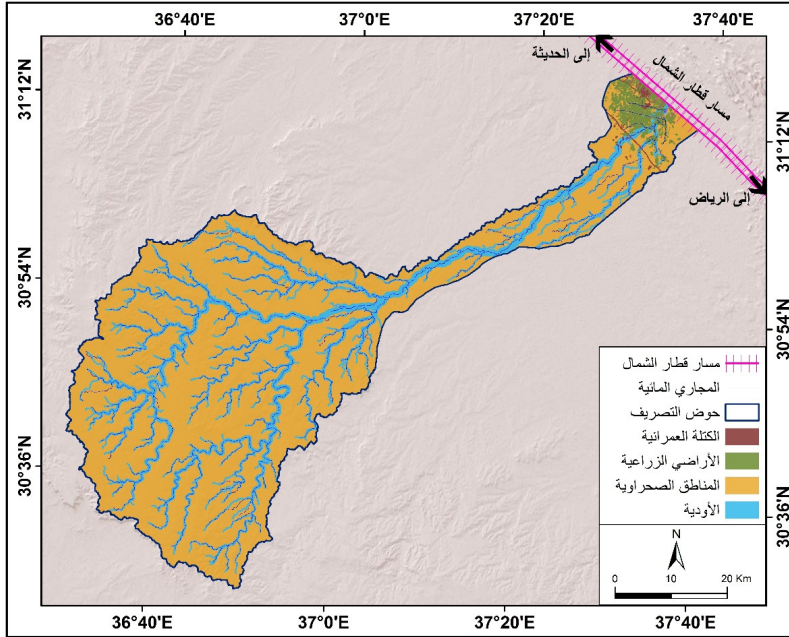
المصدر: USDA-SCS, 1985.



شكل (٨) : المجموعة الهيدرولوجية للتربة لحوض وادي باير عام ٢٠٢٠م.

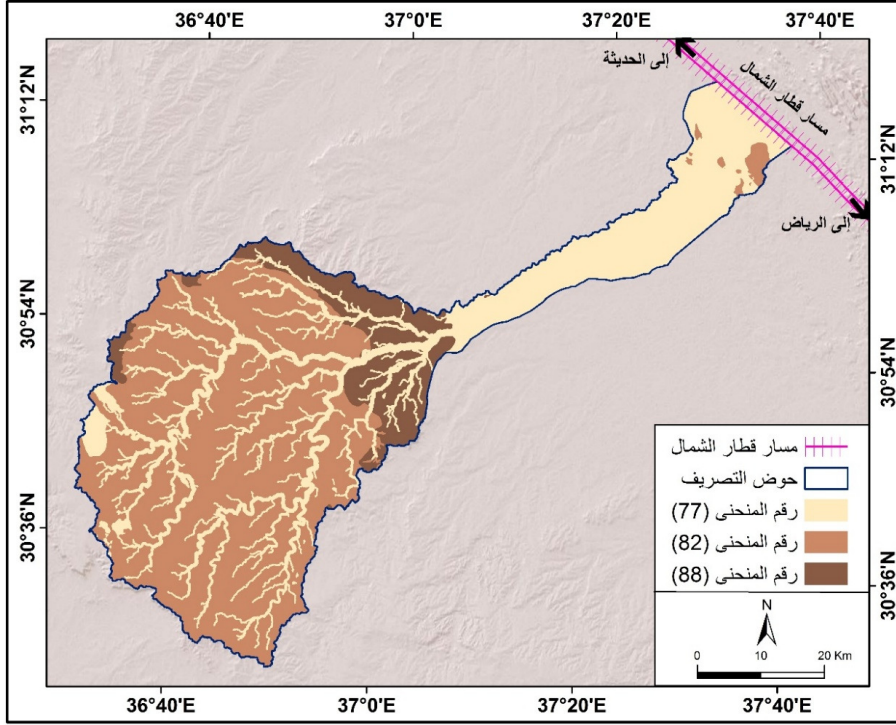
المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية مقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠، ومصدرها هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، ووزارة الطاقة والثروة المعدنية - مديرية الجيولوجيا - المملكة الأردنية الهاشمية.

هـ - **تحديد استخدامات الأرض:** يؤثر استخدام الأراضي/ والغطاء الأرضي في عمليات اعتراض هطول الأمطار، والرشح، وتسرب المياه الجوفية، وحوادث البخر والتبخ، ويحدد استخدامات الأرض بالاشتراك مع المجموعة الهيدرولوجية للتربة قيمة رقم المنحنى ((Curve Number (CN) وهي متطلبات أساسية لتشغيل النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS)، تم الحصول على استخدامات الأرض بتصنيف المرئيات الفضائية لاندسات Landsat8/OLI لعام ٢٠٢٠م بواسطة برنامج (Erdas Imagine)، ويتم عملية تعريف طبقة استخدامات الأرض ببرنامج النمذجة الهيدرولوجية (WMS)، وتتألف منطقة حوض تصريف وادي باير من أربعة أنماط رئيسية لاستخدامات الأرض، يمثل النمط الأول في المناطق العمرانية التي تبلغ مساحتها حوالي ٩,٦ كم^٢ بنسبة ٠,٣٩٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز المناطق العمرانية عند مصبات الوادي في قريتي غطي وباير جنوب شرق مدينة القريات، وتعد الأحواش والأراضي الزراعية التي تتركز حول قريتي غطي وباير خاصة ناحية الجنوب النمط الثاني من استخدامات الأرض بمساحة حوالي ٤٩,٩ كم^٢ بنسبة ١,٦٩٪، ويمثل النمط الثالث في شبكة الأودية الجافة بالحوض التي تبلغ مساحتها بحوالي ٤٧٦,٦٩ كم^٢ بنسبة ١٦,٤٣٪، أما النمط الرابع والأخير فيتمثل في المناطق الصحراوية التي تنتشر في جميع أرجاء الحوض بمساحة حوالي ٢٣٦٣,٣١ كم^٢ بنسبة ٨١,٤٧٪ (شكلي ٩، ١٠).



شكل (٩) : استخدامات الأرض لحوض وادي باير عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على تصنيف الصور الفضائية Landsat8/OLI لعام ٢٠٢٠م، باستخدام برنامج ERDAS Imagine.



شكل (١٠) : رقم المنحني (Curve Number) لحوض وادي باير عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS).

النتائج والمناقشة:

أ- تحليل الخصائص الجيومترية والمورفومترية لحوض وادي باير:

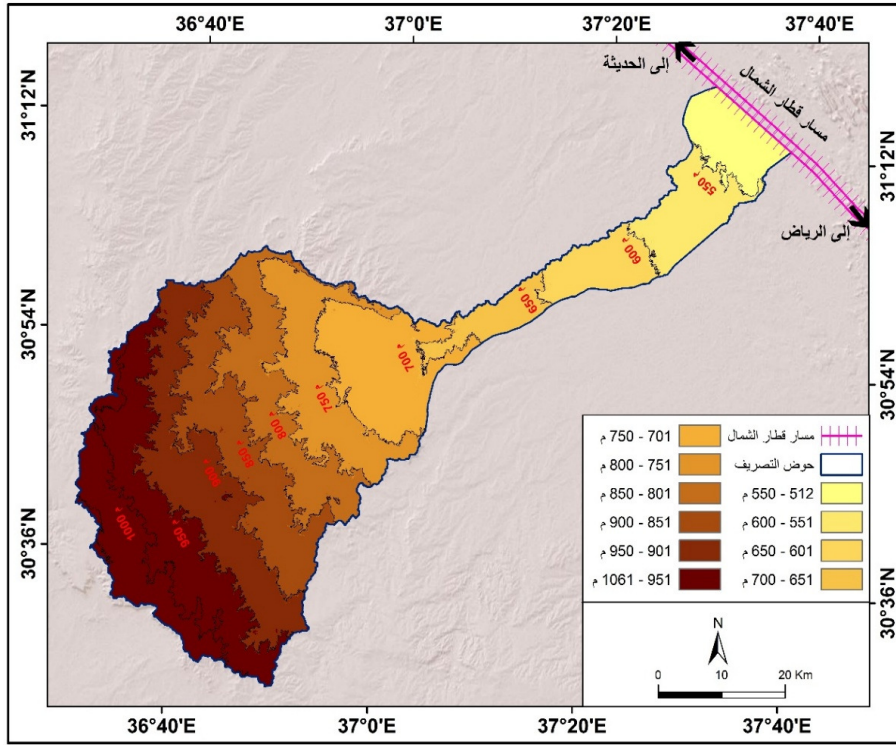
من تحليل بيانات الجدول (٦) والشكل رقم (١١) يتضح أن حوض وادي باير يمتد بطول يصل إلى ١٢٤,٣٣ كم، وتبلغ مساحة الحوض نحو ٢٩٠٠,٧ كم^٢، ودراسة نموذج الارتفاعات الرقمية لحوض وادي باير تبين أن مناسيب سطح الأرض بالمنطقة تتراوح بين ٥١٢ م فوق سطح البحر عند نهاية مصبات الحوض التي تتمثل بشكل رئيس عند قريتي غطي وباير، و ١٠٦١ م فوق سطح البحر عند بداية منابع الحوض جنوب شرق المملكة الأردنية الهاشمية، وتبلغ مساحة المناطق الأقل منسوباً بحوض وادي باير التي يتراوح منسوبها بين (٥١٢-٧٠٠م) فوق سطح البحر نحو ٥٤٠,٤ كم^٢ بنسبة ١٨,٦٣٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز هذه المناطق باللسان الضيق بالقرب من مصبات الوادي في نهاية الدورة التحاتية للوادي (مرحلة الشيخوخة)، وتبلغ مساحة المناطق متوسطة المنسوب والتي يتراوح منسوبها بين (٧٠١-٨٠٠م) فوق سطح البحر حوالي ٩٣٦,٣٥ كم^٢ بنسبة ٣٢,٢٨٪ من إجمالي مساحة الحوض،

جدول (٦) : الخصائص الجيومترية والمورفومترية لحوض تصريف وادي باير عام ٢٠٢٠م.

M	المعايير	المعادلة	المراجع	حوض وادي باير
١	المساحة (A) (كم ^٢) Basin Area (A)	برنامج (WMS)	Luna, et al. 1964, p 22	٢٩٠٠,٧
٢	الطول (L _b) (كم) Basins Length (L _b)	برنامج (WMS)	Stanley, 1956, p 605	١٢٤,٣٣
٣	الرتب (n) (مجرى) Stream order (n)	برنامج (ArcGIS)	Arthur, 1952, p 1120	٣٨١٣٩
٤	إجمالي التضاريس الحوض (H) Total basin relief (H)	H(m)=Z(m) - z(m)	Arthur, 1952, p 1120	٥٤٦
٥	قيمة الروعرة (R _n) Ruggedness Number (R _n)	R _n =(D*Rh)/1000	Arthur, 1952, p 1120	٢,٠٤
٦	تكرارية المجاري (F) Stream frequency (F)	F= ∑ Nu/A	Robert, 1945, p 285	١٣,١٥
٧	كثافة التصريف (D) Drainage density (D)	D = ∑ LU/A	Arthur, 1952, p 1120	٢,٧٢
٨	محل التشعب (Rb) Bifurcation ratio (Rb)	Rb = Nu/Nu+1	Robert, 1945, p 285	١,٥٩
٩	محل التفرع المرحج (WMRb) Weighted mean bifurcation ratio (WMRb)	WMRb=∑(Rb _i u _i /Nu+1)/∑N	Arthur, 1952, p 1120	٢,٠١
١٠	معامل الاستدارة (R _c) Circularity ratio (R _c) (نسبة)	R _c = 12.57A/P ²	Melton, 1957, p 395	٠,١٦
١١	معامل الاستطالة (R _e) Elongation ratio (R _e) (نسبة)	R _e = √(A/π)/L	Stanley, 1956, p 605	٠,٢٤
١٢	المحيط النسبي (P) Relative perimeter (P)	P=A/P	Stanley, 1956, p 605	٦,١
١٣	متوسط عرض الحوض (W _b) Mean basin width (W _b) (كم)	W _b =A/L	Robert, 1945, p 285	٢٣,٣
١٤	نسبة معامل التكل (F _f) Form factor ratio (F _f) (نسبة)	F _f = A/L ^٢	Robert, 1945, p 285	٠,١٩

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على استخلاص نتائج المتغيرات الجيومترية والمورفومترية من برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS)، وتطبيق المعادلات المذكورة في الجدول.

وتتركز هذه المناطق بوسط الحوض في وسط الدورة التحتانية للوادي (مرحلة النضج)، في حين تبلغ مساحة المناطق مرتفعة المنسوب التي يتراوح منسوبها بين (٨٠١-١٠٦١م) فوق سطح البحر حوالي ١٤٢٣,٩٥ كم^٢ بنسبة ٤٩,٠٩٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز هذه المناطق بالقرب من منابع الوادي في بداية الدورة التحتانية للوادي (مرحلة الشباب).



شكل (١١) : خطوط الكنتور لحوض وادي باير المؤثر على

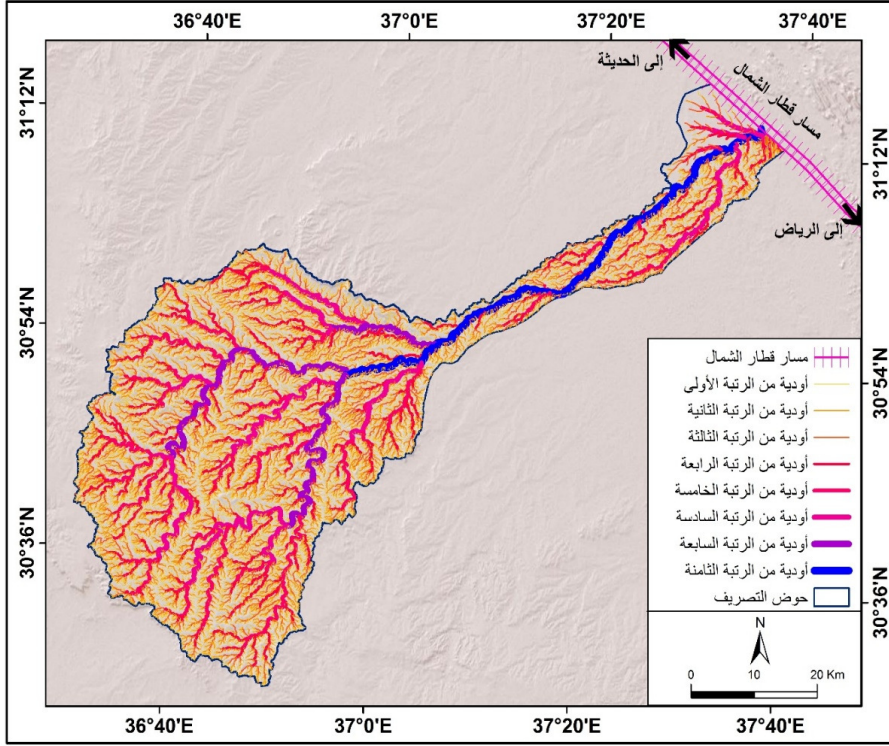
مسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ١٢,٥م من موقع (Vertex) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية (NASA).

أما عند دراسة خريطة انحدارات حوض وادي باير فإن السمة الغالبة هي الأراضي المستوية والمنحدرات الهينة التي لا تتجاوز درجة انحدارها عن خمس درجات بمساحة تبلغ حوالي ٢٦٨١,٧ كم^٢ بنسبة ٩٢,٤٥٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز هذه المناطق في

أغلب أرجاء الحوض، أما باقي المنحدرات فهي متوسطة وشديدة لا يتجاوز درجة انحدارها ٣٤,٦ درجة بمساحة تبلغ حوالي ٢١٩,٢٩ كم^٢ بنسبة ٧,٥٦٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتتركز هذه المناطق بشكل رئيس في جوانب الروافد العليا للوادي، ومن تحليل الجدول رقم (٦) يتضح أن إجمالي تضاريس الحوض لوادي باير بلغ نحو ٥٤٦ متر، وتوضح درجة الوعورة (Ruggedness Number) العلاقة بين تضرس الأرض داخل الحوض وأطوال شبكة المجاري المائية قياساً على محيط الحوض، وذلك على النحو التالي: كثافة التصريف \times الفرق بين ارتفاع أعلى وأدنى نقطة في الحوض (م) ويقصد بها تضاريس الحوض/١٠٠٠ (محمد، ١٩٩٧م، ص ٢٠٤)، أي أن قيمة الوعورة تزداد مع زيادة كثافة التصريف في الحوض من ناحية ومع زيادة تضرس الحوض من ناحية أخرى، وبالتالي زيادة عمليات النحت المائي وعمليات نقل الترسبات والعكس صحيح، وقد بلغت درجة الوعورة لحوض وادي باير ٢,٠٤ وهي قيمة منخفضة جداً، ويدل ذلك على أن حوض وادي باير منخفض التضرس في أجزاء واسعة منه، ويعد معدل التشعب أحد المقاييس المهمة التي تتحكم في معدل التصريف (Robert, 1945, p. 285)، وقد بلغ معدل التشعب لحوض وادي باير نحو ١,٥٦، بينما يكون معدل التفرع المرجح أكثر دقة، حيث أنها تأخذ في الاعتبار أعداد المجاري بكل رتبة في الحوض، ويعد هذا المعدل قريباً من الثبات أكثر من نسبة التشعب العام (Arthur, 1952, p. 1120)، وقد بلغ معدل التفرع المرجح في حوض وادي باير ٣,٠١.

بينما يدل معامل الاستطالة على مدى تشابه شكل الحوض مع المستطيل وذلك كلما اقتربت القيمة الناتجة من الصفر (Stanley, 1956, p. 605)، وقد بلغ معامل الاستطالة في حوض وادي باير نحو ٠,٢٤ وهو بذلك بعيد عن شكل المستطيل، وقد اعتمد الباحث في التحليل المورفومتري على طريقة ستريلر (Arthur, 1952, p. 1120)، وعلى الرغم من النقد الموجه إلى هذه الطريقة إلا أنها بسيطة وسهلة في معالجتها بالوسائل الرياضية وإمكانية تطبيقها، وتمثل هذه الطريقة تعديلاً بسيطاً لطريقة هورتن (Robert, 1945, p. 285)، ومن تحليل الشكل رقم (١٢) بلغت أعداد المجاري لحوض وادي باير بلغت نحو ٣٨١٣٩ مجراً، في حين بلغ مجموع أطوال المجاري نحو ١٠٩٠٤,٣ كم، وبلغ معامل تكرارية المجاري نحو ١٣,١٥ مجراً/كم^٢، في حين بلغت كثافة التصريف لحوض وادي باير نحو ٣,٧٦ كم^٢/كم^٢ واستناداً إلى ما ذكره ارثر فإن المنطقة تصنف ضمن الكثافة الخشنة التي أقل من (٥) حيث أن أقل من (٥) خشنة، ومن (١٣,٧-١٥٥,٣) ناعمة، وأكثر من ١٥٥,٣ أكثر نعومة.



شكل (١٢) : رتب الأودية لحوض وادي باير المؤثر

على مسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (WMS).

ب- تحليل خصائص مياه السيول لحوض وادي باير :

يعتمد برنامج (HEC-HMS) على مبدأ هيدروجراف الوحدة Unit-Hydrographs وهو من البرامج الـ lumped مما يعني أنه يتعامل مع كامل الحوض والأحواض الفرعية على أنها وحدة واحدة؛ لذا فالبرنامج يتميز بالسهولة ومحدودية البيانات المطلوبة وكذلك بسرعته الحسابات (أشرف، ٢٠٢٠م، ص ٢٨٨).

ويعتبر نظام النمذجة الهيدرولوجية ومركز الهندسة الهيدرولوجية (HEC-HMS) بمثابة نموذج موزع قائم على المادة، مصمم بهدف محاكاة عمليات الجريان السطحي لهطول الأمطار لنظم مستجمعات أحواض المياه (William and Mattew, 2010)، وقد وضع النموذج من قبل سلاح المهندسين العسكريين الأمريكيين، وقد تم تطبيقه على نطاق واسع على أحواض المياه الرطبة والمدارية وشبه الاستوائية والقاحلة بهدف محاكاة والتنبؤ بالتدفقات المائية.

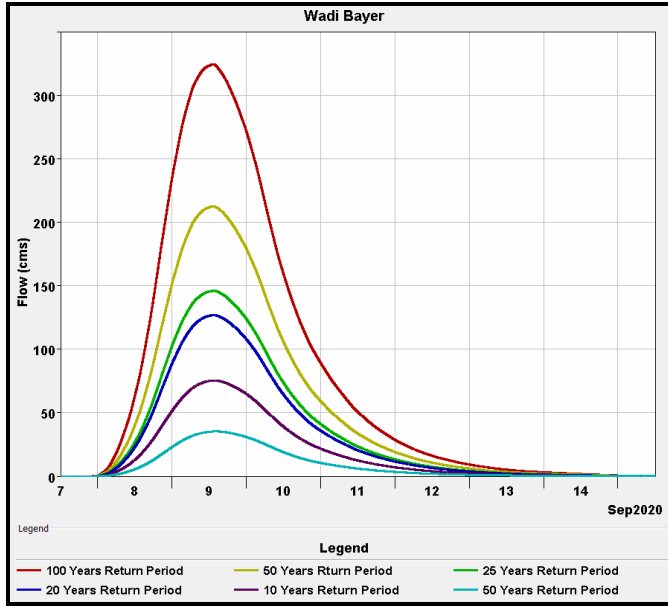
ويعتمد أي نموذج هيدرولوجي مثل (HEC-HMS) أو غيره على مجموعة من المدخلات المهمة لكي يتمكن من حساب هيدروجراف السيول وقد تم تحديد هذه المدخلات السابقة، وتمثلت في: المساحة والانحدار، وزمن التركيز والتأخير، وقيم رقم المنحنى، والأمطار، ومن ثم فإن هناك طريقتين لتشغيل برنامج الـ (HEC-HMS)، أما عن طريق البرنامج مباشرة مع تجهيز البيانات السابقة، أو تجهيز البيانات السابقة عن طريق برنامج الـ WMS ثم الانتقال إلى برنامج الـ (HEC-HMS).

وتم تطبيق النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) لقدرته على حساب منحنى الهيدروجراف بطرق متعددة طبقاً لأحواض التصريف السهلة والمعقدة، وذلك بالطرق الطبيعية أو الاصطناعية (Radmanesh, et al., 2006)، وتم استخدام عاصفة تصميمية بمدة زمنية ٢٤ ساعة، واستخدام توزيع SCS TYPE II، واستخدام طريقة SCS لحساب زمن التأخير والتركيز، وذلك للأزمنة التكرارية المختلفة ٥، ١٠، ٢٠، ٢٥، ٥٠، ١٠٠ عام، وقد تبين من تحليل هيدروجراف مياه السيول لحوض تصريف وادي باير أن حجم السيول يتراوح ما بين ٥٩٢٠٦٠٠-٥٤٢٤٦٤٠٠ م^٣ خلال فترات الرجوع (٥-١٠٠ سنة)، وقد بلغت قيمة التدفق الأقصى للسيول لحوض وادي باير ما بين ٣٢٤,٢-٣٥,٣ م^٣/ث خلال فترة الرجوع المختلفة (٥-١٠٠ سنة)، والجدول (٧) والأشكال (١٣، ١٤) يوضحان خصائص مياه السيول لحوض تصريف وادي باير باستخدام النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS).

جدول (٧) : خصائص مياه السيول لحوض وادي باير لفترات الرجوع المختلفة عام ٢٠٢٠م.

الفترة	٥	١٠	٢٠	٢٥	٥٠	١٠٠
المطر الكلي (مم)	٢٣,٠٠	٢٩,٢٠	٣٥,٥٠	٣٧,٦٠	٤٤,٣٠	٥٤,٣٠
الفوائد الكلية (مم)	٢٠,٩٦	٢٤,٨٤	٢٨,١٧	٢٩,١٧	٣٢,٠٤	٣٥,٦٠
المطر المتبقي (مم)	٢,٠٤	٤,٣٦	٧,٣٣	٨,٤٣	١٢,٢٦	١٨,٧٠
حجم السيول (١٠٠٠م ^٣)	٥٩٢٠,٦	١٢٦٤٤,١	٢١٢٥٤,٨	٢٤٤٥٣,٠	٣٥٥٦٧,٤	٥٤٢٤٦,٤
أقصى تدفق (م ^٣ /ث)	٣٥,٣	٧٥,٤	١٢٦,٩	١٤٦,٠	٢١٢,٥	٣٢٤,٢

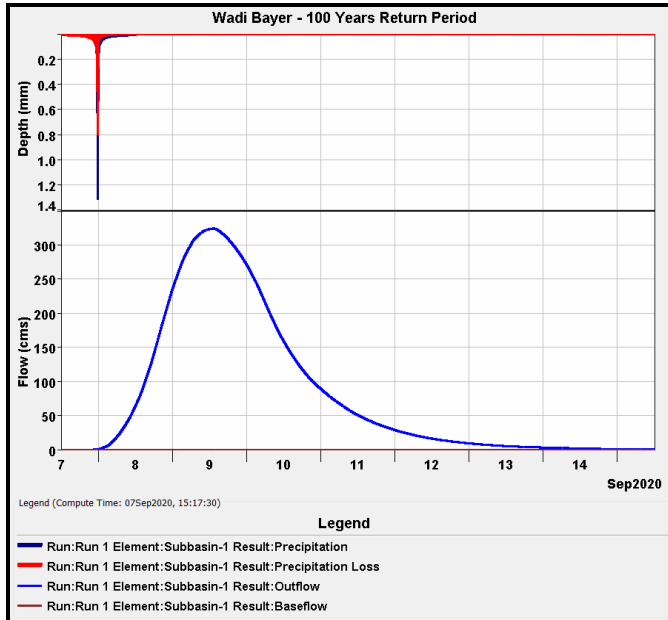
المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS).



شكل (١٣) : هيدروجراف مياه السيول لحوض وادي باير لفترات

الرجوع المختلفة (٥، ١٠، ٢٥، ٥٠، ١٠٠ سنة) عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS).



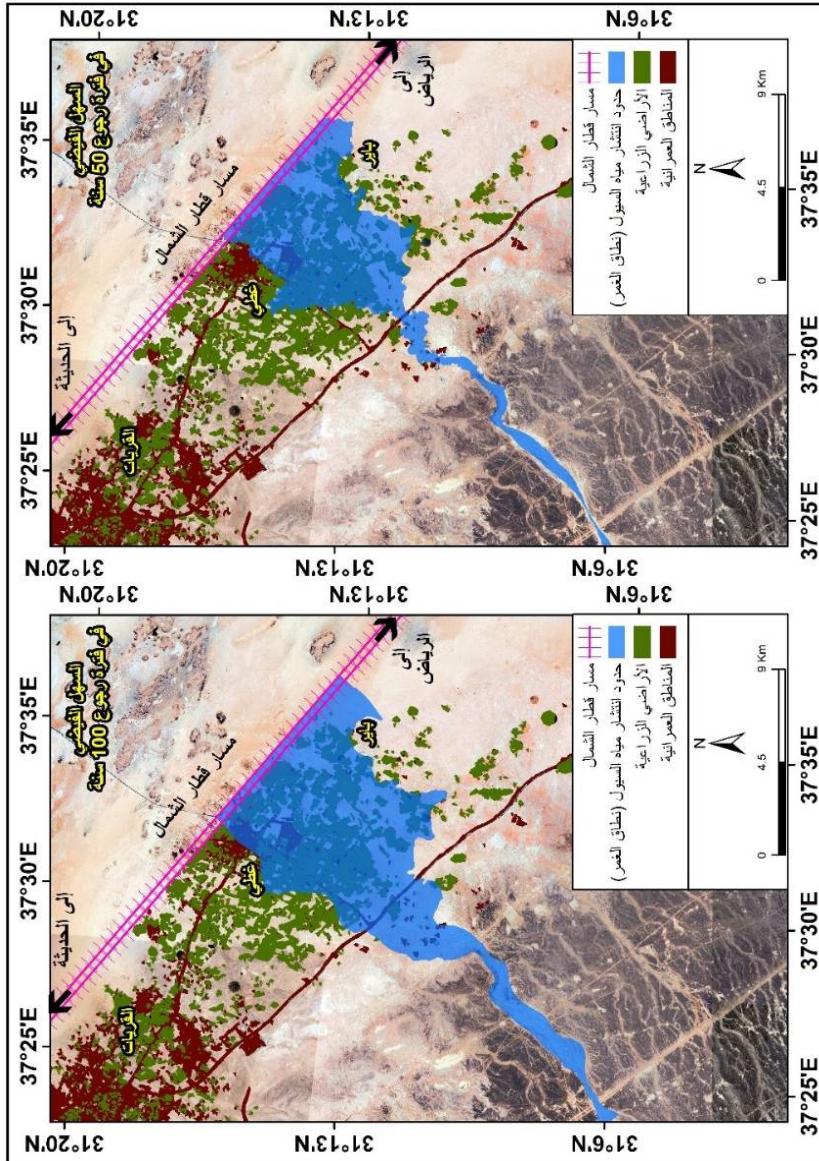
شكل (١٤) : هيدروجراف مياه السيول لحوض وادي باير لفترة الرجوع (١٠٠ سنة) عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS).

ج- النمذجة المكانية - الزمانية لمحاكاة سيول وادي باير:

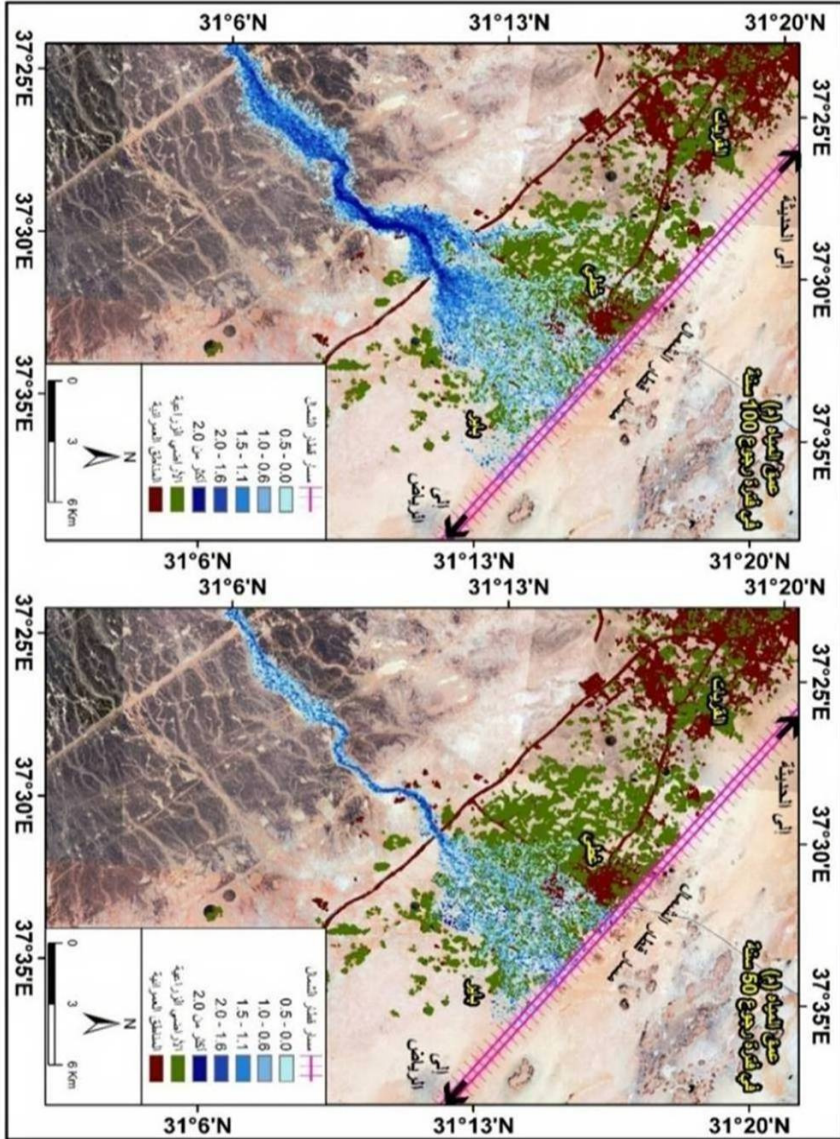
يعد تحديد المناطق المعرضة لمخاطر السيول وتطوير خرائط غمر الفيضانات بالمناطق الحضرية المستندة على الجيوماتكس والنمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية أمراً ومطلباً حاسماً في العملية التخطيطية والتنمية العمرانية المستدامة (Ashraf, et al., 2019, p. 17)، وتم إجراء النمذجة المكانية - الزمانية لمحاكاة سيول وادي باير باستخدام برنامج HEC-RAS، الإصدار 5.0.4 التابع لمركز المهندسين الهيدرولوجيين، حيث أن البرنامج قادر على بناء نماذج أحادية البعد 1D-dimensional models وثنائية البعد 2D-dimensional models لمحاكاة حركة السيول الثابتة مع الزمن steady state أو المتغيرة مع الزمن unsteady state، واعتمدت عملية بناء نمذجة السهل الفيضي لوادي باير وبناء مصفوفة المخاطر واستنتاج خرائط عمق مياه السيول وسرعتها وانتشارها المكاني على إدخال تدفق الذروة ٣٢٤,٢ م^٣/ث خلال أقصى عاصفة لـ ١٠٠ سنة، وإنشاء المقاطع العرضية للوادي اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي، حيث قدرت مساحة نطاق الغمر في فترة الرجوع ٥٠ سنة بنحو ٢٥,٤ كم^٢ وفي فترة رجوع ١٠٠ سنة بنحو ٣٤,٧ كم^٢، كما هو موضح في الشكل رقم (١٥).

أما فيما يخص الأعماق فيتضح من خلال الشكل رقم (١٦) أنه تركزت الأعماق المرتفعة (٢ متر فأكثر) غرب قريتي باير وغطي حيث شكلت الأعماق المرتفعة مساحة قدرها ١,٨ كم^٢ بنسبة ١٨,٨%، في حين تركزت الأعماق المتوسطة (١-٢ م) في وسط قريتي باير وغطي بمساحة ١,٤ كم^٢ بنسبة ١٤,٦%، أما بالنسبة للأعماق المنخفضة (٠-١ م) فتركزت في شرق قريتي باير وغطي بمساحة بلغت نحو ٦,٤ كم^٢ بنسبة ٦٦,٧%، أما فيما يخص خريطة السرعات شكل رقم (١٧) تركزت السرعات المرتفعة (أكثر من ٢ م/ث) في جزء الغربي من قريتي باير وغطي وغرب الطريق الإقليمي حيث شكلت مساحة السرعات المرتفعة نحو ١,٥ كم^٢ بنسبة ١٦,١%، في حين تركزت السرعات المتوسطة (١-٢ م/ث) في وسط قريتي باير وغطي بمساحة ٠,٦ كم^٢ بنسبة ٦,٥%، أما بالنسبة للسرعات المنخفضة (٠-١ م/ث) فتركزت في شرق قريتي باير وغطي بمساحة بلغت نحو ٧,٥ كم^٢ بنسبة ٧٧,٨%.

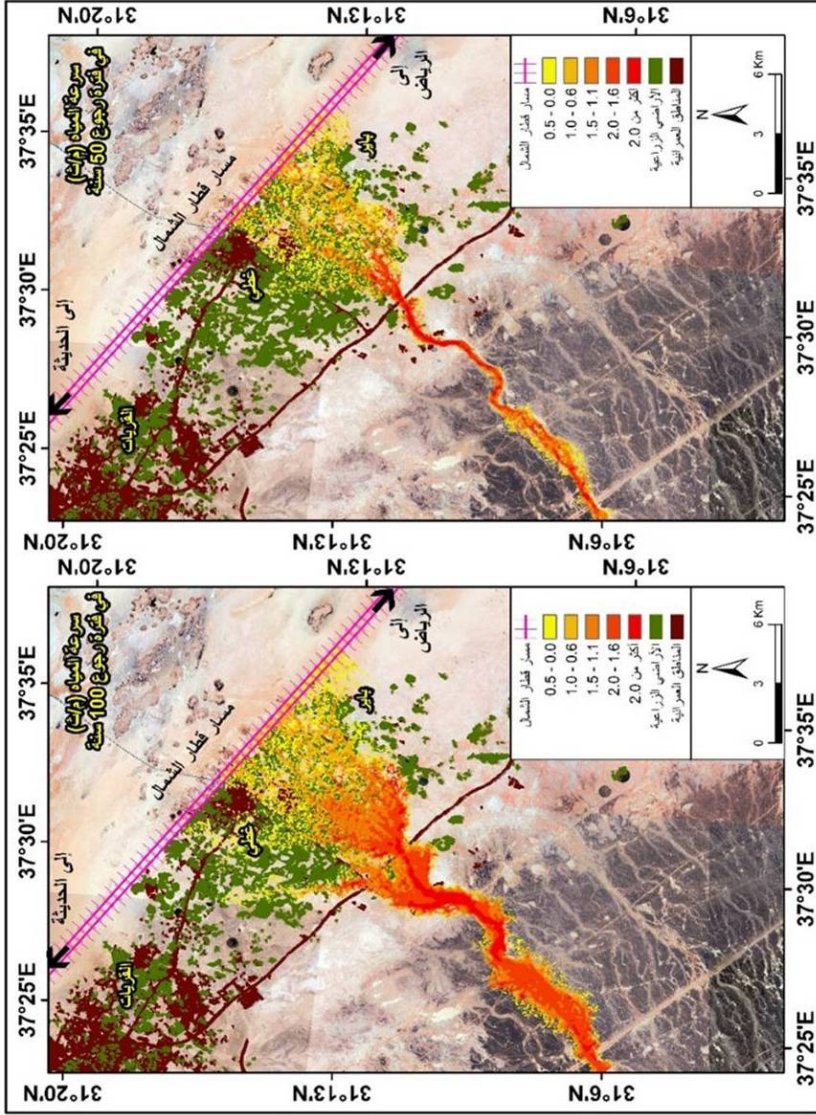


المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على النمجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

شكل (١٥) : النمجة المكانية - الزمانية لحدود انتشار مياه السيول (نطاق الغمر)

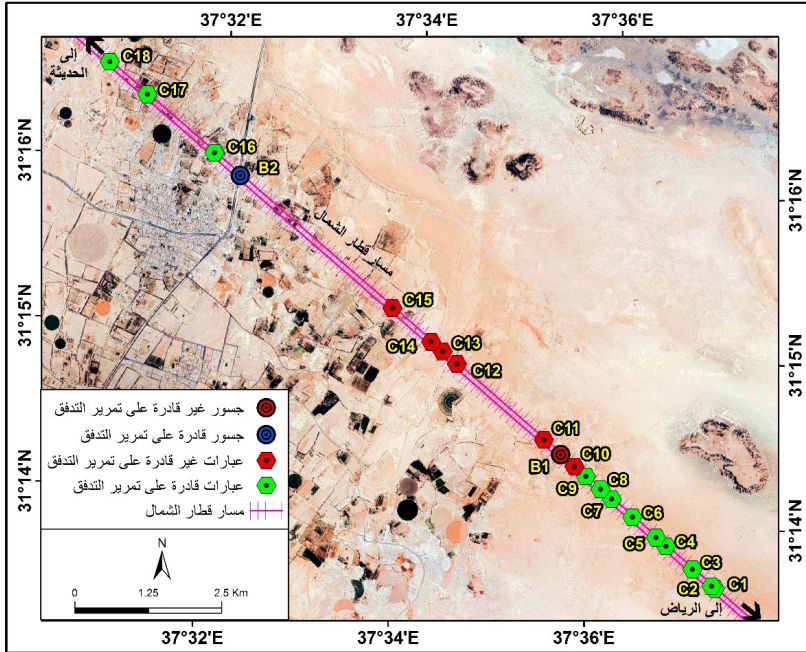


المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).
 شكل (١٦) : النمذجة المكانية - الزمانية لعمق مياه السيول لحوض تصريف وادي باير المؤثر في مسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.



د - تقييم المنشآت الهيدروليكية (العبارات والجسور القائمة) أسفل مسار قطار الشمال :

إن الهدف الرئيس من تقييم العبارات والجسور القائمة أسفل مسار قطار الشمال يتمثل في إظهار قدرتها الاستيعابية على تمرير تدفقات الزروة لحوض وادي باير، حيث أنه في حالة قدرة هذه العبارات والجسور على تمرير التدفق ونقله من الغرب إلى الشرق أسفل مسار القطار فإن ذلك يعد دوراً إيجابياً في النمذجة إلا لم تكن هذه العبارات والجسور قادرة على تمرير تدفقات الزروة فإن هذا يشكل تهديداً وخطراً بالغ الأهمية على مسار قطار الشمال نفسه، لذا تم استكشاف منطقة الدراسة وتقييمها، وتفقد العبارات القائمة أسفل مسار قطار الشمال لأخذها في الاعتبار عند إجراء الدراسات التفصيلية من خلال الاعتماد جمع بيانات العبارات والجسور (نوع العبارة - عدد الفتحات - ارتفاع الفتحة - طول الفتحة) من الدراسة الميدانية وتم التحليل باستخدام برنامج Culvert master، واتضح وجود عدد ١٨ عبارة قائمة تقع أسفل مسار قطار الشمال شكل رقم (١٨)، واتضح أن هناك ٥ عبارات وجسر غير قادرين على تمرير التدفق لحوض وادي باير ويشكل هذا خطر بالغ الأهمية ساعد على تقاوم مشكلة السيول بالمنطقة، والأشكال رقم (١٩، ٢٠) توضح جانب من الزيارة الميدانية لرصد آثار سيول وادي باير، والجداول رقم (٨، ٩، ١٠، ١١) توضح خصائص العبارات والجسور القائمة.



شكل (١٨) : تصنيف المنشآت الهيدروليكية (عبارات وجسور) القائمة أسفل مسار قطار الشمال

حسب القدرة على تمرير تدفق تصريف وادي باير عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على برنامج Culvert master.



شكل (١٩) : جانب من من مظاهر التدمير التي لحقت بمسار قطار الشمال أمام قريتي باير وغطي

بسبب مهاجمة سيول وادي باير في ١٠ نوفمبر ٢٠١٨م الموافق ٣ ربيع الأول ١٤٤٠هـ.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على الزيارة الميدانية في ١٥ نوفمبر ٢٠١٨م.



شكل (٢٠) : جانب من مواقع المزارع التي تعرضت لمخاطر سيول وادي باير

في ١٠ نوفمبر ٢٠١٨م الموافق ٣ ربيع الأول ١٤٤٠هـ.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على الزيارة الميدانية في ١٥ نوفمبر ٢٠١٨م.

جدول (٨) : خصائص العبارات القائمة أسفل مسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.

إحداثيات العبارة		الحرف العبارة	طول الفتحة (م)	ارتفاع الفتحة (م)	عرض الفتحة (م)	عدد الفتحات	نوع العبارة	العبارة
شمال	شرق							
٣٦٩١٩٦	٣٤٥٤٢٥١	٣٨	١٨	٢	٢	٢	صندوقية	C1
٣٦٩١٤٠	٣٤٥٤٢٩٠	٣٨	١٥,٥	٢	٢	٢	صندوقية	C2
٣٦٨٨٠٢	٣٤٥٤٥٥٤	٣٨	١٦,٥	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C3
٣٦٨٢٣٣	٣٤٥٤٩١٨	٣٧	١٤,٤	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C4
٣٦٨١٥٧	٣٤٥٥٠٥٤	٣٧	١٢,٤	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C5
٣٦٧٧٤٠	٣٤٥٥٣٧٦	٣٧	١٣,٤	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C6
٣٦٧٣٧٢	٣٤٥٥٦٦٠	٣٨	١٣,٤	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C7
٣٦٧١٧٥	٣٤٥٥٨١٤	٣٨	١٣,٤	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C8
٣٦٦٩١٣	٣٤٥٦٠١٦	٣٨	١٣,٤	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C9
٣٦٦٧١٤	٣٤٥٦١٧٠	٣٨	١٤,٨	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C10
٣٦٦١٧٢	٣٤٥٦٥٩٠	٣٨	١٤,٨	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C11
٣٦٤٦٣٠	٣٤٥٧٧٨٣	٣٨	١٦,٢	٢	٢	٣	صندوقية	C12
٣٦٤٣٧٦	٣٤٥٧٩٧٩	٣٨	١٥,٤	٢	٢	٣	صندوقية	C13
٣٦٤١٧٦	٣٤٥٨١٣١	٣٨	٢٢	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C14
٣٦٣٤٨٩	٣٤٥٨٦٦٢	٣٨	١٥,٨	٢	٢	٢	صندوقية	C15
٣٦٠٢٤٠	٣٤٦١١٠١	٣٨	١٥,٨	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C16
٣٥٩١٥٠	٣٤٦٢٠٢١	٣٨	١٢,٥	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C17
٣٥٨٤٨٥	٣٤٦٢٥٣٤	٣٨	١٤,٤	١,٥	١,٥	١	صندوقية	C18

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على الزيارة الميدانية للباحث وبرنامج Culvert master.

جدول (٩) : التحليل الهيدروليكي للعبارات القائمة أسفل مسار قطار الشمال عام ٢٠٢٠م.

العبارة	سرعة التدفق عند مدخل العبارة	ارتفاع المياه عند مدخل العبارة (م)	ارتفاع المياه عند مدخل العبارة/ارتفاع العبارة (م)	التدفق الأقصى (م ^٣ /ث)	منسوب مدخل العبارة (أ)	منسوب مخرج العبارة (أ)
C1	٣,٦٦	١,٨	١,٢	٩,٤	٥٢٤,٧٧٥	٥٢٤,٧٧٥
C2	٣,٤٢	١,٨	١,٢	١٠,٤	٥٢١,٣٤٦	٥٢١,٣٤٦
C3	٣,٦١	١,٦	١,٢	٤,٩	٥٢٣,٧٤٢	٥٢٣,٧٤٢
C4	٣,٢١	١,٨	١,٢	٥,١	٥٢١,٦٣٢	٥٢١,٦٣٢
C5	٣,٧١	١,٩	١,٢	٥,٤	٥٢٢,٦٥٤	٥٢٢,٦٥٤
C6	٣,٤٤	١,٩	١,٢	٥,٣	٥٢٤,٧٨٢	٥٢٤,٧٨٢
C7	٣,٥٣	١,٨	١,٢	٦,٣	٥٢٣,٨٥٦	٥٢٣,٨٥٦
C8	٣,٧١	١,٨	١,٢	٦,١	٥٢٤,٨٤١	٥٢٤,٨٤١
C9	٣,٦٢	١,٦	١,٢	٤,٦	٥٢١,٨٦٢	٥٢١,٨٦٢
C10	٦,٧	١,٧	١,٢	٥,٧	٥٢١,٥٧٤	٥٢١,٥٧٤
C11	٧,١	١,٨	١,٢	٦,١	٥٢١,٧٣٩	٥٢١,٧٣٩
C12	٦,٦	١,٩	١,٢	٣,٧,٥	٥٢٤,٧٢٥	٥٢٤,٧٢٥
C13	٧,٢	١,٨	١,٢	٣,٦,٤	٥٢٤,٦٨٧	٥٢٤,٦٨٧
C14	٧,٥	١,٨	١,٢	٤,٧	٥٢٥,٧٨٥	٥٢٥,٧٨٥
C15	٦,٩	١,٩	١,٢	٨,٤	٥٢٥,٧٨٠	٥٢٥,٧٨٠
C16	٣,٧	١,٨	١,٢	٥,٤	٥٢١,٥٢١	٥٢١,٥٢١
C17	٣,٢١	١,٧	١,٢	٦,٣	٥٢٢,٦١٢	٥٢٢,٦١٢
C18	٣,٤٢	١,٨	١,٢	٦,٧	٥١٨,٦٤٣	٥١٨,٦٤٣

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على برنامج Culvert master.

جدول (١٠) : خصائص الجسور القائمة على مسار قطار الشمال.

رقم الجسر	عدد الفتحات	عرض الفتحة (م)	العرض الكلي (م)
B1	٢	١٢	٣٤
B2	١	١٤	١٤

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على الزيارة الميدانية للباحث وبرنامج HEC-RAS.

جدول (١١) : التحليل الهيدروليكي للجسور القائمة على مسار قطار الشمال.

رقم الجسر	التدفق الأقصى (م ^٣ /ث)	الخلوص الحر (م)
B1	٣٢٤,٢	١
B2	٣٢٤,٢	١

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على برنامج HEC-RAS.

هـ - مخاطر سيول وادي باير على مسار قطار الشمال:

يعرف تقييم المخاطر بأنه تحديد احتمال حدوث خطر معين في وقت محدد في المستقبل وكذلك شدته ومساحة تأثيره (Ashraf, et al., 2019, p. 18)، وتعد طريقة مصفوفة المخاطر (Hazard Matrix) القائمة على النمذجة ثنائية الأبعاد 2D-dimensional models لبرنامج (HEC-RAS) واحدة من أهم وأشهر الطرق لتصنيف مخاطر السيول (FEMA, 2010; Diego and Maria, 2010, p. 96)، وقد تم تطبيق طريقة مصفوفة المخاطر لتقييم سيول وادي باير، ولتناول نتائج تقييم السيول باستخدام طريقة مصفوفة المخاطر (Hazard Matrix) يمكن توضيح ذلك على النحو التالي:

١. المناطق العمرانية المعرضة للغمر خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة):

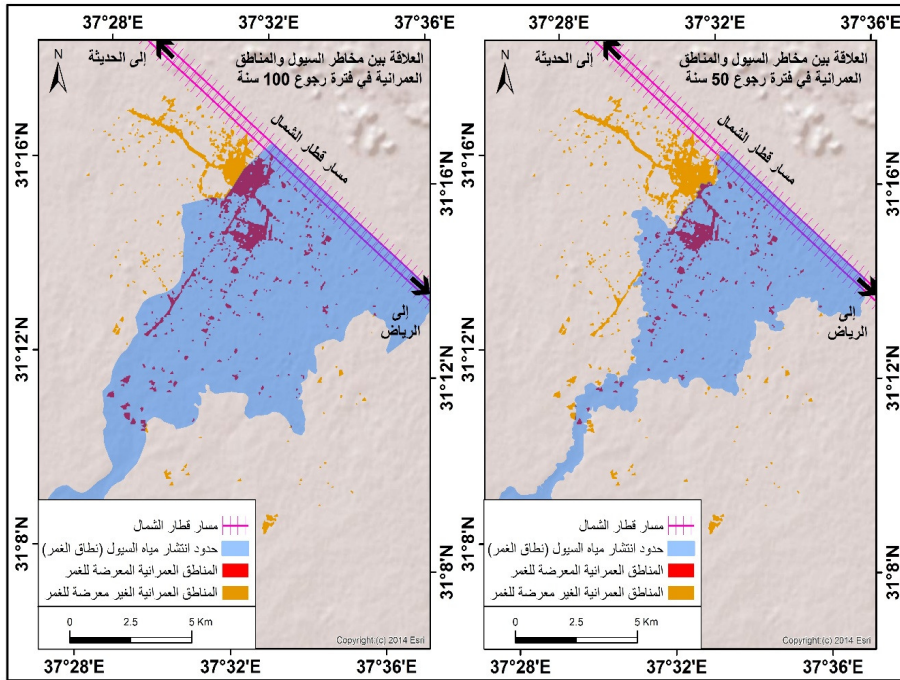
يزيد التوسع العمراني بوجه خاص من حجم وتكرار حدوث الفيضانات وقد يعرض المجتمعات المحلية لزيادة مخاطر الفيضانات، وقد وضعت مجموعة متنوعة من الأساليب للتخفيف من تأثيرات الفيضانات، مع استحداث أدوات مطورة بصورة متزايدة لتحديد المناطق الأكثر عرضة للأخطار (Isabelle et al., 2008, p. 211)، ومن خلال تحليل الجدول (١٢) والشكل (٢١) لتحديد المناطق العمرانية المعرضة للغمر نتيجة سيول وادي باير وذلك خلال فترات الرجوع ٥٠ و ١٠٠ سنة، حيث بلغت مساحة المناطق العمرانية المعرضة للغمر خلال فترة رجوع ٥٠ سنة نحو ٣,١ كم^٢ تمثل ٣٢,٧%، أما المناطق العمرانية غير

المعرضة للغمر فقد بلغت نحو ٦,٥ كم^٢ بنسبة ٦٧,٣%، وتتركز المناطق العمرانية المعرضة لمخاطر مرتفعة ومرتفعة جداً بالقرب من مسار قطار الشمال وتشكل مساحة نحو ٠,٩ كم^٢ بنسبة ٩,٤% من مساحة المناطق العمرانية.

جدول (١٢) : المناطق العمرانية المعرضة للغمر خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة).

المناطق العمرانية			
%	١٠٠ سنة	%	٥٠ سنة
٥٨,٧	٥,٦	٣٢,٧	٣,١
المناطق العمرانية المعرضة للغمر (كم ^٢)			
٤١,٣	٤,٠	٦٧,٣	٦,٥
المناطق العمرانية الغير معرضة للغمر (كم ^٢)			

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS)، وبرنامج (ArcGIS).



شكل (٢١) : المناطق العمرانية المعرضة للغمر خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة)

استناداً إلى النمذجة المكانية - الزمانية لبرنامج (HEC-RAS) عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

وتتركز المناطق المعرضة لمخاطر متوسطة إلى الغرب من مسار قطار الشمال حيث بلغت مساحتها نحو ٠,٤ كم^٢ تمثل ٤,٢%، بينما شكلت المناطق العمرانية المعرضة لمخاطر منخفضة ومنخفضة جداً نحو ٨,٣ كم^٢ بنسبة ٨٦,٥% وتتركز في غرب وشمال غرب وادي باير . وعند الانتقال لفترة الرجوع ١٠٠ سنة نجد أنه قد بلغت مساحة المناطق العمرانية المعرضة للغمر نحو ٥,٦ كم^٢ بنسبة ٥٨,٧%، في حين بلغت مساحة المناطق العمرانية غير المعرضة للغمر نحو ٤,٠ كم^٢ بنسبة ٤١,٣%، وتتركز المناطق المعرضة للمخاطر المرتفعة والمرتفعة جداً بالقرب من مسار قطار الشمال، وبلغت مساحتها نحو ١,٦ كم^٢ تمثل نحو ١٦,٧%، في حين بلغت مساحة المناطق العمرانية المعرضة لمخاطر متوسطة نحو ٠,٦ كم^٢ بنسبة ٦,٣% وتتركز في غرب مسار قطار الشمال، بينما شكلت المناطق العمرانية المعرضة لمخاطر منخفضة ومنخفضة جداً نحو ٧,٤ كم^٢ بنسبة ٧٧,١% وتتركز في غرب وشمال غرب وادي باير، وتعد معظم الامتدادات العمرانية لقريتي باير وغطي والمعرضة لمخاطر السيول امتدادات عمرانية حديثة على الأراضي الزراعية.

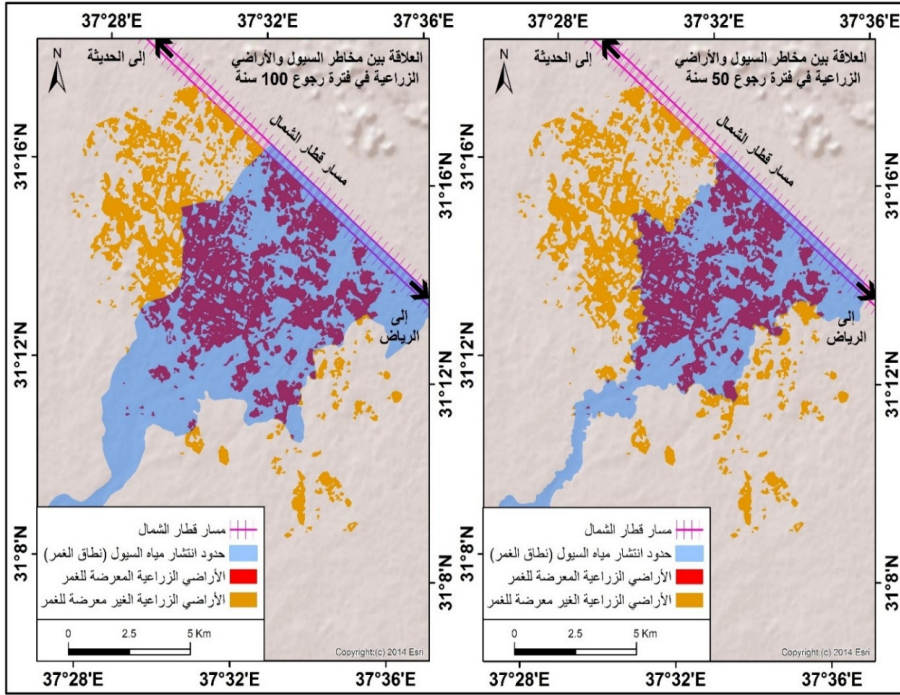
٢. الأراضي الزراعية المعرضة للغمر خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة):

جدول (١٣) : العلاقة بين مخاطر السيول والأراضي الزراعية خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة).

الأراضي الزراعية	٥٠ سنة	%	١٠٠ سنة	%
الأراضي الزراعية المعرضة للغمر (كم ^٢)	٢٢,٣	٤٤,٦	٢٩,١	٥٨,٤
الأراضي الزراعية الغير معرضة للغمر (كم ^٢)	٢٧,٦	٥٥,٤	٢٠,٨	٤١,٦

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS)، وبرنامج (ArcGIS).

من خلال تحليل الجدول (١٣) والشكل (٢٢) لتحديد العلاقة بين مخاطر السيول والأراضي الزراعية وذلك خلال فترات الرجوع ٥٠ و ١٠٠ سنة، حيث بلغت مساحة الأراضي الزراعية المعرضة للغمر خلال فترة رجوع ٥٠ سنة نحو ٢٢,٣ كم^٢ تمثل نحو ٤٤,٦%، بينما الأراضي الزراعية غير المعرضة للغمر فقد بلغت نحو ٢٧,٦ كم^٢ بنسبة ٥٥,٤%، وتتركز الأراضي الزراعية المعرضة لمخاطر مرتفعة ومرتفعة جداً بالقرب من مسار قطار الشمال وتشكل مساحتها نحو ٧,٢ كم^٢ بنسبة ١٤,٤% من مساحة الأراضي الزراعية، وتتركز المناطق المعرضة لمخاطر متوسطة في الغرب من مسار قطار الشمال حيث بلغت مساحتها نحو ٣,٤ كم^٢ تمثل ٦,٨%، بينما شكلت الأراضي الزراعية المعرضة لمخاطر منخفضة ومنخفضة جداً نحو ٣٩,٣ كم^٢ بنسبة ٧٨,٧% وتتركز في غرب وشمال غرب وجنوب شرق وادي باير .



شكل (٢٢) : الأراضي الزراعية المعرضة للغمر خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة)

استناداً إلى النمذجة المكانية - الزمانية لبرنامج (HEC-RAS) عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

وعند الانتقال لفترة الرجوع ١٠٠ سنة نجد أنه بلغت مساحة الأراضي الزراعية المعرضة للغمر نحو ٢٩,١ كم^٢ بنسبة ٥٨,٧%، في حين بلغت مساحة الأراضي الزراعية غير المعرضة للغمر نحو ٢٠,٨ كم^٢ بنسبة ٤١,٦%، وتتركز الأراضي الزراعية المعرضة لمخاطر مرتفعة ومرتفعة جداً بالقرب من مسار قطار الشمال، وبلغت مساحتها نحو ٨,٢ كم^٢ تمثل نحو ١٦,٤%، في حين بلغت مساحة الأراضي الزراعية المعرضة لمخاطر متوسطة نحو ١٠,٣ كم^٢ بنسبة ٢٠,٦% وتتركز في غرب مسار قطار الشمال، بينما شكلت الأراضي الزراعية المعرضة لمخاطر منخفضة ومنخفضة جداً نحو ٣١,٤ كم^٢ بنسبة ٦٢,٩% وتتركز في غرب وشمال غرب وادي باير.

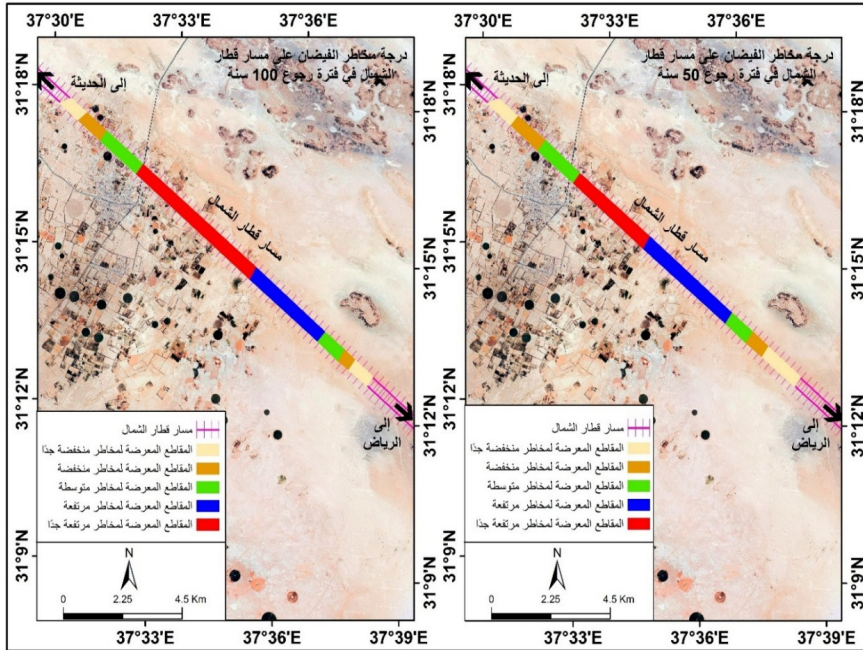
٣. درجة مخاطر الفيضان على مسار قطار الشمال خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة):

من خلال تحليل الشكل (٢٣) لتحديد درجة مخاطر الفيضان على مسار قطار الشمال أمام حوض وادي باير، تبين أن هناك خمس فئات لتحديد درجة مخاطر الفيضان، هي: مرتفعة جداً،

ومرتفعة، ومتوسطة، ومنخفضة، ومنخفضة جدًا، وذلك خلال فترات الرجوع ٥٠ و ١٠٠ سنة، حيث بلغ طول مسار قطار الشمال المعرض لمخاطر مرتفعة جدًا خلال فترة رجوع ٥٠ سنة نحو ٣,٦ كم بنسبة ٢٣,٥% من إجمالي طول مسار قطار الشمال أمام وادي باير.

في حين بلغ طول المسار المعرض لمخاطر مرتفعة نحو ٤,١ كم تشكل ٢٦,٧%، في حين بلغ طول المسار المعرض لمخاطر متوسطة نحو ٢,٨ كم تشكل نحو ١٨,١%، بينما بلغ طول المسار المعرض لمخاطر منخفضة نحو ٢,٢ كم بنسبة ١٤%، وبلغ طول المسار المعرض لمخاطر منخفضة جدًا نحو ٢,٧ كم تمثل ١٧,٦%، وعند الانتقال لفترة الرجوع ١٠٠ سنة نجد أن المسار المعرض لمخاطر مرتفعة جدًا بلغ طوله نحو ٥,٧ كم تمثل نحو ٣٦,٨%.

في حين بلغ طول المسار المعرض لمخاطر مرتفعة نحو ٣,٥ كم تشكل ٢٢,٨%، أما المسار المعرض لمخاطر متوسطة فقد بلغ طوله نحو ٢,٨ كم تشكل نحو ١٨,٢%، وبلغ طول المسار المعرض لمخاطر منخفضة ١,٥ كم بنسبة ١٠,١%، بينما بلغ طول المسار المعرض لمخاطر منخفضة جدًا نحو ١,٨ كم تمثل ١١,٧%.



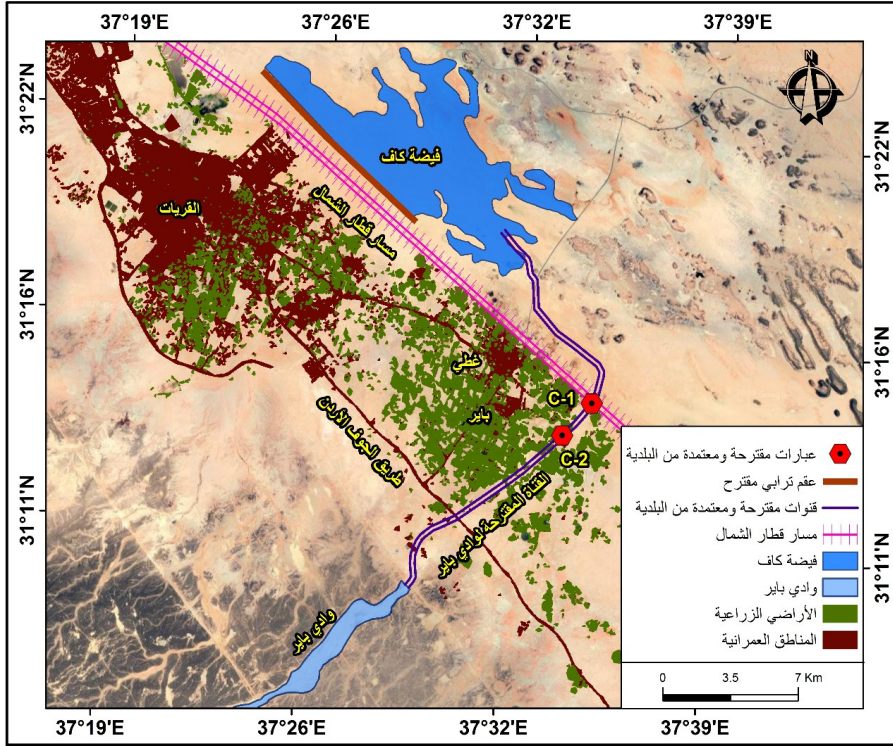
شكل (٢٣) : درجات مخاطر الفيضان على مسار قطار الشمال

خلال فترات الرجوع (٥٠ و ١٠٠ سنة) عام ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

٤. الآلية المقترحة لدرء مخاطر السيول عن منطقة الدراسة:

يعد رسم خرائط الفيضانات عنصرًا استراتيجيًا رئيسًا لتخفيف أثر الفيضان في السنوات الأخيرة، وتهدف عملية رسم خرائط مخاطر الفيضانات إلى تزويد السكان بمعلومات عن الأضرار والوقاية المحتملة من الكوارث (Ashraf, et al., 2020, p. 28)، وقد كشفت نتائج الدراسة أن مسار قطار الشمال والمنطقة المحيطة به يتعرض لمخاطر سيول وادي باير المباشرة التي بلغ تدفق ذروتها ٣٢٤,٢ م^٣/ث في تدفق ١٠٠ سنة، ويعرض الشكل رقم (٢٤) الآلية المقترحة من قبل الباحث لدرء مخاطر السيول.



شكل (٢٤) : الآلية المقترحة لدرء مخاطر السيول عن منطقة الدراسة ٢٠٢٠م.

المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على النمذجة الهيدروليكية (HEC-RAS).

كما أن المناطق العمرانية التي تغمر بمياه سيول وادي باير بلغت ٥,٦ كم^٢ خلال فترة رجوع ١٠٠ سنة، وتتعرض نحو ٢٩,١ كم^٢ من الأراضي الزراعية للغمر خلال فترة رجوع ١٠٠ سنة، ويتعرض نحو ٥,٧ كم مسار قطار الشمال لمخاطر مرتفعة جدًا خلال فترة الرجوع ١٠٠ سنة، هذا

إلى جانب عدم قدرة معظم المنشآت الهيدروليكية القائمة أسفل مسار قطار الشمال والمتمثلة في العبارات والجسور بالإضافة إلى قلة المنشآت الهيدروليكية أسفل مسار قطار الشمال، الأمر الذي يجعل المنطقة الموجودة أمام وادي باير تتعرض للغمر؛ مما يحتم التدخل الهندسي من أجل درء مخاطر السيول عن التجمعات العمراني والأراضي الزراعية، بالإضافة إلى حماية مسار قطار الشمال، وتتمثل هذه الآلية في:

- **إنشاء وتنفيذ قناة وادي باير:** تعمل هذه القناة على نقل تدفق وادي باير من الغرب قبل دخوله إلى الأراضي وإلى الكتلة العمرانية لقرتي غطي وباير ونقله إلى الشرق إلى فيضة كاف بوصفها بحيرة التخزين المقترحة في الدراسة، والقناة المقترحة طولها ٢٤٥٧٩,٠٣ م وقد بلغ عرض القاع لهذه القناة ٢٣٠ م وعرض القمة ٢٤٠ م، وارتفاع القناة ٣ م، وتستوعب القناة تدفق وادي باير والبالغ ٢٢٤,٢ م^٣/ث.
- **إنشاء وتنفيذ عبارات مقترحة:** اقترحت أيضًا الدراسة تنفيذ عبارتين؛ تقع أولهما عند تقاطع قناة وادي باير مع مسار قطار الشمال بقرية باير بعدد فتحات ٢٥ فتحة بعرض ٣,٥ م وارتفاع ٢ م للفتحة الواحدة، وتقع ثانيهما على الطريق الزراعي بقرية باير وعدد فتحاتها ٢٥ فتحة بعرض ٣,٥ م وارتفاع ٢ م للفتحة الواحدة.
- **إنشاء وتنفيذ فيضة كاف:** تمثل فيضة كاف المصب الرئيس لجميع الوديان المحيطة بالمحافظة لحماية مدينة القريات، ومساحة فيضة كاف ٥٧٣٩٩٢٦٦ م^٢ بعمق ٣ م بسعة تخزينية قدرها حوالي ١٧٢١٩٧٧٩٩ م^٣، وتم اقتراح عقم ترابي مع فيضة كاف لزيادة الحماية بطول يصل إلى ١٠٨٨٧,٨٣ م بارتفاع يصل إلى ٤,٥ متر، ونوصي بتنفيذ هذا العقم حتى يمنع ارتداد المياه ووصولها إلى مسار السكة الحديدية.

التوصيات:

- يتطلب إدارة البيئة الحضرية للمدينة السعودية من خلال نموذج مدينة القريات وقراها (غطي وباير) فيما يخص مواجهة مخاطر السيول تطبيق تكنولوجيات متقدمة قادرة على تحديد وتحليل المتغيرات السريعة المؤثرة في النمو العمراني وتغير استخدامات الأرض، مما يسهم في فهم طبيعة السيول في هذه البيئات التي شهدت تغيرات ديناميكية تعجز معها الخرائط القديمة والأساليب التقليدية في عمل دراسات تطبيقية ذات جدوى فعلية في مجابهة ديناميكيات السيول والنمو الحضري، ومن هنا تأتي أهمية هذه الدراسة في تطبيقها النموذج ثنائي الأبعاد لعمق وسرعة وانتشار الفيضان القائم على النمذجة الهيدروليكية لبرنامج (HEC-RAS) عند تطوير المناطق العمرانية، حيث أنها تقدم نمذجة مكانية - زمنية ثنائية الأبعاد لجريان انتشار المياه

بالفيضان وأعماقها وسرعتها، وهذه الخصائص لا تتوفر في النموذج أحادي الأبعاد لجريان مياه الفيضان.

- مازالت أزمة توقف قطار الشمال وعدم وصوله إلى مدينة القريات تلقي بظلالها حتى اليوم، حيث توقفت جميع الرحلات التي كانت تتجه من الرياض إلى القريات بسبب تدمير سيول وادي باير لمسار قطار الشمال في الجزء المواجهة لقريتي غطي وباير في ١٠ نوفمبر ٢٠١٨م الموافق ٣ ربيع الأول ١٤٤٠هـ لذا تعطي الآلية المقترحة المقدمة بناءً على هذه الدراسة أولوية لتنفيذ خطة الوقاية من أخطار الفيضانات وحماية البنية التحتية عن طريق المحافظة على منشآت تصريف مياه السيول القائمة والمتمثلة في الكباري القائمة مع صيانتها بصورة مستمرة مع ضرورة التدخل الهندسي، من خلال تنفيذ قناة خرسانية لاحتواء وضبط مياه السيول القادمة من وادي باير، ومنع دخولها إلى داخل الكتلة العمرانية لقريتي باير وغطي باستخدام كمية التدفق القصوى لفترة تكرارية قدرها ١٠٠ عام والمقدرة بحوالي ٣٢٤,٢ م^٣/ث، وتبدأ القناة من الشرق وتنتهي في الغرب، حيث عرض القاع للقناة المقترحة ٢٣٠ متر، وعمق القناة ٣ م، وطول القناة يبلغ ٢٤٥٧٩,٠٣ م.
- إنشاء عبارتين، تقع أولهما عند تقاطع قناة وادي باير مع مسار القطار بقرية باير بعدد فتحات ٢٥ فتحة بعرض ٣,٥م وارتفاع ٢م للفتحة الواحدة، وتقع ثانيهما على الطريق الزراعي بقرية باير وعدد فتحاتها ٢٥ فتحة بعرض ٣,٥م وارتفاع ٢م للفتحة الواحدة، وإنشاء عقم ترابي مع فيضة كاف لزيادة الحماية بطول يصل إلى ١٠٨٨٧,٨٣م بارتفاع يصل إلى ٤,٥ متر، ونوصي بتنفيذ هذا العقم حتى يمنع ارتداد المياه ووصولها إلى مسار السكة الحديدية.
- توصي الدراسة بتطبيق النماذج الهيدرولوجية والهيدروليكية لنظامي HEC-HMS و-HEC RAS في دراسات الوقاية من مخاطر السيول وإدارة مرافق البنية التحتية، حيث أثبت دمج هذه التقنيات مع برامج النمذجة المكانية (GIS و RS) فعاليته الكبيرة في تحديد المناطق المعرضة لمخاطر السيول والمساهمة في إدارة البنية التحتية وتخفيف المخاطر.

المراجع

أولاً : المراجع العربية.

١. إبراهيم عبد الله قائد درويش، (٢٠١٧م)، "النمذجة الخرائطية لمخاطر السيول في حوض وادي منى مكة المكرمة باستخدام طريقة CN"، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، العدد ٨٤، ص ص ٤١-٨٣.
٢. أحمد بن عبد الله بن محمد الدغيري، حمدينة عبد القادر السيد العوضي، (٢٠١٧م)، "التحليل الهيدرومورفومتري وتقدير حجم السيول في حوض وادي الوطاة بمنطقة القصيم"، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد ٤٧، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، ص ص ١٨٦-٢٦٠.
٣. أشرف أحمد علي عبد الكريم، (٢٠١٨م)، "أثر التغيرات المناخية والتوسعات العمرانية على زيادة مخاطر السيول: قرية حجازة - محافظة قنا - أنموذجاً باستخدام النمذجة الهيدرولوجية (WMS) والهيدروليكية (HEC-RAS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (R.S)"، سلسلة البحوث الجغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، المناخ والبيئة (٢)، ص ص ١١٦-١٧٩.
٤. أشرف أحمد علي عبد الكريم، (٢٠٢٠م)، "النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية للسيول باستخدام برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية (Watershed Modeling System) ((WMS))، أساسيات ومفاهيم وتدريبات وتطبيقات عربية"، دار نشر العبيكان، الطبعة الأولى، ص ص ١-٤٨٤.
٥. أشرف أحمد علي عبد الكريم، (٢٠٢٠م)، "تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في التخطيط الحضري"، دار نشر العبيكان، الطبعة الأولى، ص ص ١-٣٧٨.
٦. جمعة داوود، معراج نواب مزر، خالد بن عبد الرحمن الغامدي، (٢٠١٢م)، "تقييم مخاطر الفيضانات المفاجئة بمدينة مكة المكرمة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية"، مجلة إيجي ماتكس، العدد ٣، ص ص ١-١٣.
٧. صفوح خير، (٢٠٠٠م)، "الجغرافيا موضوعها ومناهجها وأهدافها"، دار الفكر دمشق، الطبعة الأولى، ص ص ١-٥٢٨.
٨. عبد النور علي جازم غانم، (٢٠٠٨م)، "أسباب الفيضانات الجافة وشبه الجافة وأساليب السيطرة عليها: دراسة حالة فيضانات مدينة معبر في اليمن"، مجلة تقنية البناء، وزارة الشؤون البلدية والقروية، الرياض، العدد ٥، ص ص ٣٠-٣٧.

٩. فرحان الجعدي، (٢٠٠٨م)، "الخصائص الهيدرولوجية وخصائص السيول في أحواض السود المقترحة على أودية عليية في محافظة الخرج"، الجمعية الجغرافية السعودية، بحوث جغرافية، العدد ٨٤، جامعة الملك سعود، الرياض. ص ص ٥٧-١.
١٠. محمد بورويه، (٢٠٠٧م)، "دراسة هيدرولوجية لتقدير حجم سيول وادي عتود بالمملكة العربية السعودية"، سلسلة الإصدارات الخاصة، عدد ٢١، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية، الكويت.
١١. محمد صبري محسوب، (١٩٩٧م)، "جيومورفولوجية الأشكال الأرضية"، دار الفكر العربي، القاهرة، الطبعة الأولى، ص ص ٤٨٨-١.
١٢. هيفاء محمد النفيعي، (٢٠١٠م)، "تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.

ثانياً: المراجع غير العربية.

1. Andrea Petroselli, Matej Vojtek, Jana Vojteková, (2019), "Flood mapping in small ungauged basins: a comparison of different approaches for two case studies in Slovakia", Hydrology research, Vol. 50, pp. 379-392, <https://doi.org/10.2166/nh.2018.040>.
2. Arthur Strahler, (1952), "Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography", Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 63, pp. 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAOET]2.0.CO;2).
3. Ashraf Abdelkarim, Ahmed Gaber, (2019), "Flood Risk Assessment of the Wadi Nu'man Basin, Mecca, Saudi Arabia (During the Period, 1988-2019) Based on the Integration of Geomatics and Hydraulic Modeling: A Case Study". MDPI, Water, Vol. 11, pp. 1-32. <https://doi.org/10.3390/w11091887>.
4. Ashraf Abdelkarim, Ahmed Gaber, Ahmed Youssef, Biswajeet Pradhan, (2019), "Flood Hazard Assessment of the Urban Area of Tabuk City, Kingdom of Saudi Arabia by Integrating Spatial-Based Hydrologic and Hydrodynamic Modeling". MDPI, Sensors, Vol. 19, pp. 1-23. <https://doi.org/10.3390/s19051024>.
5. Ashraf Abdelkarim, Ahmed Gaber, Ibtesam Alkadi, Haya Alogayell, (2019), "Integrating Remote Sensing and Hydrologic Modeling to Assess the Impact of Land-Use Changes on the Increase of Flood Risk: A Case Study of the Riyadh-Dammam Train Track, Saudi Arabia". MDPI, Sustainability, Vol. 11, pp. 1-32. <https://doi.org/10.3390/su11216003>.
6. Ashraf Abdelkarim, Seham Al-Alola, Haya Alogayell, Soha Mohamed, Ibtesam Alkadi, Ismail Youssef, (2020), "Mapping of GIS-Flood Hazard Using the Geomorphometric-Hazard Model: Case Study of the Al-Shamal Train Pathway in the City of Qurayyat, Kingdom of Saudi Arabia", MDPI, Geosciences, Vol. 10, pp. 1-32, <https://doi.org/10.3390/geosciences10090333>.

7. Ashraf Abdelkarim, Seham Al-Alola, Haya Alogayell, Soha Mohamed, Ibtesam Alkadi, Ismail Youssef, (2020), "Integration of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis and Analytic Hierarchy Process to Assess Flood Hazard on the Al-Shamal Train Pathway in Al-Qurayyat Region, Kingdom of Saudi Arabia", MDPI, Water, Vol. 12, pp. 1-28, <https://doi.org/10.3390/w12061702>.
8. Benjamin Kofi Nyarko, (2002), "Application of a rational model in GIS for flood risk assessment in Accra, Ghana". J Spat Hydrol, Vol. 2, pp. 1-14.
9. Diego Fernandez, Maria Lutz, (2010), "Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis". Eng. Geol., Vol. 111, pp. 90-98, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>.
10. FEMA, (2010), "Hydrologic models meeting the minimum requirement of NFIP", List of current nationally accepted hydrologic models by FEMA, available on http://www.fema.gov/plan/prevent/fhm/en_hydro.shtm.
11. Huong L, Pathirana A, (2013), "Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam". Hydrol. Earth Syst. Sci., Vol. 17, pp. 379-394. <https://doi.org/10.5194/hess-17-379-2013>.
12. Isabelle Ruin, Lean-Dominique Creutin, Sandrine Anquetin, Celine Lutoff, (2008), "Human exposure to flash floods - relation between flood parameters and human vulnerability during a storm of September 2002 in southern France". J Hydrol., Vol. 361, pp 199-213. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.07.044>
13. Jing Ran, Zorica Nedovic-Budic, (2016), "Integrating spatial planning and flood risk management: A new conceptual framework for the spatially integrated policy infrastructure". Comput. Environ. Urban Syst., Vol. 57, pp. 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.01.008>.
14. Luna Bergere Leopold, Gordon Wolaman, John Miller, (1964), "Fluvial Process in Geomorphology", Dover Publications, pp. 1-544.
15. Meghan Alexander, Christophe Viavattene, Hazel Faulkner, Sally Priest, (2011), "Methods for creating a flood Risk Assessment tool", Flood Hazard Research Center, pp. 1-20.
16. Melton, A. (1957), "An Analysis of the relations among elements of climate", Surface properties and geomorphology, Project NR 389042, Tech. Rep. 11, Columbia University, pp. 389-642.
17. Mohamed Abdulrazzak, Amro Elfeki, Ahmed Kamis, Moustafa Kassab, Nassir Alamri, Anis Chaabani, Kashif Noor, (2019), "Flash flood risk assessment in urban arid environment: case study of Taibah and Islamic universities' campuses, Medina, Kingdom of Saudi Arabia", Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol. 10, pp. 780-796, <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1545705>.
18. Muhammad Al-Zahrani, Ahmed Al-Areeq, Hatim Sharif, (2017), "estimating urban flooding potential near the outlet of an arid catchment in Saudi Arabia", Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol. 8, pp. 672-688, <https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1255668>.
19. Omid Rhamati, Hamid Darabi, Ali Trabi Haghighi, Stefanos Stefanidis, Aiding Kornejady, Omid Asadi Nalivan, Dieu Tien Bui, (2019), "Urban Flood Hazard Modeling Using Self-Organizing Map Neural Network", MDPI, Water, Vol. 11, pp. 1-13, <https://doi.org/10.3390/w11112370>.

20. Paul Bates, Ad De Roo, (2000), "A simple raster-based model for flood inundation simulation", *Journal of Hydrology*, Vol. 236, pp. 54-77, [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00278-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00278-X).
21. Radmanesh F, Hemat JP, Behnia A, Khond A, Mohamad BA, (2006), "Calibration and assessment of HEC-1 model in Roodzard watershed". 17th international conference of river engineering, University of Shahid Chamran. Ahva, pp. 85-99.
22. Robert Horton, (1945), "Erosional Development of Streams and their drainage basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology", *Geol. Soc. America*, Vol. 56, pp. 275-370, [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2).
23. Stanley Schumm, (1956), "Evolution of drainage system and slope in badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Bull. Geol. Soc. Am.*, Vol. 67, pp 597-46. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
24. The central Valley floodplain Evaluation Delineation program (CVFED), (2009), "Guidelines for Applying the FLO-2D Model to The central Valley floodplain Evaluation Delineation program", pp. 1-61.
25. Thomas Ott, Frank Swiaczny, (2001), "Times-Integrative Geographic Information Systems", *Management system, management and Analysis of Spatio-temporal Data*, Springer, 1st Edition, pp. 1-234. DOI 10.1007/978-3-642-56747-6.
26. USDA-SCS. (1985), "National Engineering Handbook", USDA-SCS, Section 4 - Hydrology. Washington, D.C.
27. William Scharffenberg, Mattew Fleming, (2010), "Hydrologic modeling system HEC-HMS user's manual". USACEHEC, Davis, Version 3.5, pp. 1-318.

The Flash Floods Hazards Along the Railway: Basin of Wadi Bayer Affecting the Al-Shamal Train Pathway in South of Qurayyat City, Saudi Arabia, Case Study

ABSTRACT

Many urban areas and infrastructure facilities in the Kingdom of Saudi Arabia are affected by rainwater and Floods that may cause severe damage in these areas. The frequent Floods of the Wadi Bayer basin, south of Qurayyat city, caused a loss of life and property, flooded urban areas, inundated agricultural lands, and displaced residents of the villages of Ghati and Bayer on November 10, 2018, corresponding to Rabi` al-Awwal 3, 1440 AH. Moreover, multiple parts of the Al-Shamal Train Pathway facing the villages of Ghati and Bayer were destroyed.

At present, it is not possible to assess Floods risks without digital support for the two-dimensional spatiotemporal modeling and its integration with remote sensing and geographic information systems. The main objective of this study is to assess the risk of Floods for the Bayer Valley Basin and to determine the urban and agricultural areas and infrastructure facilities for the Al-Shamal Train Pathway located in Bayer Valley, its tributaries and estuaries, which are exposed to Flood risks, to determine the levels of risk in each part, and to provide an effective mechanism to mitigate potential Flood risks.

To achieve these objectives, a hydrological engineering system model (HEC-HMS) was used to calculate the Flood hydrograph curve for different drainage basins and estimate the calculation of the quantities of Flood water and its flow rates depending on the method of SCS Unit Hydrograph. The rainfall depth was analyzed and estimated for different return periods (5, 10, 20, 25, 50, 100 years), and the hydraulic model (HEC-RAS) of the Center for Hydrological Engineering program - Rivers Analysis System was used to perform spatiotemporal simulations to calculate the velocity, depth, and spread of Flood water using a two-dimensional model, and to identify areas exposed to inundation.

Key Words: Flood risks, Spatiotemporal modeling, Hydrological modeling, Hydraulic modeling, Wadi Bayer basin, Qurayyat city, Al-Shamal Train Pathway, Areas exposed to inundation, The proposed protection mechanism.