دور نظم المعلومات الجغرافية في درء مخاطر السيول في المملكة العربية السعودية: تجربة أمانة منطقة حائل

م. نايف صالح محسن الرشيدي
طالب ماجستير تنفيذي في السياسات البلدية وتنمية المدن، جامعة الملك سعود
Abanove25@gmail.com

د. وليد بن سعد الزامل
أستاذ مساعد بقسم التخطيط العمراني، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود
waalzamil@ksu.edu.sa

ورقة بحثية مقدمة للمؤتمر الدولي الأول للمعلومات الجغرافية ٢٠١٩م
الرياض / المملكة العربية السعودية: ٥-٩ جمادي الآخر ١٤٤٠هـ الموافق ١٠ – ١٤ فبراير ٢٠١٩م

١- مقدمة

تعتبر الكوارث الطبيعية من أخطر التهديدات التي تواجه البشر حيث تخلف سنويا الكثير من الخسائر البشرية والمادية، وأصبح التعامل معها من القضايا التي تؤرق الدول والمجتمعات الدولية خاصة في الدول النامية. وتعد السيول من أشد الأخطار الطبيعية التي تتأثر بها المنشآت العمرانية وشبكات الطرق بالمناطق الصحراوية الجافة وشبه الجافة والتي تتصف بقلة الأمطار وتذبذبها زماناً ومكانا، لاسيما وأن السياسات العمرانية قد أهملت هذا الجانب في معظم مدن المملكة العربية السعودية، حيث تعاني العديد من المدن من الزحف العمراني على حساب الأودية ومجاري السيول وطمس معالمها (المركز القومي لبحوث الماء، ٢٠١٠) إن معظم الدراسات السابقة في مجال مخاطر السيول لم تنجح في توضيح المخاطر التي تواجه المدن بشكل دقيق تساعد أصحاب القرار على إدارة المخاطر. ولعل السبب يرجع إلى طمس المعالم الطبيعية للشعاب والأودية خلال فترات زمنية متعاقبة. إن عملية إدارة مخاطر السيول تشتمل على عدة مراحل منها مرحلة معرفة الخطر والتنبؤ بحجمه ومرحلة التعامل معه أثناء الحدث ومرحلة تحديد الأضرار وتحديد الفترة الزمنية للتعافي منها، ومن ثم تأتي عملية حصر المخاطر لدراستها وإيجاد حلول دائمة لها وتحديد أولوياتها. إلا أن تلك العمليات لا بد أن تترافق مع توفير بيانات ومعلومات صحيحة ودقيقة تكون على صيغة تقارير ورسوم بيانية وخرائط تساعده في تقدير الاحتياجات المستقبلية وبناء برنامج متكامل لدرء تلك المخاطر.

إن عملية جمع البيانات والمعلومات وتحليلها للوصول إلى نتائج وتقارير دقيقة يعتمد عليها في اتخاذ القرار قد تأخذ من الوقت الكثير في حين أننا نتعامل مع مخاطر يلعب فيها عامل الوقت والدقة دوراً مهما. لذلك تأتي أهمية استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS في توفير البيانات الدقيقة لصاحب القرار لإدارة كوارث السيول التي تهدد المدن (علي، ٢٠١١). ويتولى مركز تحقيق الأهداف بوزارة الشئون البلدية والقروية تطوير آليات لتحقيق برنامج التحول الوطني ٢٠٢٠ أحد برامج رؤية المملكة ٢٠٣٠، والذي يضم عدة مبادرات أهمها مبادرة درء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار. وقد وجهت جميع أمانات المملكة بضرورة إعداد خرائط الغمر والمخاطر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وإعداد المخطط الشامل لدرء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار لكل منطقة من مناطق المملكة العربية السعودية بحث يوضح أولويات تنفيذ مشاريع الحماية من السيول لكل منطقة. إن التحدي الكبير أمام القطاع البلدي هو تحديد أولويات تنفيذ مشاريع درء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار بناءً على الخطورة الناجمة عن جريان السيل، وذلك في ظل الميزانيات المحدودة والمخصصة لمشاريع درء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار وقلة مخصصات الدراسات الهندسية والتصاميم لكل قطاع من القطاعات البلدية. وتبدو الحاجة ماسة إلى تسخير نظم المعلومات الجغرافية من أجل المساهمة في بناء قاعدة نظم معلومات متكاملة تشمل جميع العناصر المؤثرة والمتأثرة بأخطار السيول، للمساهمة في إيجاد حلول سريعة لدرء أخطار السيول. ويهدف هذا البحث إلى استعراض تجربة أمانة منطقة حائل في استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحديد مخاطر السيول بمدينة حائل. ويستخدم البحث المنهج

الاستقرائي والتحليلي لنموذج الحالة الدراسية لتطوير أولويات التعامل مع أخطار السيول وتوثيق النتائج البحثية بحيث يمكن تعميمها على كافة محافظات المملكة العربية السعودية.

٢- إشكالية البحث

إن التحدي الكبير أمام القطاع البلدي هو تحديد أولويات تنفيذ مشاريع درء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار بناءً على الخطورة الناجمة عن جريان السيول. وفي ظل محدودية الموارد المخصصة لمشاريع درء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار وقلة مخصصات الدراسات الهندسية والتصاميم لكل قطاع من القطاعات البلدية، بات من الضروري تسخير نظم المعلومات الجغرافية GIS من أجل المساهمة في بناء قاعدة نظم معلومات متكاملة تشمل جميع العناصر المؤثرة والمتأثرة بأخطار السيول في مدن المملكة العربية السعودية.

٣- أهداف البحث

تهدف هذه الورقة إلى استعراض تجربة أمانة منطقة حائل في استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد مخاطر السيول بمدينة حائل. كما يسعى البحث إلى تحقيق إلى الأهداف الثانوية التالية:

- إبراز دور تقنية نظم المعلومات الجغرافية في دعم متخذ القرار فيما يتعلق بدرء أخطار السيول عن المناطق العمرانية بالتطبيق على مدينة حائل.
- توثيق أساليب المعالجة وطرق الحماية المختلفة من مخاطر السيول.
- إنشاء خارطة مخاطر السيول (Flash Flood Risk Map) لمدينة حائل.

٤- المنهج البحثي

اعتمدت الورقة على المنهج الاستقرائي والتحليلي لنموذج الحالة الدراسية لمدينة حائل في المملكة العربية السعودية. تتناول المنهجية حصر دقيق للخرائط والبيانات والإحصاءات التي تخص السيول وتحليل آثارها على منطقة الدراسة ومعدلات حدوثها. يستعرض البحث تجربة أمانة منطقة حائل في استخدام نظام المعلومات الجغرافية كأحد الأدوات الهامة للتعامل مع مخاطر السيول في مدينة حائل. وللوصول إلى نتائج بحثية ومؤشرات لمخاطر السيول يستخدم البحث أدوات التحليل ثلاثي الأبعاد 3D Analysis في تحليل نماذج الارتفاعات الرقمية. كما يستخدم البحث التحليل المكاني Spatial Analysis في دراسة شبكات وأحواض التصريف واستخدامات الأراضي والخصائص المورفولوجية والجيولوجية المتعددة بالمنطقة. وأخيرا يستخدم البحث أدوات التحليل البصري Visual Analysis في تحديد بعض عناصر استخدامات الأرض التي تتطلب خبرة حقلية خاصة أثناء الدراسة الميدانية. ويلخص الجدول رقم ١. عدد من البرامج والتقنيات الحديثة في دراسات درء أخطار السيول بمنطقة الدراسة.

جدول ١. ملخص البرامج المستخدمة في البحث

اسم البرنامج	الغرض منه
Arc GIS	إعداد وتحليل البيانات المكانية وعرض البيانات والخرائط، وبناء قاعدة بيانات جغرافية للمنطقة
WMS	للتحليل الهيدرولوجي
Hyfran ، Excel	لتحليل بيانات الأمطار وتمثيلها إحصائياً
AutoCAD	رسم المخططات واللوحات والخرائط المختلفة
Google Earth ، Global Mapper	برامج مساعدة لتجهيز البيانات وللتعامل مع الخرائط والصور الفضائية

المصدر : (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩)

٥- أدبيات الدراسة

تعرف نظم المعلومات الجغرافية بأنها استخدام تقنيات الحاسب الآلي في جمع وتحليل ومعالجة البيانات والمعلومات وعمل قاعدة بيانات متكاملة. وتهدف نظم المعلومات الجغرافية إلى تطوير وحفظ وتخزين المعلومات والبيانات واسترجاعها وإصدار التقارير وبالتالي مساعدة متخذ القرار على اتخاذ القرار الصائب في الوقت المناسب (الزيدي، ٢٠٠٧). أما مخاطر السيول فهي الأخطار الناتجة عن حركة الماء المتساقط من جراء الأمطار على سطح الأرض من المرتفعات إلى المنحدرات بفعل جاذبية وطبيعة الأرض سواء في المجاري أو القنوات الطبيعية، كذلك تعتبر حركة المياه المتساقط على سطح الأرض جزء من السيول (عبدالله، ١٤٣٩). تلعب نظم المعلومات الجغرافية دور هام في تسهيل إدارة الأزمات والكوارث، خاصةً السيول

والفيضانات، إذ يحتاج صاحب القرار إلى توفير المعلومات والبيانات اللازمة لوضع تصور عام أو تنبؤ بالخطر وبناء الآليات والسياسات اللازمة لمواجهته سواء بحلول دائمة أو مؤقته. وقد تطورت الحاجة الملحة إلى نظم المعلومات الجغرافية في العديد من المجالات خاصة التخطيط الحضري والبيئي لاسيما مع ازدياد تعقيد المدينة بسبب النمو العمراني والسكاني المطرد. وأخيراً، يعتبر استخدام أنظمة المعلومات الجغرافية هاماً لإنتاج خرائط درجات مخاطر السيول والغمر، وتحديد مناطق الغمر وتجمعات مياه الأمطار إضافة إلى البيانات والمعلومات لمشروعات السيول القائمة والمستقبلية من المدخلات الهامة في تحديد استراتيجيات وأولويات مشروعات درء أخطار السيول.

٦- تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في درء مخاطر السيول (نموذج الحالة الدراسية)

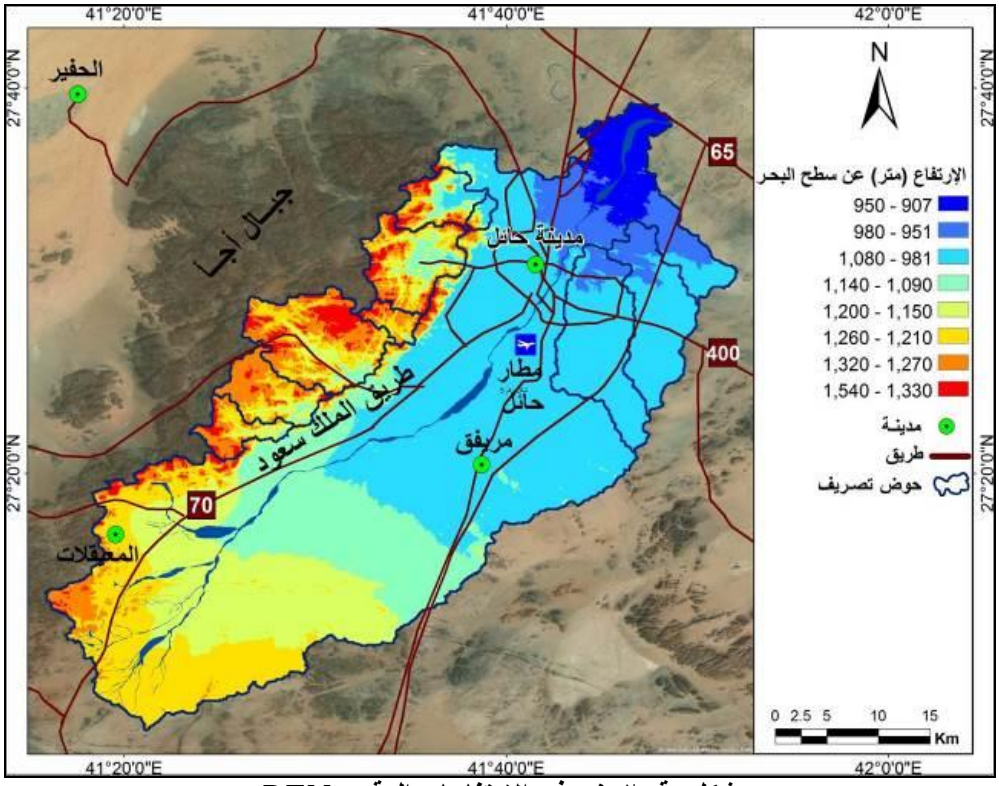
٦-١ تحليل الموقع العام والعلاقات المكانية

تقع مدينة حائل في منتصف الجزء الشمالي الغربي للمملكة، وجنوب صحراء النفود مباشرة التي يفصلها عن حائل منطقة جبلية وعرة تسمى سلسة جبال أجا، وتقع المدينة ضمن الحدود الإدارية لأمانة حائل حيث تعد العاصمة الإدارية لها. وترجع أهميتها لتوسطها بين خمس مناطق إدارية من المملكة وهي المدينة المنورة والقصيم والحدود الشمالية والجوف وتبوك. يتكون النسق العمراني الحضري لحائل من أربع وحدات إدارية وهي: حائل والغزالة وبقعاء والشنان، وترتبط مدينة حائل بهذه المدن والأمانات المجاورة عبر عدد من شبكة الطرق الإقليمية تتمثل أهمها في طريق (حائل- المدينة المنورة، حائل– العلا، حائل- القصيم)، كما يقع مطار حائل جنوب وسط المدينة بنحو ٢ كم مما يسهل الوصول للمنطقة محلياً ودولياً عبر هذا المطار، ويوضح كل من الشكل ١. الحدود الإدارية لمنطقة الدراسة.

تعد منطقة الدراسة منطقة داخلية لا تطل على مسطحات مائية وتقع وسط كتلة واسعة من اليابس داخل المملكة، ويتراوح ارتفاعها بين ٨٧٥ – ١٣٥٠ م عن سطح البحر، وتقع ما بين دائرتي عرض ٠٧' ٢٧° و ٤٠' ٢٧° شمالاً في مسافة يقدر طولها بـ ٧٥ كم، وبين خطى طول ١٥' ٤١° و ٥٢' ٤١° لتبلغ المسافة العرضية نحو ٦٠ كم، وبذلك تمتد منطقة الدراسة من الشمال إلى الجنوب عبر ٣٣َ دقيقة، ومن الشرق إلى الغرب عبر٣٧' دقيقة، ووفقا لهذا الموقع فإنها تقع ضمن إقليم المناخ الجاف الذي تتمثل أهم خصائصه في المنطقة وهى هبوب الرياح التجارية الجافة شتاءً والرياح القارية الجافة أيضاً صيفاً، ولا تتجاوز قيم الأمطار الساقطة عليها ١٠٠مم سنوياً. ووفقاً للموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة والجوانب الطبيعية المتعلقة به نجد تباين خصائصها التضاريسية ما بين إقليم المناطق الجبلية والسهلية والصحاري. كما تغطى الأراضي الصحراوية الجزء الأكبر منها، وتتركز مناطق المرتفعات في الغرب فيما يسمى سلسلة جبال أجا، وفي الشرق سلسة جبال سلمى، وينحصر بينهما سهل البطين، وينحدر منهما العديد من الأودية نحو مدينة حائل التي تقع في منطقة منبسطة ومنخفضة لتمثل مركز عمراني هام في هذه المنطقة.

شكل رقم ١. الحدود الإدارية لمنطقة الدراسة

وتقع مدينة حائل داخل حوض تصريف وادي الأديرع ويحدها غرباً سلسلة جبال أجا التي تمتد في الاتجاه من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي بما يقارب ١٠٠كم طولاً وبين ٢٥ و٣٥كم عرضًا، وتضم قمم مرتفعة يصل ارتفاع بعضها إلى أكثر من 1500 مترًا فوق منسوب متوسط سطح البحر. لقد تم استخدام برنامج ArcGIS لتحليل نموذج الارتفاعات الرقمي (ASTER DEM) ذو دقة تفريق ١٠م (مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية). كما تم استنتاج تضاريس المدينة وحوض وادي الأديرع وأحواضه الفرعية كما هو موضح بالشكل رقم ٢. حيث تتفاوت مناسيب الأرض الطبيعية بها من ٩٠٧ متر إلى ١٥٤٠ متر فوق منسوب متوسط سطح البحر لكامل حوض تصريف وادي الأديرع. كما يوضح الجدول رقم ٢. والشكل رقم ٣. المعايير العالمية لتصنيف الانحدارات بمنطقة الدراسة.

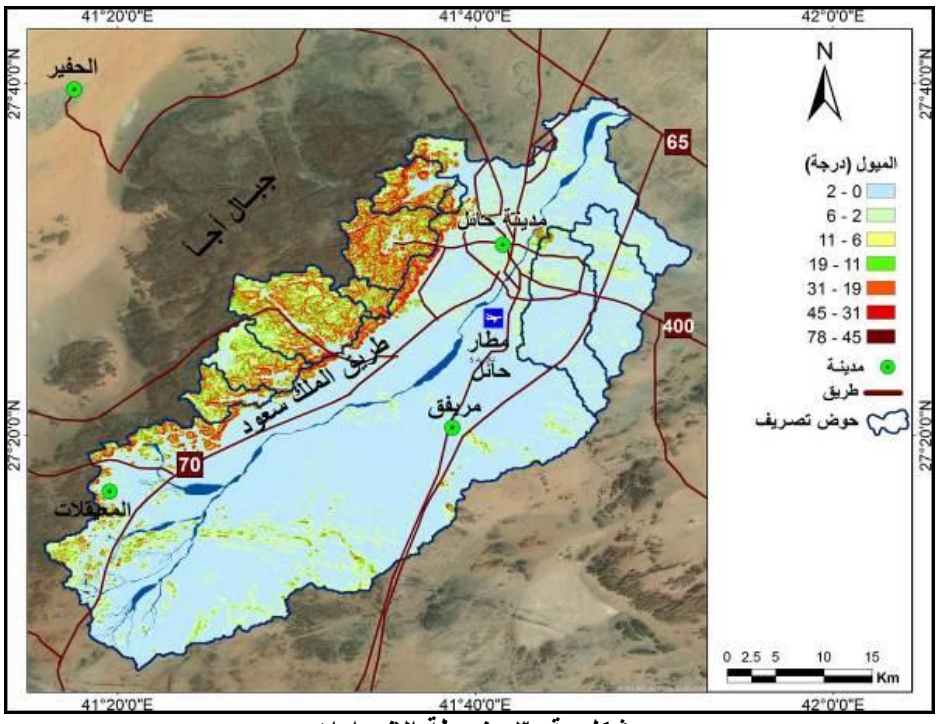


شكل رقم ٢. نموذج الارتفاعات الرقمي DEM
المصدر: (مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية)

جدول رقم ٢. المعايير العالمية لتصنيف الانحدارات

م	فئات الانحدار بالدرجات	تصنيف الانحدار	موقع فئة الانحدار
١	٠ ــ ٢ °	مستوى	المراوح الفيضية
٢	٢,١ ٥٩ ٠ ــ ٥ °	خفيف	بيدمنت نطاق التلال
٣	٦ ٩ ٥ ١٠, ــ ٥ °	متوسط	الأجزاء الدنيا لسفوح الجبال ولقمم بعض التلال
٤	١١ ٥ ٩ ١٨, ــ ٥ °	شديد الانحدار	تنتشر في نطاق الحافة والتلال والأجزاء الوسطى والعليا لبعض الكتل
٥	١٩ ٥ ٩ ٣٠, ــ ٥ °	شديد الانحدار	قمم الجبال والأجزاء العليا من بعض منحدرات الجبال
٦	٣١-٤٥	شديد الانحدار جداً	مناطق الحافات والمنحدرات الجبلية الشديدة
٧	أكبر من ٤٥	شديد الانحدار جداً	جروف وحافات خطرة شديدة الانحدار

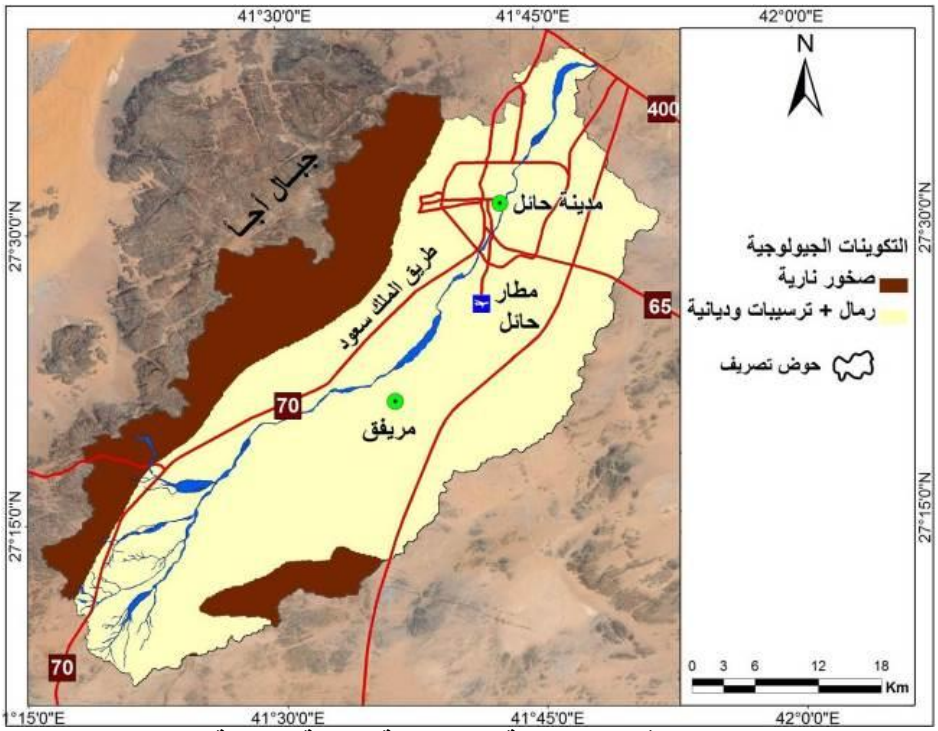
المصدر: اعتمادا على تقسيم ينـج (Young) لفئات الانحدار، و(أمانة منطقة حائل، ١٤٣٨).



شكل رقم ٣. خريطة الانحدارات

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٨)

واستنادا إلى تحليل ما سبق نجد أن حوض تصريف وادي الأديرع يتميز بانحداراته العالية في النطاق الغربي له حيث تواجد سلسلة جبال أجا ويبلغ متوسط انحدار حوض الأديرع نحو ٤,٧°. ويوضح الشكل ٤. أن المنطقة تتكون من تكوينين جيولوجيين رئيسيين وهما، تكوين الصخور النارية ويتمثل في غرب المنطقة بمنطقة جبال أجا ويتميز بقلة نفاذيته للمياه، ثم تكوينات الرمال والرواسب الوديانيه في باقي أجزاء حوض التصريف ومجاري الأودية خاصة الرئيسية منها وتتميز بنفاذيتها المرتفعة للمياه وارتفاع معدلات تسرب المياه بها. وبناء على ما سبق يتضح صعوبة اتخاذ قرار يحدد مخاطر السيول وأولوياتها المبنية على ذلك في مدينة حائل. لذلك تبدو الحاجة ماسة إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المخاطر والأولويات.

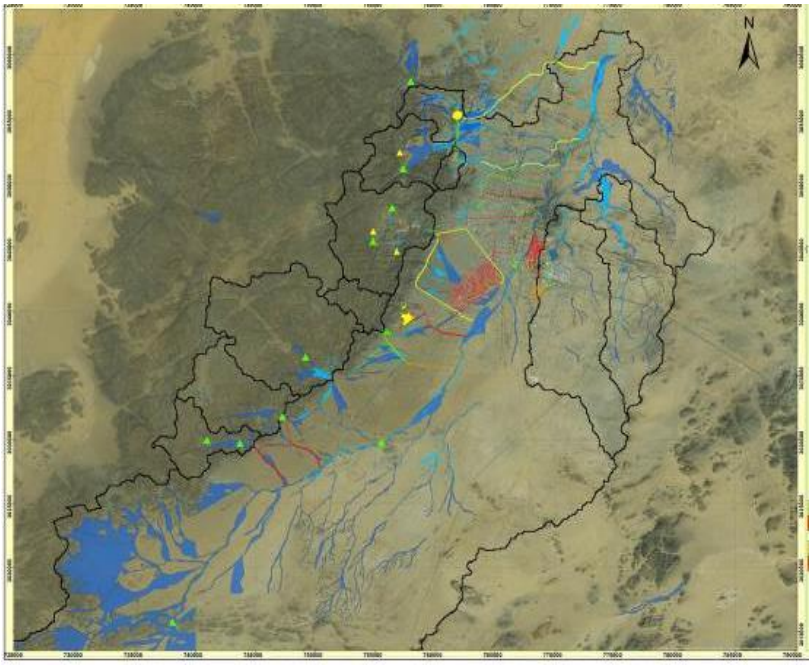


شكل رقم ٤. الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

المصدر: (منظمة الزراعة والاغذية للأمم المتحدة)

٦-٢ تحديد مشروعات درء أخطار السيول الحالية ومدى توافقها مع المسارات الطبيعية

كما هو موضح من الشكل رقم ٥. قامت أمانة منطقة حائل بمراجعة مشروعات درء أخطار السيول لمدينة حائل وقد تم تقييم هذه المشروعات السابقة وأيضا دراسة مدى توافق تلك المشروعات مع مسارات الأودية الطبيعية لعامي ١٩٨٣م و٢٠٠٣م من خلال خريطة نظم المعلومات الجغرافية الموضح عليها مشروعات درء أخطار السيول إضافة إلى مسارات الأودية الطبيعية وفقا لخرائط والمصورات الجوية لعامي١٩٨٣م و٢٠٠٣م.



شكل رقم ٥. مشروعات درء أخطار السيول بمدينة حائل ومدى توافقها مع المسارات الطبيعية
(أمانة منطقة حائل، ١٤٣٨)

٦-٣ معالجة المرافق الحكومية القائمة المتعارضة مع مسارات الأودية الطبيعية

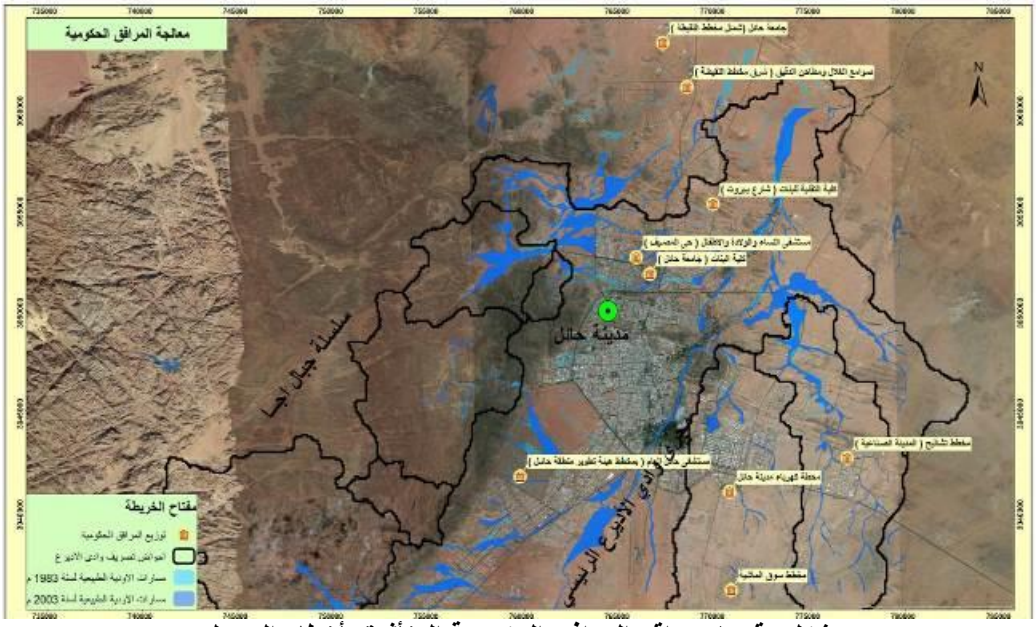
تم تحديد وترتيب أولويات مواقع المرافق الحكومية التي تتأثر بأخطار السيول، وفقا للأهمية المبنية على الخطورة العالية من خلال خرائط نظم المعلومات الجغرافية الخاصة بمخاطر السيول وتصريف مياه الأمطار بمدينة حائل وضواحيها. لقد نشأت هذه المواقع خلال الفترة السابقة من تراكمات التخطيط العشوائي الناتج من غياب أو ضعف السياسات العمرانية. وكما هو موضح من الجدول رقم ٣. بلغ عدد هذه المرافق تسع مواقع. كما يوضح الشكل رقم ٦. أماكن تلك المواقع الحكومية والأودية المؤثرة عليها في خريطة نظم معلومات جغرافية.

جدول ٣. مواقع المرافق الحكومية المتأثرة بأخطار السيول وطرق معالجتها

الاسم	الموقع	الوادي المؤثر	الحلول
مستشفى النساء والولادات والأطفال	حي المصيف	وادي فرعى	تنفيذ قناة مفتوحة تبدأ من العبارة الشمالية غرب مخطط ملحق أجا، تمتد شرقاً حتى الدوار لتتحول إلى قناة صندوقية حتى تصل العبارة في طريق مشار
كلية البنات جامعة حائل	مدينة حائل	وادي فرعى	- تنفيذ شبكة صرف أمطار محدودة في مخطط أجا للجزء الشرقي منه المحاذي للملكية وربطها بالقناة الصندوقية المقترحة بطريق مشار. - معالجة مناسيب الشوارع المحيطة بالكلية. - تنفيذ بئر شحن جوفي لتصريف مياه الأمطار إلى التربة.
محطة كهرباء مدينة حائل	جنوب شرق حائل	وادي فرعى	تحويل مسار الوادي إلى وادي الخريمي مع عمل حوض تهدئة وكذلك قناة صندوقية مغطاة
مخطط سوق الماشية	جنوب شرق حائل	وادي فرعى	تحويل مسار الوادي إلى وادي الخريمي

مخطط تشاليح السيارات	شمال المدينة الصناعية		تحويل مسار الوادي وأبعاده عن المخطط من خلال مسار جديد يمتد شرق مخطط تشاليح من الجنوب إلى الشمال ثم يتجه إلى الغرب شمال المخطط حتى يلتقي مع وادي الغريس
صوامع الغلال ومطاحن الدقيق	شمال مدينة حائل "شرق مخطط اللقيطة"	طايح	تحديد وتنفيذ مجرى للوادي داخل أرض المؤسسة جنوب المباني القائمة ليدخل إلى أرض الحوض من الجهة الجنوبية الغربية للسور، ويمتد شرقاً بمحاذاة السور الجنوبي- ويخرج من جنوب السور الشرقي ويستمر بعد ذلك في مساره الطبيعي
جامعة حائل	شمال مدينة حائل "شمال مخطط اللقيطة"	البستيين - صلفيح - جفيلة	تحويل مسار الأودية باتجاه الشمال مع تنفيذ كوبري أو عبارة عند تقاطعها
مستشفى حائل العام	بمخطط هيئة تطوير منطقة حائل غرب (مدينة حائل)	أحد روافد وادي المغواة	- يوجد مشروع تحت التنفيذ حالياً يتضمن إنشاء قناة ترابية بمحاذاة الجبال الواقعة غرب المخطط لتأخذ الفائض من سيول وادي عقدة بعد امتلاء البحيرات القائمة بمخرج عقدة وكذلك البحيرة المزمع إنشاءها جنوب السابقة، ثم تستمر القناة حتى الدوار الواقع جنوب غرب المخطط، لتتحول بعدها إلى قناة صندوقية مغطاة بأبعاد ٦ X ٢ م لتمتد شرقاً عبر شارع الأربعين الشمالي لمخطط الشفا وتستمر شرقاً حتى تصب في وادي الأديرع - عمل حواجز توجيه غرب أرض المستشفى لتوجيه مياه الأمطار شمالا لتصب في سيل الكشرية.
كلية التقنية للبنات	شارع بيروت	وادي فرعي	تنفيذ شبكة وخطوط صرف الأمطار

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٨).



شكل رقم ٦. مواقع المرافق الحكومية المتأثرة بأخطار السيول

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٨).

٦-٤ تطوير إطار عام لسياسات درء أخطار السيول

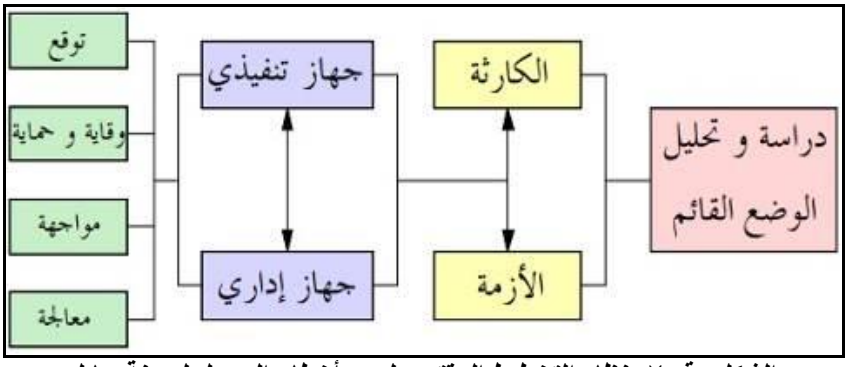
تتعدد السياسات المتبعة لحماية المناطق المعرضة لخطر السيول وفقاً لحالة المنطقة المراد حمايتها، وتم تحديد ثلاث سياسات للتعامل مع أخطار السيول على النحو التالي:

- **سياسة التجنب Avoidance:** تعتمد هذه السياسة على الابتعاد بالمناطق العمرانية (السكانية والصناعية) القائمة عن أماكن خطورة السيول والكوارث مع الأخذ في الاعتبار أن هذه الطريقة لا تكون ذات جدوى اقتصادية في حالة وجود مخططات سكانية قائمة ذات كثافات سكانية عالية. وأيضاً تعتمد هذه السياسة على منع إقامة أي مخططات عمرانية جديدة في أي أماكن عرضة لأخطار السيول.
- **سياسة الحماية Protection:** تعتمد هذه السياسة على تصميم وإنشاء مجموعة أعمال هندسية للحماية من أخطار السيول لتلافي آثارها الكارثية عن طريق إنشاء سدود إعاقة وتخزين، وحواج،

وقنوات تحويل مفتوحة وقنوات صندوقية، عبارات ...إلخ. مع الأخذ في الاعتبار الجدوى الاقتصادية في اختيار طريقة الحماية المثلى لآن منشآت الحماية من أخطار السيول ذات تكاليف اقتصادية عالية. وأيضاً لابد من دراسة الآثار البيئية لتلك المشروعات، ويجب الأخذ في الاعتبار تصميم وتنفيذ برنامج صيانة وقائية متكامل لتلك الأعمال لضمان كفاءتها الهندسية الكاملة دائماً لدرء خطر السيول.

- **سياسة التخفيف Mitigation:** وتعتمد هذه السياسة على تخفيف أثار أخطار السيول لتقليل الخسائر إلى أقل قدر ممكن وذلك عن طريق التخطيط الأمثل لاستخدامات الأراضي للمناطق المعرضة لأخطار السيول وتحديد الأكواد والاشتراطات المناسبة للمباني وطرق الإنشاء. وعلاوة على ذلك، نشر الوعي بين السكان ومستخدمي الأراضي المعرضة لأخطار السيول لتعريفهم بتلك الأخطار وخطط الإخلاء والابتعاد عن أماكن الخطورة أثناء حدوث السيول واللجوء إلى الأماكن الآمنة.

ومما سبق، فإن تحليل الوضع القائم بمدينة حائل يجب أن يترافق مع دراسات شاملة للهيدرولوجية والمخطط العام للمدينة لمواجهة أخطار كوارث وأزمات السيول، من خلال منظومة متكاملة بين الجهازين الإداري والتنفيذي بدءاً من التوقع ومروراً بالوقاية ثم المواجهة ووصولاً إلى المعالجة. ويوضح الشكل ٧. نظام التخطيط المقترح لدرء أخطار السيول لمدينة حائل (الشامي، ١٩٩٥).



الشكل رقم ٧. نظام التخطيط المقترح لدرء أخطار السيول لمدينة حائل
المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩)

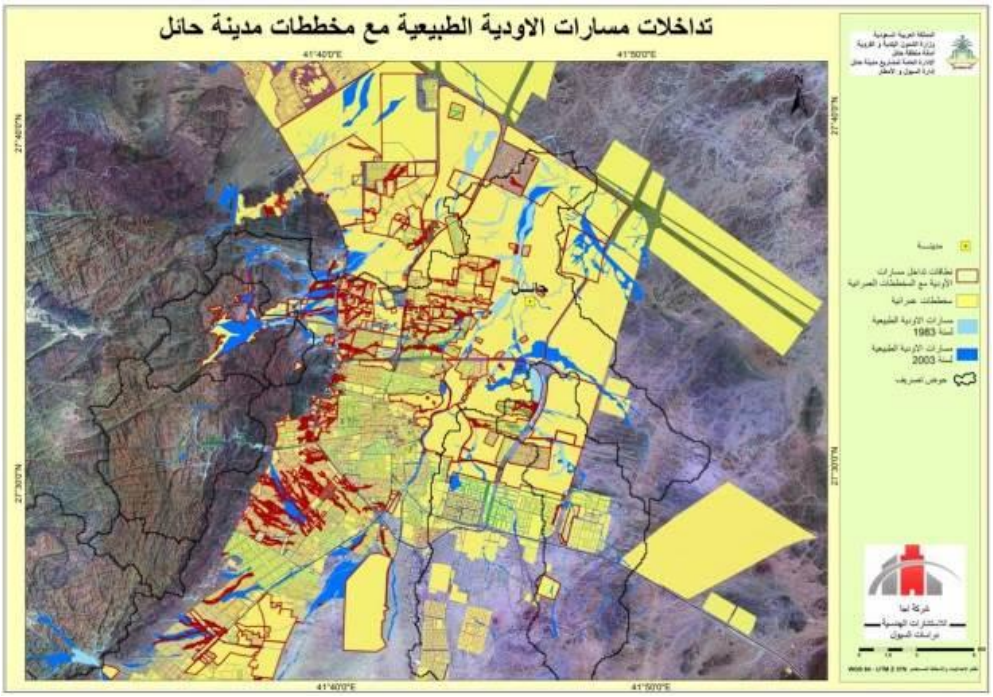
٦-٥ تحديد الخطوات الإجرائية لحفظ مسارات الأودية والشعاب الطبيعية

تم وضع عدد من الإجراءات اللازمة لحماية وحفظ مسارات الأودية والشعاب الطبيعية من خطر التعدي عليها وتتضمن ذلك عدم اعتماد أي مخطط أو تخصيص أي موقع لجهة حكومية دون الرجوع إلى إدارة السيول والأمطار بأمانة منطقة حائل. كما عملت الأمانة على تبتير حدود الأودية والشعاب الطبيعية التي خارج النطاق العمراني، وتحديد حرم آمن لها من الجهتين، على أن يكون حدود الحرم للأودية الرئيسية ١٠٠ م، والأودية الفرعية ٥٠ م، والأودية الثانوية ٣٠ م. وعدم الموافقة على طلبات توصيل الكهرباء والمرافق للأملاك الواقعة داخل مجاري الأودية أو السماح بالبناء في مجاري السيول بكافة درجاتها، وكذلك حظر البناء داخل حرم الأودية إلا منشآت الحماية من أخطار السيول. وسعت الأمانة إلى إصدار خرائط نظم معلومات جغرافية (GIS) موضح عليها الأودية المعتمدة وكافة المعلومات والبيانات المساعدة، وتحديد مجاري الأودية وحرمها وفقاً لخرائط معتمدة من الأمانة متطابقة لمسارات الأودية لعامي ١٩٨٣ و٢٠٠٣ ورفعها إلى الجهات القانونية (المحاكم).

٦-٦ تحديد مدى تعارض المخططات القائمة والمستقبلية وشبكات الطرق مع مسارات الأودية

يوضح الشكل رقم ٨. تقاطعات المخططات العمرانية لمدينة حائل مع مسارات الأودية الطبيعية. ويتضح من تحليل نتائج تقاطعات المخططات العمرانية مع مسارات الأودية والشعاب الطبيعية تداخل مسارات الأودية بشكل واضح مع المخططات العمرانية لمدينة حائل خاصة في النطاق الشمالي لوادي الأديرع الرئيسي والأودية المتجهة شرقاً من جبال أجا باتجاه مدينة حائل، وكذلك النطاق الشمالي الشرقي الذي يشمل واديي الخريمي والغريس. كما يوجد أماكن تقاطعات للمخططات العمرانية مع الأودية الطبيعية تقع في النطاق الشمالي الغربي لمدينة حائل. لقد أظهرت نتائج التحليل أنه يوجد عدد ٨٣١١ قطعة من مخططات الأراضي المتداخلة مع الأودية بنسبة ٤,٦٩٪ من إجمالي ١٧٦٨٥٧ قطعة من مخططات الأراضي التي تقع داخل النطاق العمراني لمدينة حائل. لذلك، يجب وضع هذه المناطق العمرانية ضمن أولويات المخططين ومتخذي القرار بمدينة حائل لحمايتها من أخطار السيول. وأخيرا، تبدوا الحاجة ماسة إلى المحافظة على مسارات

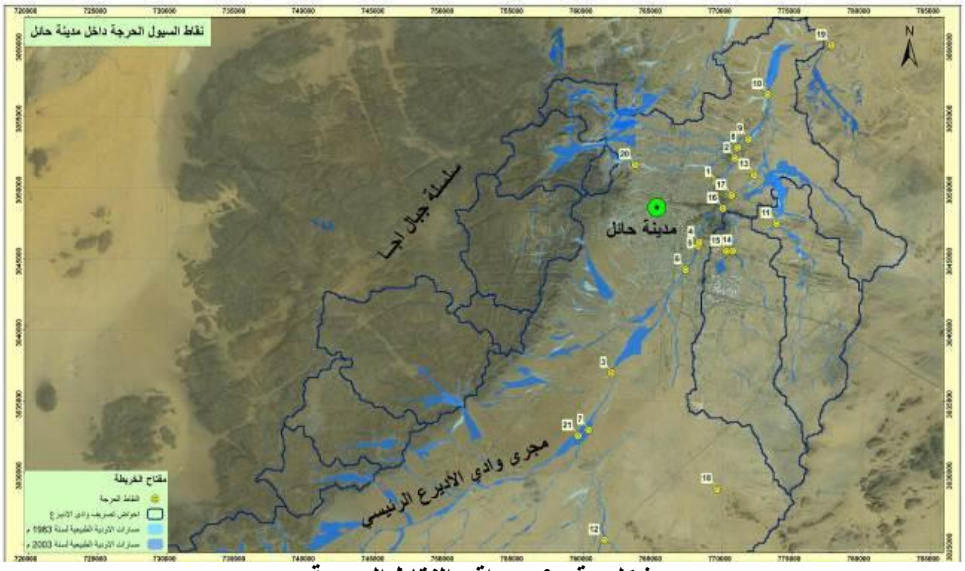
الأودية الطبيعية كما هي على حالتها وعدم تخطيط أي قطع أراضي أو طرق داخلها مستقبلياً وتعديل المخططات التي لم يبدأ تنفيذها بعد لتفادي تقاطعها مع مسارات الأودية.



شكل رقم ٨. تقاطعات المخططات العمرانية مع مسارات الأودية داخل مدينة حائل
المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٨).

٦-٧ تحديد المناطق الحرجة

يوضح الشكل رقم ٩. النقاط الحرجة بمنطقة الدراسة وعددها ٢١ موقع وترتيب أولوياتها طبقاً للمشكلات القائمة ودرجة الخطورة لكل موقع حيث تم تحديد مواقعها وإسقاطها داخل أحواض التصريف لمعرفة الأودية المؤثرة عليها. كما تم استخدام برامج الأوتوكاد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إسقاطها جغرافياً من أجل توصيف هذه النقاط الحرجة وتحديد المشكلة التي تتعرض لها من الناحية الهيدرولوجية، ثم بناء قاعدة بيانات جغرافية لها (Geo_Database) وخريطة نظم معلومات جغرافية (GIS Map) للمساهمة في اقتراح الحلول لهذه النقاط وتحديد الجهة المسئولة والمعنية بتنفيذ تلك الحلول من أجل إعطاء متخذي القرار تصور شامل لهذه النقاط الحرجة،



شكل رقم ٩. مواقع النقاط الحرجة
المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٨).

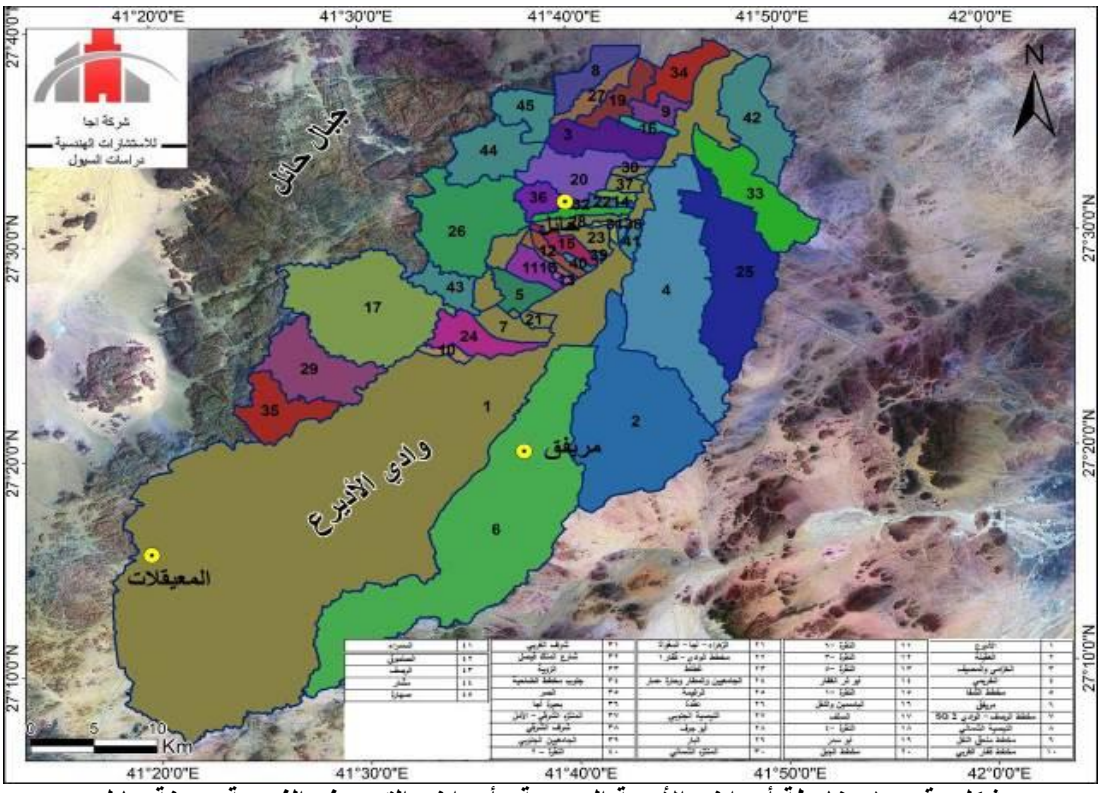
٦-٨ إعداد خارطة درجات الخطورة لمدينة حائل

قامت أمانة منطقة حائل بإعداد خرائط درجات الخطورة للسيول التي توضح المناطق المعرضة للغمر بمياه السيول نتيجة جريان الأودية، وكذلك أماكن تجمعات مياه الأمطار في المناطق العمرانية لمدينة حائل وضواحيها. لقد تم استخدام البيانات والمعاملات المتيورولوجية والمورفولوجية والهيدرولوجية المستنتجة من برنامج التحليل الهيدرولوجي (WMS). كما تم الاعتماد على البيانات من برامج نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مثل الارتفاعات وميول سطح الأرض والخرائط الجيولوجية واستخدامات الأرض. بالإضافة إلى شبكات الطرق التي تم الحصول عليها من إدارة التخطيط بأمانة منطقة حائل، وبيانات أعمال الحماية المختلفة مثل القنوات المائية والسدود. وتم استخدام البيانات السابق ذكرها في إعداد خرائط الغمر للأودية الرئيسية والفرعية بمدينة حائل (Flaflom، ٢٠٠٩). كما هو موضح في الجدول رقم ٣ والشكل رقم ١٠ فقد تم اتباع عدد من الخطوات لبناء نموذج مكاني وهيدرولوجي يوضح تلك المناطق المعرضة للغمر وإعداد الدراسات الهيدرولوجية للأودية وأحواضها المؤثرة على مدينة حائل، وذلك لاستخراج معاملاتها وخصائصها المورفولوجية والهيدرولوجية المختلفة. لقد قامت أمانة منطقة حائل بتحديد المناطق المعرضة للغمر بمياه السيول والأمطار وإعداد خرائط الغمر لمدينة حائل وضواحيها من خلال المشاهدات والزيارات الميدانية لمناطق الغمر وتجمعات المياه، والرجوع للصور ومقاطع الفيديو التي تم الحصول عليها من الميدان. كما تم الحصول على بيانات الغمر من خلال تحليل الصور الفضائية الحديثة والقديمة لمدينة حائل لتواريخ متعددة وتحديد مسارات جريان السيول والأمطار والاستعانة ببعض المختصين وأهل الخبرة ممن لديهم معرفة بمجاري السيول ومواقع تجمعات مياه الأمطار داخل مدينة حائل.

جدول ٤. أحواض التصريف الرئيسية المؤثرة على مدينة حائل

م	إسم الحوض	مخرج الحوض	المساحة (كم٢)	التصرف (م٣/ث) زمن تكراري ١٠٠ عام
١	الأديرع	"كوبري على طريق الجوف" شمال مدينة حائل	٨٥٥,٢٩٦	٧٢٧,٠٧
٢	مريفق	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٢١٢,٠٢٢	٢٢٤,٦٤
٣	العقيلة	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	١١٤,٤٩٥	١٥٥,١٤
٤	الخريمي	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	١٠٥,٢٦٧	١٠٨,٤٤
٥	السلف	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٨٧,١٤٦	٤١٨,٢٨
٦	الرغيمة	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٧٠,٦٣٢	٤٩,٦٩
٧	عقدة	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٥٦,٠١٦	١٥٧,٨٧
٨	رُوية	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٣٩,٥٥٧	٦٨,٣٥
٩	البار	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٣٩,١٢٨	٢١٧,٧٢
١٠	الصندوق	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٣٥,٩١٨	٦٨,٧١
١١	مشار	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٢٨,٩١٨	٢٢٣,٥٧
١٢	الصر	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	٢٤,٤١٤	١٥٧,٤٣
١٣	صهارة	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	١٦,٢٠٥	٦٧,٤٢
١٤	الرصف	مجرى وادي الأديرع الرئيسي	١٢,٣٧٢	١٠٣,٧٠
	الإجمالي		**١٦٩٧,٣٩**	**-**

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩).



شكل رقم ١٠. خارطة أحواض الأودية الرئيسية وأحواض التصريف الفرعية بمدينة حائل

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩).

٦-٩ تحليل المناسيب وخطوط الكنتور لمدينة حائل

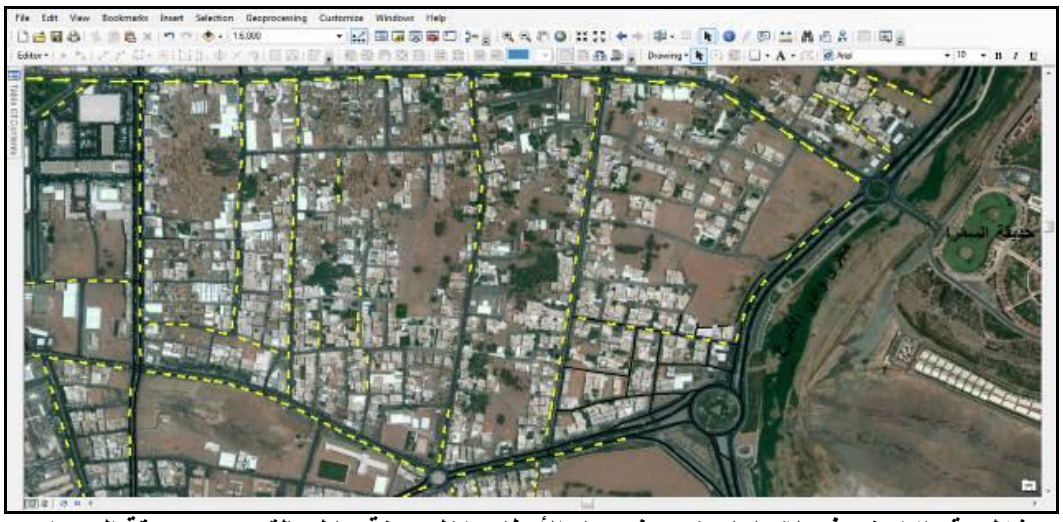
كما هو موضح من الشكل رقم ١١. تم استخراج معظم خطوط الكنتور من الخرائط الطبوغرافية لمدينة حائل بدقة ١م مع وجود بعض المناطق بالمدينة تم تغطيتها بخرائط دقة ٥م، ومن خلالها تم دراسة مناسيب السطح واتجاهات تصريف المياه بالمدينة.

شكل رقم ١١. نموذج لخطوط الكنتور التي تم اشتقاقها من الخرائط الطبوغرافية لمدينة حائل

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩).

٦-٩ تحليل اتجاهات التصريف السطحي لمياه الأمطار لشوارع مدينة حائل "Flow Direction"

كما هو موضح من الشكل رقم ١٢. تم تحليل اتجاهات تصريف مياه الأمطار بمدينة حائل وضواحيها سواء عبر الشوارع الرئيسية أو الفرعية أو عبر المساحات المفتوحة، ومن خلال هذه الدراسة تم تحديد وتقسيم أحواض التصريف الفرعية داخل المناطق العمرانية لمدينة حائل، كما تم تحديد الشوارع التي تشكل مجاري رئيسية لمياه الأمطار وتوضيح مصباتها.



شكل رقم ١٢. نموذج لاتجاهات تصريف مياه الأمطار داخل مدينة حائل بالقرب من حديقة السمراء

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩)

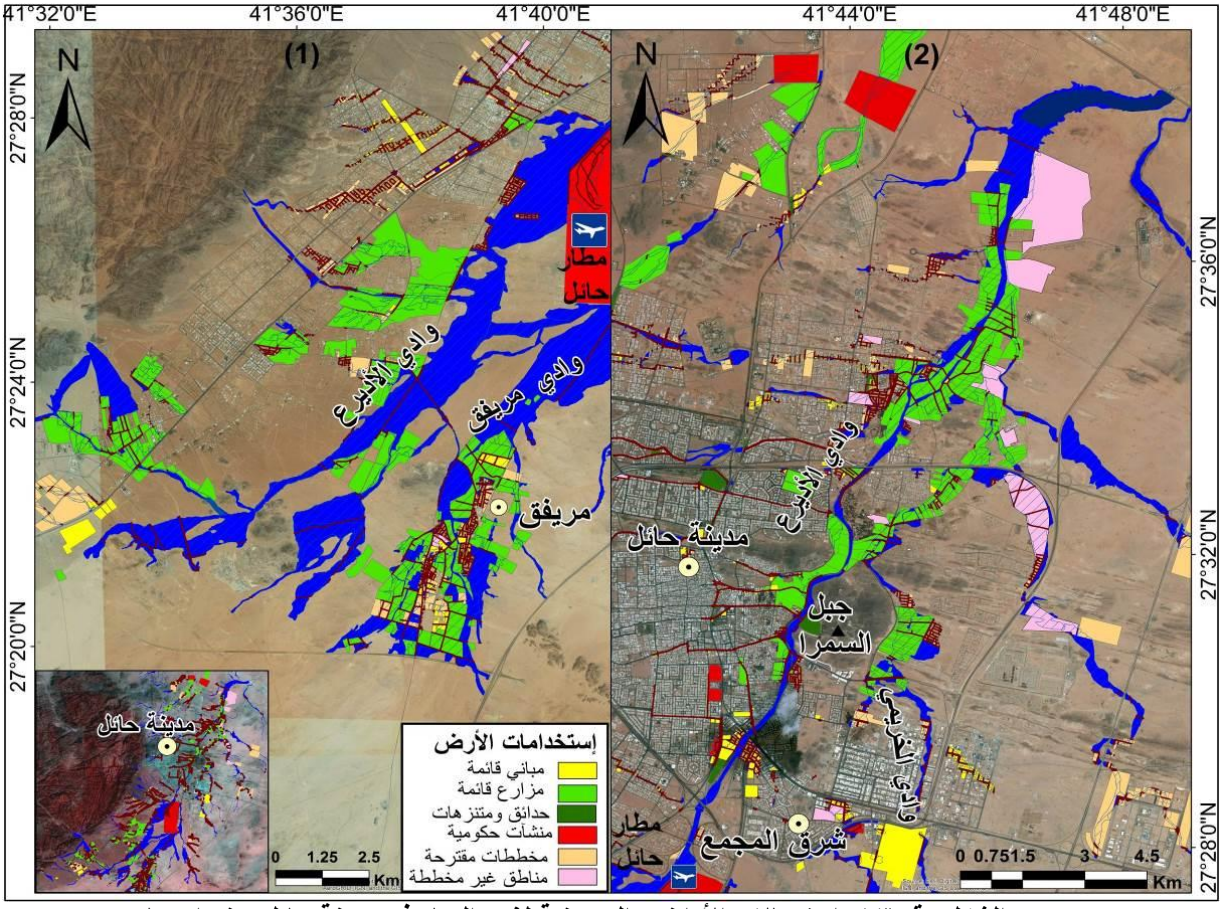
لقد تم إعداد وتجهيز المخرجات من الخرائط المستخرجة من التحليلات في شكل خرائط نوعية ومجموعة من الجداول والبيانات وقاعدة بيانات جغرافية (Geo-Database) لعناصر درء أخطار السيول وتصنيفاتها المختلفة. ويوضح الجدول رقم ٥. إجمالي المناطق المعرضة للغمر وتجمعات المياه داخل مدينة حائل وضواحيها وقد تم تحديد استخدامات الأرض المعرضة للغمر.

جدول رقم ٥. تصنيفات استخدامات الأرض المختلفة المعرضة للغمر داخل مدينة حائل وضواحيها

التصنيف الرئيسي	العدد	٪	المساحة (كم٢)	٪
قطع سكنية قائمة	٢٨٦١	32.37	٢,٢٦٥	8.91
قطع سكنية فضاء	٩١	1.03	٢,٦٧٧	10.52
مرافق حكومية قائمة	٤٩٤٧	55.97	٦,٠٦٩	23.86
مرافق حكومية فضاء	٢٣٥	2.66	١,٥١٢	5.94
مزارع	٦٢٠	7.01	١٢,٥٧٣	49.43
حدائق عامة	٥	0.06	٠,٠٧٦	0.30
صناعي وتجاري قائم	٤٥	0.51	٠,١٧٨	0.70
صناعي وتجاري فضاء	٣٥	0.40	٠,٠٨٥	0.33
الإجمالـــــــي	٨٨٣٩	١٠٠	٢٥,٤٤	١٠٠

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩)

تشير نتائج التحليل إلى تأثر نحو ٨٨٣٩ وحدة استخدام أرض بالغمر بمياه الأمطار والسيول، لنجد أن أكثر الوحدات من حيث العدد ستتأثر بغمر المياه هي المرافق الحكومية القائمة ويبلغ عددها ٤٩٤٧ وحدة بنسبة ٥٥,٩٧٪ من إجمالي عدد الوحدات المتأثرة بخطر الغمر. ثم تأتي المباني القائمة فعلياً في المرتبة الثانية لتبلغ ٢٨٦١ وحدة بنسبة ٣٢,٣٧٪ من إجمالي استخدامات الأرض مما يدل على عدم وجود تخطيط مناسب ومتكامل قبل اختيار هذه المواقع لاستغلالها كمناطق مأهولة سكنياً. ثم يليهم كل من المزارع والمرافق الحكومية الفضاء والقطع السكنية الفضاء والمناطق الصناعية والتجارية القائمة والفضاء وأخيراً الحدائق العامة وذلك بنسب ٧,٠٪ و ٢,٧٪ و ١,٠٣٪ و ٠,٥١٪ و ٠,٤٪ و ٠,٠٦٪ لكل منهم على التوالي. بينما من حيث مساحات استخدامات الأراضي فيبلغ إجمالي مساحة استخدامات الأرض المعرضة للغمر نحو ٢٥,٤ كم٢ حيث تأتي المزارع في المرتبة الأولى وتبلغ مساحتها ١٢,٧ كم٢ لتستحوذ على ٤٩,٤٪ من إجمالي مساحة استخدامات الأراضي ثم يأتي بعدها المرافق الحكومية القائمة بمساحة ٦,١ كم٢ بنسبة ٢٣,٨٪ من إجمالي مساحة الاستخدامات ثم كل من القطع السكنية الفضاء والقطع السكنية القائمة والمرافق الحكومية الفضاء والمناطق الصناعية والتجارية القائمة والفضاء ثم الحدائق العامة بنسب ١٠,٥٪ و ٨,٩٪ و ٥,٩٪ و ٠,٧٪ و ٠,٣٣٪ و ٠,٣٪ لكل منهم على التوالي. ويوضح الشكل رقم ١٣. استعمالات الأراضي المعرضة لغمر المياه في مدينة حائل وضواحيها.



الشكل رقم ١٣. استعمالات الأراضي المعرضة لغمر المياه في مدينة حائل وضواحيها

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩).

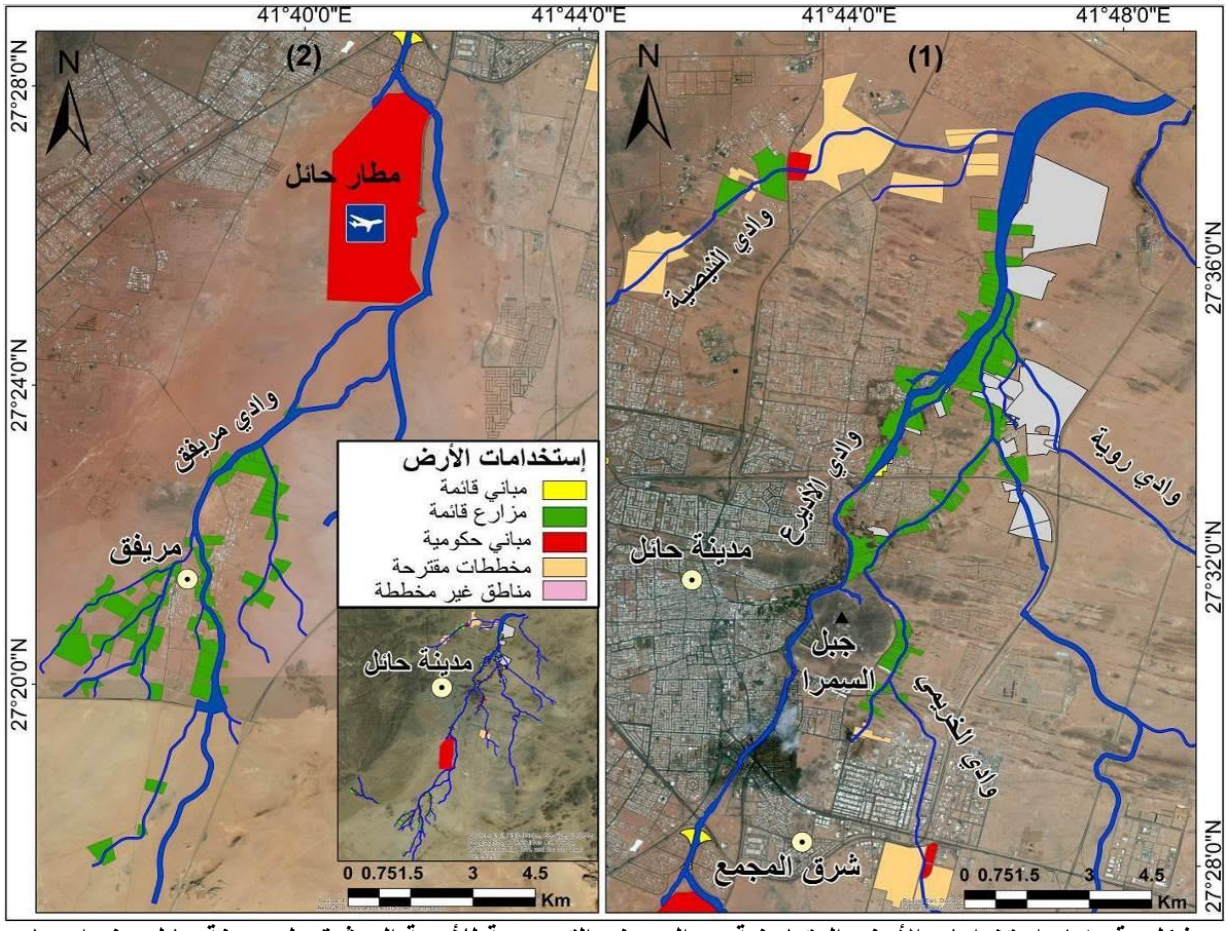
٦-١٠ تحليل استخدامات الأرض المتعارضة مع القطاعات التصميمية المقترحة للأودية

تم تحديد هذه التعارضات سواء مناطق سكنية أو مزارع أو طرق إضافة إلى تصنيفاتهم المختلفة، وقد تبين أن إجمالي مساحة التعارضات مع مسارات القطاعات التصميمية للأودية قد إنخفضت مساحتها مقارنة بالتعارضات مع المناطق المعرضة للغمر بدون تهذيب مجرى الأودية. لينخفض أعداد هذه التعارضات من ٨٨٣٩ وحدة إلى ٤٩٥ وحدة بعد تحديد القطاعات التصميمية لمجاري الأودية. وهذا يوضح حجم المخاطر التي تتعرض لها المناطق العمرانية داخل مدينة حائل نتيجة التأخر في فتح مسارات الأودية الطبيعية وإزالة التعديات على مجاريها وكذلك التأخر في نزع الملكيات التي تتعارض مع القطاعات التصميمية للأودية أو مجاري التصريف الرئيسية في المناطق العمرانية، ليتضح لنا مدى مساهمة تحديد القطاعات التصميمية للأودية وأعمال الحماية المختلفة في التقليل من الأخطار الهيدرولوجية على استخدامات الأرض المختلفة الواقعة بالقرب من مسارات الأودية. ويوضح الجدول رقم ٦. والشكل رقم ١٤ تقاطعات استخدامات الأراضي بمدينة حائل مع العروض التصميمية لمسارات الأودية في المدينة وضواحيها.

جدول رقم ٦. تصنيفات استخدامات الأرض المتعارض مع العروض التصميمية للأودية داخل مدينة حائل وضواحيها

التصنيف الرئيسي	التصنيف الفرعي								الإجمالي			
	مستقل		تضم مباني		تضم حديقة		تقع في مزرعة					
	العدد	المساحة (كم٢)	العدد	المساحة (كم٢)	العدد	المساحة (كم٢)	العدد	المساحة (كم٢)	العدد	المساحة (كم٢)	٪	
مباني قائمة	١٧	٠,٢٩	-	-	١	٠,٠١	-	-	١٨	٠,٣	٣,٦	٠,٦
مزارع قائمة	٢٧٠	١٤	٦٩	٣,٩	-	-	-	-	٣٣٩	١٧,٩	٦٨,٥	٣٦,٦
مباني حكومية	٨	١٢,٨	-	-	-	-	-	-	٨	١٢,٨	١,٦	٢٦,٢
مناطق مخططة	١٠٥	٩,١	-	-	-	-	٦	٠,٠٠٥	١١١	٩,١٠٥	٢٢,٤	١٨,٦
مناطق فضاء غير مخططة	١٩	٨,٨	-	-	-	-	-	-	١٩	٨,٨	٣,٨	١٨,٠
الإجمالـــــي	٤١٩	٤٤,٩٩	٦٩	٣,٩	١	٠,٠١	٦	٠,٠٠٥	٤٩٥	٤٨,٩١	١٠٠	١٠٠

المصدر: (أمانة منطقة حائل، ١٤٣٩).



شكل رقم ١٤. استخدامات الأرض المتعارضة مع العروض التصميمية للأودية المؤثرة على مدينة حائل وضواحيها
المصدر: (أمانة منطقة حائل).

٧. مناقشة النتائج

استناداً إلى دراسة مخاطر السيول وخرائط الغمر لمدينة حائل وبتحليل بيانات المناطق المعرضة للغمر وتباين درجات الخطورة بناء على سرعة تدفق ميها السيول والأمطار وعمق الغمر، وأهمية مواقع المناطق المعرضة للغمر وخطر السيول من حيث الكثافة السكانية والتأثير على حركة المرور. يلخص الجدول رقم ٧. التحديات القائمة لمدينة حائل وضواحيها لمشاريع درء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار.

جدول رقم ٧. التحديات والفرص لمشاريع درء مخاطر السيول في مدينة حائل

الضعف: قائمة المؤشرات الضعيفة	القوة: المؤشرات القوية
▪ تراكم مخاطر السيول على مدينة حائل نتيجة عدم احترام السياسات العمرانية لمجاري الأدوية والسيول وكثرة التعديات على الأودية ▪ عدم وجود بيانات وخرائط توضح مجاري السيول والأودية الطبيعية مكتملة للمدينة كذلك عدم وجود بيانات لكميات الأمطار التي هطلت خلال الفترة الماضية ▪ صعوبة اعتماد دراسات السيول ودراسة المخاطر من هيئة المساحة الجيولوجية حيث أنها تأخذ وقت طويل وتكاليف عالية.	▪ وجود منهجية واضحة تحدد الجهات المسئولة عن دراسات مخاطر السيول كل فيما يخصه ▪ وجود تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والبرامج الإحصائية أسهمت في التعامل مع البيانات المتاحة لتحديد حجم مخاطر السيول على مدينة حائل ▪ دعم الوزارة لدى هيئة المساحة الجيولوجية لسرعة اعتماد الدراسات المطلوبة وبدون تكاليف
التهديدات	**الفرص**

▪ صعوبة إدارة مخاطر السيول أثناء هطول الأمطار بسبب عدم تحديد حجم المخاطر على مدينة حائل. ▪ صعوبة تحديد وتدقيق المواقع التي سوف تخصص للجهات الحكومية كذلك تدقيق حجج الاستحكام والمخططات السكنية الحكومية والخاصة للتأكد من خلوها من مجاري الأودية الطبيعية ▪ التكاليف المخصصة لبرنامج الحماية من السيول محدودة.	▪ تحديد مخاطر السيول على مدينة حائل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتحديد أفضل طرق المعاجلة العاجلة والدائمة للتعامل مع تلك المخاطر. ▪ وجود خارطة نظم معلومات الجغرافية للسيول سهل عملية تدقيق المواقع التي سوف تخصص للجهات الحكومية كذلك تدقيق حجج الاستحكام والمخططات السكنية الحكومية والخاصة للتأكد من خلوها من مجاري الأودية الطبيعية وأعطاها دقة أعلى ▪ وجود رؤية واضحة لحجم مخاطر السيول وتحديد الأولويات بناء على الخطورة من مخرجات خارطة مخاطر السيول والغمر باستخدام تقنيات ونظم المعلومات الجغرافية أدت إلى دعم إضافي لبرنامج الحماية من السيول لمدينة حائل.

المصدر: استنادا إلى نتائج الدراسة.

٨- التوصيات

ناقشت الورقة البحثية دور نظم المعلومات الجغرافية في درء مخاطر السيول في المملكة العربية السعودية من خلال التحليل المتعمق لتجربة أمانة منطقة حائل. وتناول البحث تحديات درء مخاطر السيول وتحديد أبرز المواقع العمرانية المعرضة للغمر. وبناءً على نتائج البحث، توصي الدراسة بالآتي:

١. الالتزام بأولويات مشاريع درء أخطار السيول وأولويات مشاريع تصريف مياه الأمطار لمدينة حائل. كما هي موضحه في الجدول رقم ٨.
٢. وضع برنامج زمني لإنهاء الدراسات التفصيلية للمشاريع المقترحة حسب الأولويات.
٣. التنسيق مع وزارة الشئون البلدية والقروية والقطاعات ذات العلاقة لوضع برنامج زمني لاعتماد الميزانيات الكافية لتنفيذ مشاريع الحماية من السيول وفق الأولويات.
٤. سرعة إزالة كافة التعديات والعوائق التي في بطون الأودية والمجاري الطبيعية.
٥. الرفع بكافة الصكوك والحجج التي تقع في بطون الأودية أو جزء منها للجهات المختصة لنقض الصكوك والتهميش عليها وفق الأنظمة والتعليمات.
٦. العمل على تحديث خرائط النظم الجغرافية لمخاطر السيول بالمستجدات من المشاريع التي تنفذ والبيانات التي تستجد في هذا الشأن.
٧. ضرورة العمل على تكامل مخرجات الدراسة مع السياسات العمرانية لمدينة حائل بما يضمن الحفاظ على مجاري السيول والأودية للمواقع التي ستخطط مستقبلا

جدول رقم ٨. أولويات مدينة حائل وضواحيها لمشاريع درء أخطار السيول وتصريف مياه الأمطار

م	أولويات مشاريع درء أخطار السيول	أولويات مشاريع تصريف مياه الأمطار
١	درء أخطار السيول لوادي الأديرع	أعمال خطوط رئيسية ناقلة لأحياء النقرة
٢	أعمال درء أخطار السيول لوادي الخريمي	إنشاء شبكة صرف أمطار لأحياء الخزامى والمصيف
٣	أعمال درء أخطار السيول لقرية مريفق	إنشاء شبكة صرف أمطار لأحياء التلفزيون والخماشية
٤	مشروع درء أخطار سيول وادي السلف	إنشاء شبكة صرف أمطار لأحياء المنتزه الغربي
٥	مشروع درء أخطار سيول لأودية النيصية	إنشاء شبكة صرف أمطار لحي الخُب (الكهرباء)
٦	مشروع إنشاء حوض تهدئة عند مخرج وادي	شبكة صرف أمطار لأحياء الشفا والرصف
٧	مشروع درء أخطار سيول وادي عقدة	شبكة صرف أمطار لأحياء المطار والجامعيين وحارة عمار
٨	مشروع درء أخطار سيول أودية العقيلة	شبكة صرف أمطار لأحياء السلام والبادية والورود مع خط
٩	مشروع درء أخطار السيول عن أحياء السلام	إنشاء شبكة صرف أمطار لأحياء الياسمين والنفل.
١٠	مشروع درء أخطار سيول وادي الصر والبار	إنشاء شبكة صرف أمطار لحي ملحق النفل
١١	مشروع درء أخطار سيول لمنطقة قفار	إنشاء شبكة صرف أمطار للمنطقة السكنية داخل حوض
١٢	مشروع درء أخطار السيول لقرية عريجاء	إنشاء شبكة صرف أمطار للمنطقة السكنية داخل حوض غطاط
١٣	مشروع درء أخطار سيول وادي الرغيمة	إنشاء شبكة صرف أمطار للمنطقة السكنية داخل حوض شارع

١٤	مشروع درء أخطار سيول وادي روية.	إنشاء شبكة صرف أمطار لحي المنتزه الشمالي
١٥	مشروع درء أخطار سيول وادي الصندوق	إنشاء شبكة صرف أمطار لحي شراف
١٦		إنشاء شبكة صرف أمطار لحي صلاح الدين
١٧		إنشاء شبكة صرف أمطار لأحياء المنتزه الشرقي والأمل
١٨		إنشاء شبكة صرف أمطار للمنطقة الصناعية
١٩		إنشاء شبكات صرف أمطار لمنطقة قفار
٢٠		إنشاء شبكة صرف أمطار لمخططات السويفلة والمملكة
٢١		إنشاء شبكة صرف أمطار لحي الجبل
٢٢		إنشاء شبكة صرف أمطار لمخطط الشبيلي
٢٣		إنشاء شبكة صرف أمطار لمخطط الوادي
٢٤		إنشاء شبكة صرف أمطار لمخطط المدائن
٢٥		إنشاء شبكة صرف أمطار لضاحية الملك فهد

٩. المراجع

المراجع العربية

١- إبراهيم زكريا الشامي. (١٩٩٥). *التحكم في السيول والاستفادة من مياهها ودرء أخطارها ,بحوث ندرة المياه في الوطن العربي,المجلد الأول ,الجمعية الجغرافية المصرية*. القاهرة.

٢- أدفايز محمد العيسوي والدكتور مجدي محمد علي. (٢٠١١). *استخدام الحاسب الآلي ونظم المعلومات الجغرافية في التمثيل البياني والخرائطي*. دار المعرفة الجامعية.

٣- المخطط الاقليمي لمنطقة حائل -أمانة منطقة حائل. *المخطط الاقليمي لمنطقة حائل*.

٤- أمانة منطقة حائل. (١٤٣٨). *تقرير مخاطر السيول وتصريف مياه الأمطار لأمانة منطقة حائل*. حائل: أمانة منطقة حائل.

٥- تقوى أبو بكر محمد عبدالله. (١٤٣٩). *دور المجتمع المحلي في الاستعداد للتخفيف من كوارث السيول والفيضانات* . الخرطوم: جامعة الرباط الوطني.

٦- عبدالله سليمان العمار. *دور تقنية ونظم المعلومات في إدارة الأزمات والكوارث*. الرياض: جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.

٧- مجلس الوزراء. (١٤٢٨). *قرار مجلس الوزراء رقم ١٥١ في ٤/٥/١٤٢٨* . الرياض: مجلس الوزراء.

٨- مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية . *الخرائط*.

٩- معهد بحوث الموارد المائية-المركز القومي لبحوث الماء. (٢٠١٠). *أطلس السيول لشبه جزيرة سيناء*. القاهرة.

١٠-وزارة الشئون البلدية والقروية .(2017) .*برنامج التحول الوطني 2020.*الرياض

١١-منظمة الزراعة والاغذية للأمم المتحدة .(*الخريطة الجيولوجية لمنطقة حائل* .

English References

1. Ahmed.Youssef, S. (2011). *Analysis on sauses of flash floods in jeddah city(KAS)OF 2009 -AND2011 useing multi-sensor remote sensing data and GIS.* JEDDAH.
2. Flaflom(٢٠٠٩)*Flash floods in Egypt protection and management, flood risk mapping ,Report NO.41 Water resources Research Institute (WRRI),NWRC,Egypt .*
3. Lowry, J. P. (2012). *Flood hazard modelling and risk assessment in the Nadi River Basin the south pacific :csiro publishing fiji using GIS and MCDA.*
4. SUN, N. *Use of GIS in floods risk mapping.* UK.
5. Walailak University. *Application of GIS for flood risk mapping.* Monson.