

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / إدارة المخاطر



عنوان البحث

فاعلية التكامل بين التحليل الجيومكاني وإدارة المخاطر في تعزيز القرارات

الاستراتيجية: دراسة على نموذج محلي

إعداد الطالبة

غادة بنت حمود

إشراف/

العام الدراسي:

٢٠٢٥

إهداء

إلى كل من يسعى في طريق العلم..

ستصل بمشيئة الله

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر والتقدير لكل من أسهم في مساندة هذا العمل وإتمامه..

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل دور المنظومة الجيومكانية في تعزيز إدارة المخاطر (السيول نموذجاً) من خلال توظيف التحليل المكاني المتقدم لفهم طبيعة المخاطر الهيدرولوجية واستكشاف أثر دمج النظم الجيومكانية مع مبادئ إدارة المخاطر في دعم القرارات الاستراتيجية. وقد اعتمدت الدراسة على نموذج محلي لمدينة المدينة المنورة يُمثل حالة تطبيقية لاختبار فعالية التكامل بين البيانات المكانية، والنمذجة الهيدرولوجية، وتصنيف الخطورة وفق منهجيات تتماشى مع المعايير الدولية مثل ISO 31000.

أظهرت النتائج أن المنظومة الجيومكانية تعتبر عنصراً جوهرياً في فهم أنماط الخطورة واتخاذ القرارات المبنية على الأدلة، وأن التكامل بين التحليل المكاني وإدارة المخاطر يُسهم بشكل مباشر في تحديد أولويات التدخل، وتحسين التخطيط الحضري، وتعزيز الجاهزية والاستجابة وقت الطوارئ. كما برزت أهمية النموذج المحلي بوصفه مثلاً تطبيقياً قابلاً للتطوير والتعميم في سياقات حضرية مشابهة، بما يتيح بناء نموذج مؤسسي مستقبلي لإدارة مخاطر السيول يعتمد على البيانات المكانية كأساس لاتخاذ القرار.

وتتلخص الدراسة إلى وجود فرص واسعة لتعزيز التكامل بين المنظومة الجيومكانية وإدارة المخاطر، من بينها: تطوير تقييم قابلية التأثر، ربط مخرجات نظم المعلومات الجغرافية بخطط الطوارئ، دمج التحليلات المكانية في سياسات استخدامات الأراضي، وتطوير نظام إنذار مبكر يعتمد على بيانات التنبؤ المكاني. وتؤكد الدراسة أن السيول ليست إلا نموذجاً واحداً يبرز إمكانات التحليل الجيومكاني في دعم إدارة المخاطر بكفاءة أعلى.

قائمة المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الاهداء	٢
شكر وتقدير	٣
المستخلص	٤
قائمة المحتويات	٥
قائمة الاشكال	٦
الفصل الأول الإطار العام للدراسة	١٢-٧
الفصل الثاني الإطار النظري والتكامل بين إدارة المخاطر والمنظومة الجيومكانية	٢١-١٣
الفصل الثالث: تحليل نموذج محلي في إدارة المخاطر الجيومكانية	٣١-٢٢
الفصل الرابع	٣٥-٣٢
قائمة المراجع	٤٠-٣٦

قائمة الأشكال

الموضوع	رقم الصفحة
حدود منطقة الدراسة	١٢
الإطار النظري للدراسة	١٤
المنظومة الجيومكانية	١٨
دورة إدارة المخاطر	١٩
منهجية نمذجة مخاطر السيول	٢٥
بناء قاعدة بيانات جيومكانية	٢٦
التحليل الجيومكاني	٢٧
خرائط مخاطر السيول	٢٨
مصفوفة المخاطر	٢٩
تطبيق محاكاة السيول	٢٩
الجوائز والاعترافات الدولية	٣١

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

مقدمة:

في ظل تزايد حجم المخاطر وتنامي التعقيدات الحضرية والبيئية التي تواجه تطلعات المدن التنموية الطموحة، تبرز الحاجة الملحة إلى أدوات أكثر ذكاء ومرونة لدعم عملية اتخاذ القرار، بما يضمن بناء مدن مرنة وآمنة ومستدامة. وتعد إدارة المخاطر من أبرز المجالات التي تتطلب هذا التحول، نظرا لاعتماد الكثير من ممارساتها الحالية على التحليل الوصفي أو التنبؤات العامة المستندة إلى البيانات التاريخية، دون توظيف كاف لقدرات المنظومة الجيومكانية.

من هنا تزداد الحاجة إلى توظيف تقنيات التحليل الجيومكاني كأدوات استراتيجية تعمق الفهم للمخاطر ضمن سياقها المكاني، وتُسهل في بناء سيناريوهات مستقبلية دقيقة، مما يحدد أولويات الاستجابة بكفاءة. ورغم توفر هذه الأدوات، إلا أن تكاملها مع منظومة إدارة المخاطر لا يزال محدودا، ويحتاج إلى إطار منهجي واضح ونموذج عملي متكامل يدعم لعملية القرار الاستراتيجي.

تنطلق هذه الدراسة من فرضية مفادها أن الدمج الذكي بين المنظومة الجيومكانية ومفاهيم إدارة المخاطر يعيد تشكيل الطريقة التي تصاغ بها القرارات على المستويين المكاني والاستراتيجي. وتسعى الدراسة إلى بناء إطار نظري وتطبيقي يجسد هذا التكامل ويبرز دور المنظومة الجيومكانية كأداة حيوية في تعزيز فاعلية اتخاذ القرار في البيئات الحضرية المعرضة للمخاطر.

مشكلة الدراسة:

تواجه المدن المعاصرة تحديات متسارعة في إدارة المخاطر، نتيجة للنمو الحضري السريع، والقصور في التخطيط المتكامل، إضافة إلى تنوع مصادر المخاطر المحتملة. وتفرض هذه التحديات الحاجة إلى قرارات استراتيجية تتسم بالدقة والوضوح، سواء من حيث التوقيت، أو الموقع، أو ترتيب الأولويات.

على الرغم من التقدم الملحوظ في تقنيات التحليل الجيومكاني وتوفر الأدوات الجيو تقنية القادرة على تحليل المخاطر وتحديد أنماطها المكانية، إلا أن توظيف هذه الإمكانيات في دعم اتخاذ القرار لا يزال محدوداً، نتيجة لغياب نماذج تكاملية واضحة تربط بين التحليل المكاني وأولويات التدخل. ومن هنا يبرز تساؤل جوهري: إلى أي مدى يمكن أن تسهم المنظومة الجيومكانية في تعزيز دقة وفعالية القرارات ضمن سياق إدارة المخاطر؟

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذه الدراسة من قدرتها على الربط بين البعدين الإداري والجيومكاني في سياق إدارة المخاطر الحضرية، تكمن القيمة المضافة لهذه الدراسة في إسهاماتها المتعددة سواء على المستوى العلمي: تسهم الدراسة في سد فجوة واضحة في الأدبيات العربية من خلال تناول العلاقة بين التحليل الجيومكاني وفعالية اتخاذ القرار الاستراتيجي في إدارة المخاطر، وهو مجال لم يتناول بالعمق الكافي في البحوث المحلية على حد علم الباحثة.

العملي: تقدم الدراسة نموذجاً تطبيقياً يُظهر كيفية توظيف البيانات المكانية في تحسين دقة وكفاءة القرارات المرتبطة بتحديد مواقع الخطر وتخطيط الاستجابة، مما يعزز من قدرة المدن على التنبؤ بالمخاطر والتعامل معها بفعالية.

المؤسسي: تدعم الدراسة الجهات المعنية بإدارة المخاطر في تبني أدوات تحليل مكانية كجزء من منظومة اتخاذ القرار، بما يُسهم في رفع جاهزيتها وتعزيز قدرتها على التوزيع الذكي للموارد وتحديد أولويات التدخل.

أهداف الدراسة

١. تحليل دور المنظومة الجيومكانية في دعم إدارة المخاطر.

٢. دراسة تحليلية لنموذج محلي وظف المنظومة الجيومكانية في التنبؤ بالمخاطر

٣. تحديد جوانب القوة وجوانب التطوير الممكنة.

تساؤلات الدراسة

١. كيف يمكن تفسير العلاقة بين البعد المكاني ومستوى الخطورة؟

٢. ما مدى قدرة المنظومة الجيومكانية على محاكاة سيناريوهات الخطر ضمن سياق إدارة المخاطر؟

٣. ما هي جوانب القوة والقصور التي يمكن استنتاجها عند تطبيق نماذج التحليل الجيومكاني على

بيانات مكانية فعلية؟

المنطلقات النظرية للدراسة:

تستند هذه الدراسة إلى عدد من المنطلقات النظرية التي تشكل الأساس الفكري والعلمي لتحليل العلاقة بين

نظم المعلومات الجغرافية وإدارة المخاطر الحضرية من منظور استراتيجي، وتتمثل فيما يلي:

أولاً: المنطلق المكاني – التحليل الجيومكاني كأداة للقرار

يرتكز هذا المنطلق على أن للبعد المكاني دوراً جوهرياً في فهم توزيع الظواهر وتقييم المخاطر. وتعد نظم

المعلومات الجغرافية (GIS) أداة تحليل قوية قادرة على كشف الأنماط المكانية وتحديد النقاط الحرجة، مما يُعزز

من دقة اتخاذ القرار وتوجيه الموارد نحو الأولويات. ويعتمد هذا المنطلق على مبدأ أن كل قرار إداري له بعد

مكاني، وكل خطر له أثر جغرافي يمكن قياسه.

ثانياً: المنطلق الإداري – اتخاذ القرار الاستراتيجي المبني على البيانات المكانية الدقيقة

تنطلق الدراسة من فرضية أن القرارات الاستراتيجية الناجحة تعتمد على معلومات دقيقة ومتكاملة، وأن دمج البيانات المكانية ضمن عملية اتخاذ القرار يُساهم في بناء استراتيجيات أكثر كفاءة ومرونة واستباقية. وهذا يتماشى مع مفاهيم الإدارة الحديثة التي تؤكد على أهمية القرار الذكي المبني على الأدلة والتحليل المتعدد الأبعاد.

ثالثاً: المنطلق الوقائي – التخطيط الاستباقي وتقليل الخسائر البشرية والمادية.

تؤمن الدراسة بأن التخطيط الحضري القائم على التحليل المسبق للمخاطر يعد أكثر فعالية من التدخل المتأخر. لذا، فإن استخدام نظم GIS في الكشف المبكر عن مناطق الخطورة يشكل ركيزة أساسية لبناء مدن أكثر مرونة واستدامة، ويدعم تنفيذ خطط وقائية تقلل من حجم الخسائر البشرية والمادية. وهذا المنطلق يتسق مع مبادئ إدارة الكوارث التي تضع الوقاية والاستعداد المسبق أولوية.

رابعاً: المنطلق التكاملي – الربط بين النظم الجيومكانية والإدارية

تنطلق الدراسة من تصور أن فعالية نظم المعلومات الجغرافية لا تكتمل إلا بدمجها داخل منظومات صنع القرار المؤسسية كجزء من البنية الإدارية للتخطيط وإدارة المخاطر والأزمات والكوارث.

تشكل هذه المنطلقات النظرية الأربعة الإطار الفلسفي الذي تستند إليه الدراسة، وتوجه الباحثة نحو تحليل العلاقة بين التحليل الجيومكاني وصناعة القرار كخيار استراتيجي ضروري لبناء مدينة ذكية مرنة وآمنة ومستدامة.

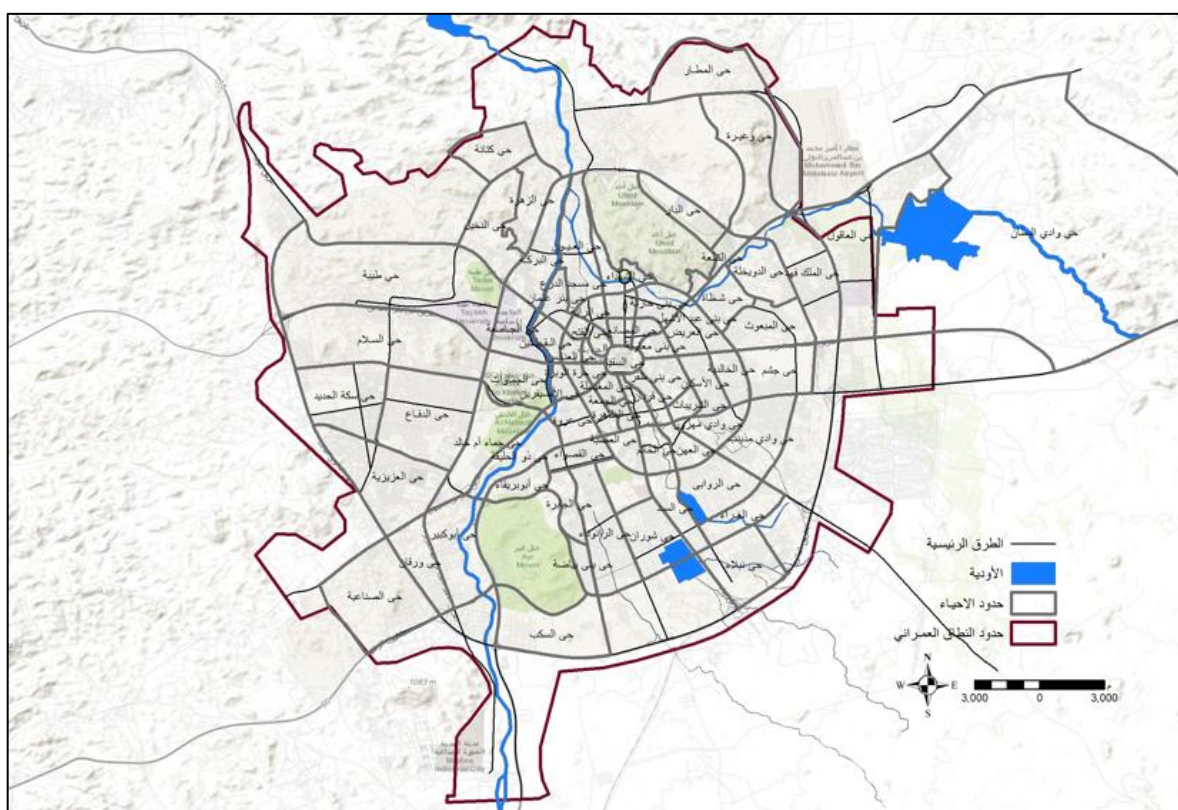
المنهجية وأدوات الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة الأدبيات والنماذج السابقة، وتحليل نموذج محلي قائم وظيف المنظومة الجيومكانية في إدارة المخاطر.

حدود الدراسة:

تركز الدراسة على التكامل بين المنظومة الجيومكانية وإدارة المخاطر، دراسة تطبيقية على المدينة المنورة داخل

النطاق العمراني.



شكل رقم ١ حدود منطقة الدراسة

الفصل الثاني: الإطار النظري والتكامل بين إدارة المخاطر والمنظومة الجيومكانية

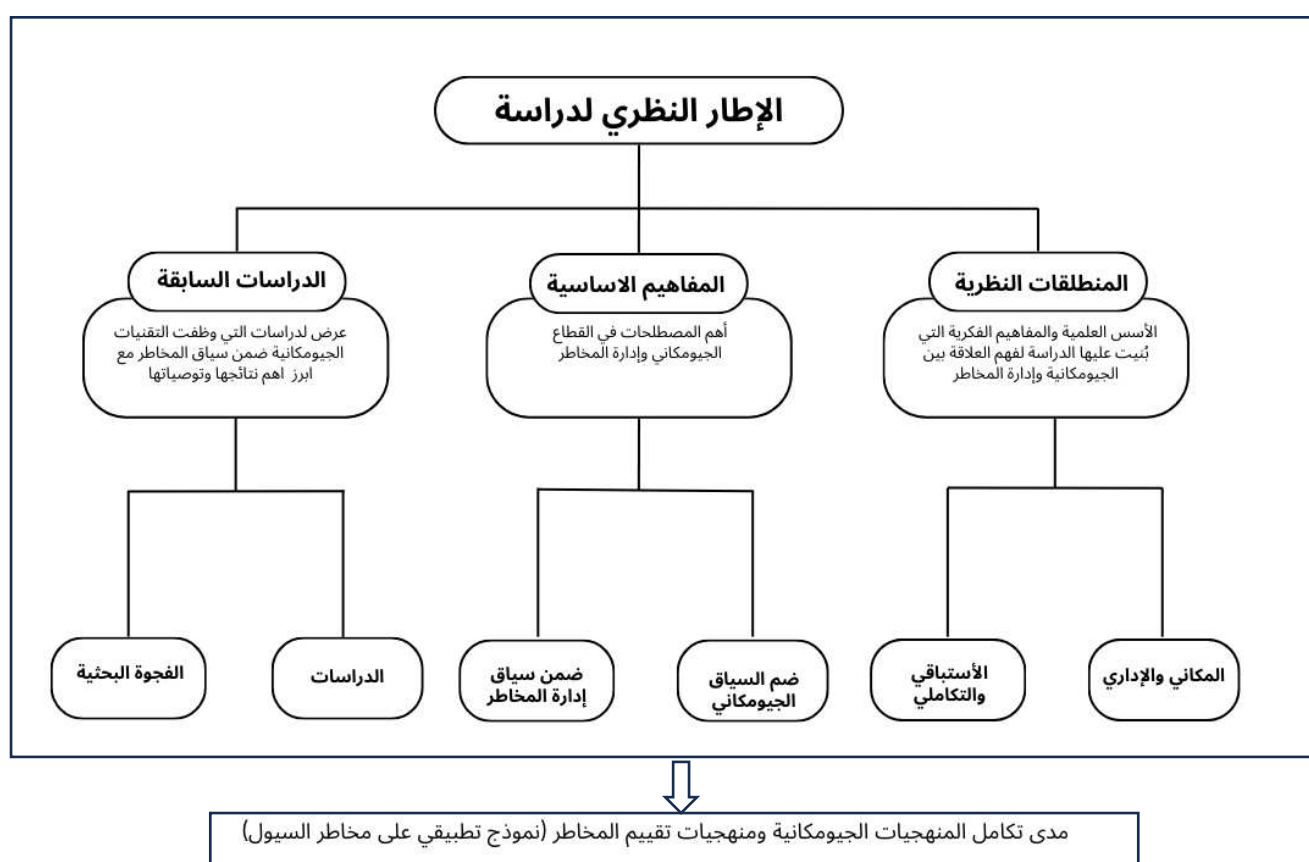
- المنطلقات النظرية

- المفاهيم الأساسية

الدراسات السابقة

1. المقدمة

تستعرض الدراسة من خلال هذا الفصل الإطار النظري الذي يعد الركيزة العلمية التي بنيت عليها الدراسة، حيث يقدم إطار متكامل يوضح من خلاله المنطلقات النظرية التي ارتكزت عليها الدراسة، المفاهيم الأساسية للمنظومة الجيومكانية ودورها في دعم عملية اتخاذ القرار ضمن سياق إدارة المخاطر وصولاً إلى استعراض الدراسات السابقة التي تناولت المنظومة الجيومكانية ضمن سياق إدارة المخاطر.



شكل ٢ الإطار النظري للدراسة

2. المنطلقات النظرية لدراسة

ترتكز الدراسة على عدد من المنطلقات النظرية كأساس فكري وعلمي تستند عليه في فهم العلاقة بين المنظومة الجيومكانية وإدارة المخاطر من منظور استراتيجي، والتي تتمثل فيما يلي:

أولاً: المنطلق المكاني

والذي يقوم على مبدأ أن كل قرار له بعد مكاني وكل خطر له أثر يمكن قياسه مكانياً.

ثانياً: المنطلق الإداري

والذي يقوم على فرضية أن اتخاذ القرارات الاستراتيجية الصائبة أساسها بيانية مكانية دقيقة.

ثالثاً: المنطلق الأستباقي

والذي يقوم على فرضية أن التحليل المسبق للمخاطر ضمن البعد المكاني يسهم في دعم وتنفيذ الخطط الوقائية وتقليل حجم الخسائر البشرية والمادية.

رابعاً: المنطلق التكاملي

والذي يقوم على فرضية أن المنظومة الجيومكانية عنصر أساسي في منظومة إدارة المخاطر.

3. المفاهيم الأساسية

أولاً: المفاهيم الأساسية في إدارة المخاطر

-الخطر Risk

هو أثر عدم اليقين على الأهداف (ISO 31000:2018) أي هو ما يترتب على حدوث حدث غير متوقع قد يكون سلبيا (ينتج عنه تحديات) أو ايجابيا ينتج عنه فرص.

-إدارة المخاطر risk management

مجموعة من الأنشطة المنظمة لتوجيه المنشأة والتحكم في مخاطرها (ISO 31000:2018) أي أسلوب منظم مستمر لفهم المخاطر، تقييمها ثم العمل على التعامل معها وفقا لخصائصها.

-أنواع المخاطر Types of Risks

المخاطر البيئية، الصحية، التقنية، البنية التحتية، الاقتصادية، المجتمعية بالإضافة إلى الأمنية (مجلس المخاطر الوطنية: ٢٠٢٣م)

-إطار ISO31000

معيار دولي يقدم مبادئ وارشادات لإدارة المخاطر من خلال منهجية شاملة تشمل (تحديد المخاطر وتحليلها وتقييمها ومعالجتها) (ISO 31000:2018)

ثانياً: المفاهيم الأساسية في المنظومة الجيومكانية

-المنظومة الجيومكانية

هي الإطار الذي يجمع بين البيانات الجيومكانية، البرمجيات الجيومكانية، منهجيات التحليل الجيومكانية، المعايير الجيومكانية والكفاءات الجيومكانية بهدف الوصول إلى مخرجات دقيقة وفعالة مثل (منصات تفاعلية، خرائط متخصصة، تقارير حضرية ومؤشرات تنموية) لدعم عملية صنع القرار المستند على البيانات الدقيقة.

-البيانات الجيومكانية

هي بيانات رقمية تمثل جميع العناصر على سطح الأرض (عناصر طبيعية وعناصر بشرية) من خلال مواقعها الجغرافية وسماتها الوصفية المرتبطة بها، وتستخدم في عملية صنع القرار في مختلف القطاعات.

-البرمجيات الجيومكانية

أنظمة وبرامج متخصصة يتم بواسطتها معالجة البيانات المكانية وتحليلها وعرضها.

-التحليل الجيومكاني

عملية دراسة العلاقات المكانية والانماط الجغرافية باستخدام البيانات المكانية ومعالجتها وتحليلها عبر البرامج الجيومكانية بهدف الوصول إلى مؤشرات مكانية دقيقة. تتباين طرق وأساليب التحليل المكاني تبعاً لتباين الظواهر المطلوب تحليلها (محمد شرف، ٢٠١١م).

-النمذجة

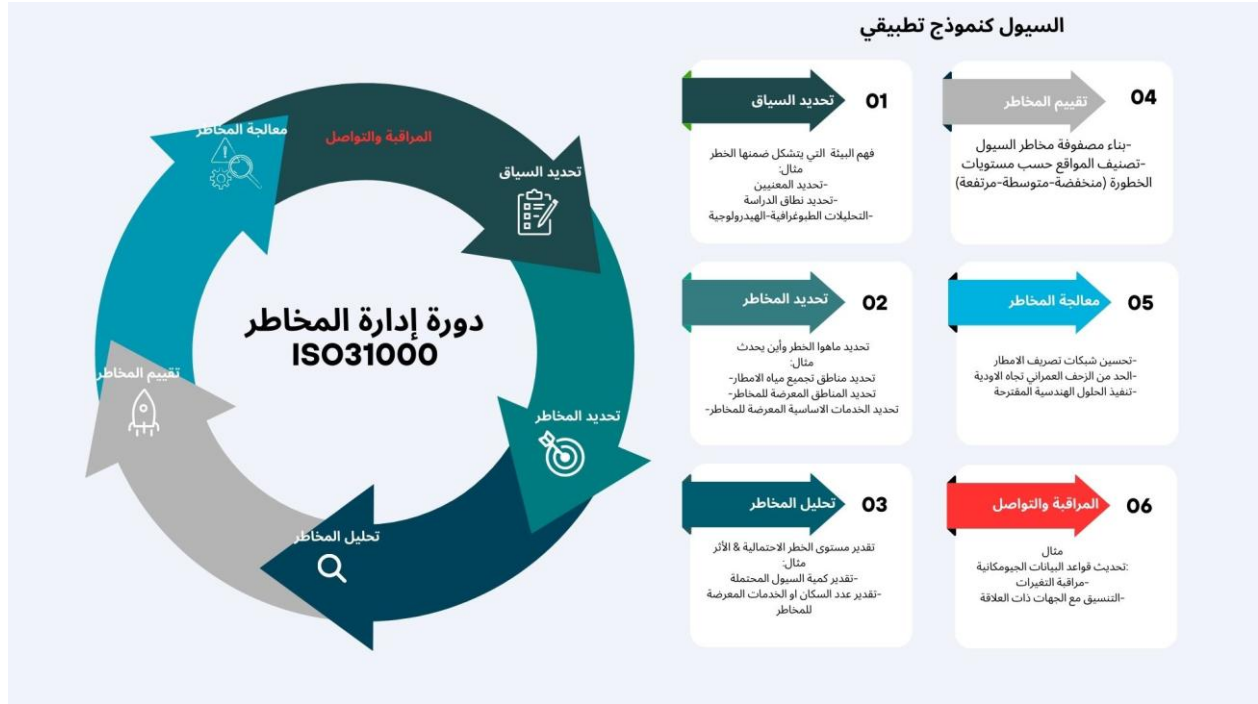
النموذج هو تمثيل لظاهرة أو النظام يوضح المراحل المختلفة لتطور الظاهرة وعلاقتها بالتغيرات المكانية وغير المكانية التي تؤثر فيها وتتأثر بها وإعادة تصنيف تلك العلاقات ونتائجها (محمد شرف، ٢٠١١م).



شكل رقم ٣ المنظومة الجيومكانية

4. مدى تكامل المنهجيات الجيومكانية ومنهجيات تقييم المخاطر (نموذج تطبيقي على مخاطر السيول)

تلعب المنظومة الجيومكانية دورا فعالا في أنظمة إدارة المخاطر بمختلف تصنيفات المخاطر، إذ توفر تصورا مكانيا للحاضر والمستقبل المبني على بيانات دقيقة وموثوقة. يوضح شكل** ربط مراحل تحديد وتقييم مخاطر السيول بدورة إدارة المخاطر وفقا لمعيار ISO31000 والذي يعد الإطار الرئيسي الذي تستند اليه جميع المعايير المرتبطة بالمخاطر مثل معايير ISO14001- ISO37123.



شكل رقم ٤ دورة إدارة المخاطر

5. الدراسات السابقة

أوضحت دراسة دغيري ٢٠١٣، توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بُعد (RS) في دعم جهود رصد الكوارث وإدارتها بكفاءة وفعالية. وتركز الدراسة على الدور المحوري لهذه الأدوات في جمع وتحليل البيانات المكانية والزمانية المتعلقة بالكوارث، مما يُمكن من التنبؤ بحدوثها، ورصد مخاطرها، والتحليل من الآثار السلبية لها على الإنسان والبيئة.

تبرز الدراسة كيف يمكن لتقنيات المكانية أن تسهم في بناء قواعد بيانات مكانية متكاملة تتيح محاكاة السيناريوهات المستقبلية وتحديد مناطق الخطورة. كما تتناول الدراسة نماذج تطبيقية ناجحة في هذا الجانب على

المستويين المحلي والعالمي، وتعرض أبرز التحديات التي تواجه تكامل هذه التقنيات في إدارة الكوارث مثل نقص الكفاءات الفنية، توفر البيانات الدقيقة والتنسيق مع الجهات.

تناولت دراسة حسن ٢٠٢٠، توظيف مفاهيم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة المكانية في مراقبة والسيطرة على مخاطر انتشار فيروس كوفيد-١٩ في المملكة العربية السعودية. وهدفت إلى توضيح كيفية استخدام الأدوات الجيومكانية لرصد التوزيع المكاني للفيروس، وتحليل أنماط الإصابات بحسب الجنس، الجنسية والفئة العمرية، وذلك بالاعتماد على قواعد بيانات وزارة الصحة. استخدمت الدراسة أساليب التحليل الإحصائي لتحديد البؤر الساخنة (Hotspots) حيث أوضحت النتائج أن معظم الإصابات تركزت في مناطق مكة المكرمة، المدينة المنورة، الرياض، والمنطقة الشرقية، والتي تشكل مجتمعة حوالي ٩٥٪ من إجمالي الحالات المؤكدة حتى تاريخ ٢٥ مايو ٢٠٢٠. كما سلطت الدراسة الضوء على فعالية نظم المعلومات الجغرافية في دعم قرارات العزل، إدارة الموارد والتواصل مع الجهات الصحية والأمنية، وتطوير تطبيقات ذكية لرصد التوزيع المكاني اليومي للحالات.

قامت دراسة الجميلي ٢٠٢٠ بتصميم نموذج محاكاة لمخاطر الفيضانات التي تشكل تهديدا لمنطقة الدراسة. يهدف النموذج إلى تحديد مواقع ذروة الفيضانات، ومناطق ظهورها، والمناطق المعرضة لها وكذلك المناطق الغير مهددة. استندت الدراسة إلى بيانات الأقمار الصناعية، الصور الجوية، والزيارات الميدانية، وأوضحت النتائج إمكانية استخدام هذه البيانات بشكل دوري ومنتظم كأساس لتنبؤ المبكر بالكوارث الجوية مما يساعد في تحذير السكان من الفيضانات وتفاذي ما يترتب عليها من إضرار.

كما أجرت دراسة المطيري ٢٠٢٢ تقيما لعدد من السياسات المتعلقة بنشر موارد الطوارئ بهدف تقليل زمن الاستجابة وتحقيق التوازن، كما قيمت أداء استراتيجيات إعادة تخصيص الموارد بناء على إدارة كوارث الفيضانات، وترى الدراسة أن وقت الاستجابة عاملا حاسما في تحديد الاستراتيجيات المناسبة لتعامل مع الكوارث وقت

حدوثها. اقترحت الدراسة نموذجاً مبسطاً لتحليل الفيضانات يعتمد على وحدة هيدروديناميكية لمحاكاة غمر المناطق بالمياه بدقة، بالإضافة إلى وحدة تقييم المخاطر باستخدام بيانات تاريخية للأمطار.

طبقت دراسة يوسف ٢٠٢٢ النمذجة المكانية لتحليل الجريان السطحي الهيدرولوجي في حوض وادي إبراهيم في مكة المكرمة، باستخدام النموذج الهيدرولوجي المعتمد من الهيئة الأمريكية للحفاظ على التربة. اعتمدت الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد وبرامج نظم المعلومات الجغرافية في محاكاة الهطول المطري. توصلت الدراسة إلى تحديد المواقع الأكثر عرضة لمخاطر السيول.

تناولت دراسة عبد الكريم ٢٠٢٤ تحليل مخاطر السيول في مدينة الخرج بالمملكة العربية السعودية وتهدف إلى تطوير خريطة دقيقة للمناطق المعرضة للغمر باستخدام منهج تكاملي يجمع بين التحليل الهيدرولوجي والعمراني. اعتمدت الدراسة على نمذجة سلوم السيول باستخدام نظام HEC-HMS لمحاكاة السيول.

توصلت الدراسة إلى تحديد أكثر المناطق عرضة للمخاطر.

وبالاستناد إلى ما تناولته الدراسات السابقة في تحديد المخاطر الهيدرولوجية ضمن السياق الجيومكاني دون دمج شامل بين التحليل المكاني وإدارة المخاطر، تسعى هذه الدراسة إلى تحليل منهجية تكاملية تربط بين النمذجة المكانية المتقدمة وتصنيف الخطورة وبين مبادئ إدارة المخاطر وفق المعايير الدولية وذلك بالتطبيق على نموذج محلي يبرز إمكانات هذا التكامل ودوره في دعم القرارات الاستراتيجية.

الفصل الثالث: تحليل نموذج محلي في إدارة المخاطر الجيومكانية

1. المقدمة

يستعرض هذا الفصل تجربة مدينة (المدينة المنورة) في محاكاة مخاطر السيول في المدينة المنورة والتي اعتمدت على توظيف المنظومة الجيومكانية بجميع عناصرها بما في ذلك المنهجية-الأدوات-البيانات الجيومكانية-الكفاءات الجيومكانية المتخصصة بهدف تحديد المواقع المعرضة لمخاطر السيول وتصنيفها وفقا لدرجات الخطورة (منخفضة الخطورة- متوسطة الخطورة-مرتفعة الخطورة-خطرة جدا).

يهدف هذا الفصل إلى تقديم وصف منهجي للدراسة المنفذة، وتحليل خصائصها ومكوناتها بهدف تقييم دور المنظومة الجيومكانية في دعم عملية اتخاذ القرارات المستندة على البيانات المكانية الدقيقة ضمن سياق إدارة المخاطر.

2. نبذة عن المدينة المنورة وعوامل الخطورة

المدينة المنورة أول عاصمة للإسلام وثاني أقدس المدن بعد مكة المكرمة، وتستمد مكانتها من وجود المسجد النبوي الشريف ومسجد قباء، إضافة إلى العديد من المواقع الدينية والتاريخية التي تعكس عمقها الروحي والثقافي (تقرير المدينة المنورة مدينة السكينة القابلة للعيش، ٢٠٢٤م).

جغرافيا، تقع المدينة على هضبة تتقاطع عندها الأودية الرئيسية الثلاثة: العاقول، والعقيق، والحمض، وتحيط بها الصحاري والحقول البركانية والجبال (تقرير مرونة المدينة المنورة نحو مستقبل صامد ضد المخاطر، ٢٠٢٤م)، وهو ما يمنحها طبيعة جيومورفولوجية متنوعة، ويجعلها أكثر عرضة لمخاطر السيول عند حدوث العواصف المطرية الشديدة.

وفي ضوء هذه الخصائص، يمكن تلخيص أبرز الأسباب التي تطلبت إجراء دراسة شاملة لمخاطر السيول المعنونة بـ "نمذجة ومحاكاة السيول في المدينة المنورة"، فيما يلي:

١-الارتفاع المستمر في أعداد الزوار والسياح سنويا، مما يستلزم تقييم مدى تعرض البنية التحتية والخدمات

لمخاطر السيول لضمان إدارة فعالة للمخاطر في المناطق الأكثر ازدحاما.

٢-النمو السكاني والعمراني المتسارع، وما ينتج عنه من توسع للتنمية الحضرية باتجاه الأودية ومواقع تجمع المياه.

٣-تنفيذ مشاريع ومبادرات تنمية كبرى، يتطلب إجراء تحليلات مكانية متقدمة تدعم التخطيط الاستراتيجي

وتقييم التعرض للمخاطر الهيدرولوجية استنادا إلى رؤى تحليلية دقيقة.

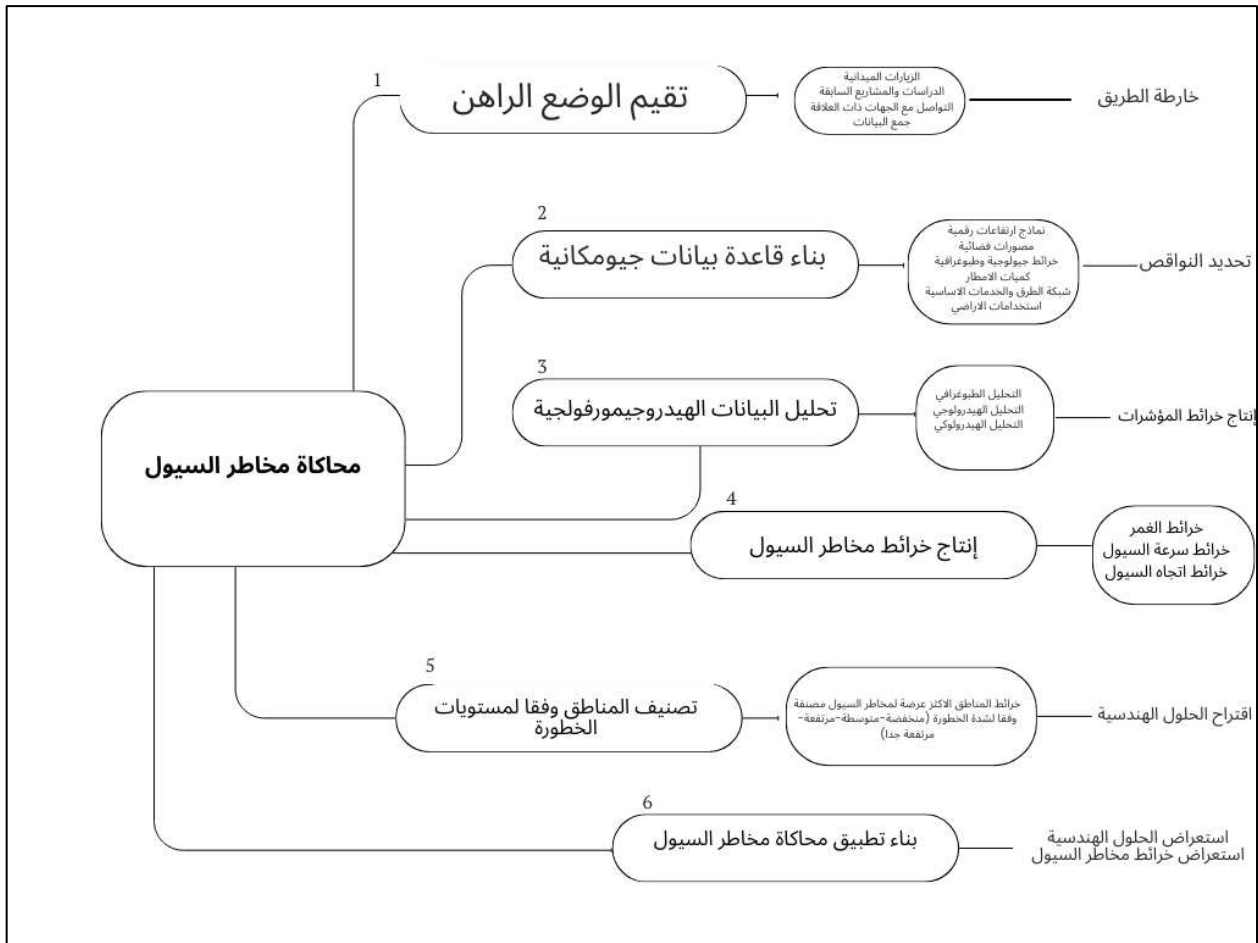
٤-الطبيعة الجغرافية للمدينة القائمة على شبكة من الأودية، مما يجعلها بطبيعتها أكثر عرضة للمخاطر السيول،

خاصة في حالات الأمطار الغزيرة.

٥-الأهمية الدينية والتاريخية للمواقع الإسلامية، مما يستدعي تعزيز حمايتها وضمان استدامة الوصول إليها

وسلامة زوارها.

3. نمذجة ومحاكاة السيول (تجربة المدينة المنورة)



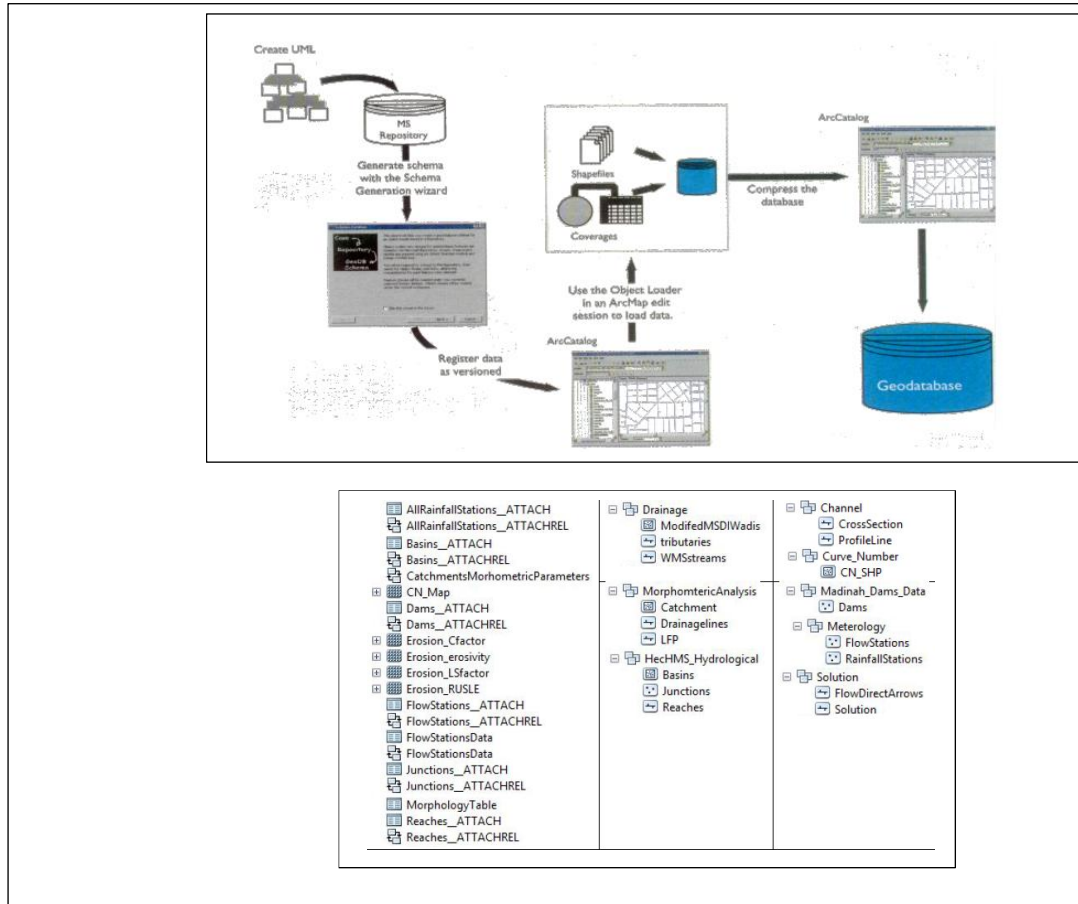
شكل رقم ٥ منهجية نمذجة مخاطر السيول

يوضح شكل ** المنهجية المتكاملة التي بنيت عليها الدراسة، ويهدف هذا التسلسل المنهجي إلى ضمان دقة المخرجات فيما يسهم في تقديم تصور شامل للمخاطر الحالية والمحتملة بناء على خطوات علمية مترابطة دقيقة تعزز القدرة على فهم سلوك الجريان السطحي المتوقع وفق عدد من السيناريوهات المحتملة، مستندة على نماذج هيدرولوجية عالمية، بيانات مكانية دقيقة وبرمجيات مكانية متقدمة. ونستعرض فيما يلي المراحل التي مرت بها الدراسة:

١- تقييم الوضع الراهن

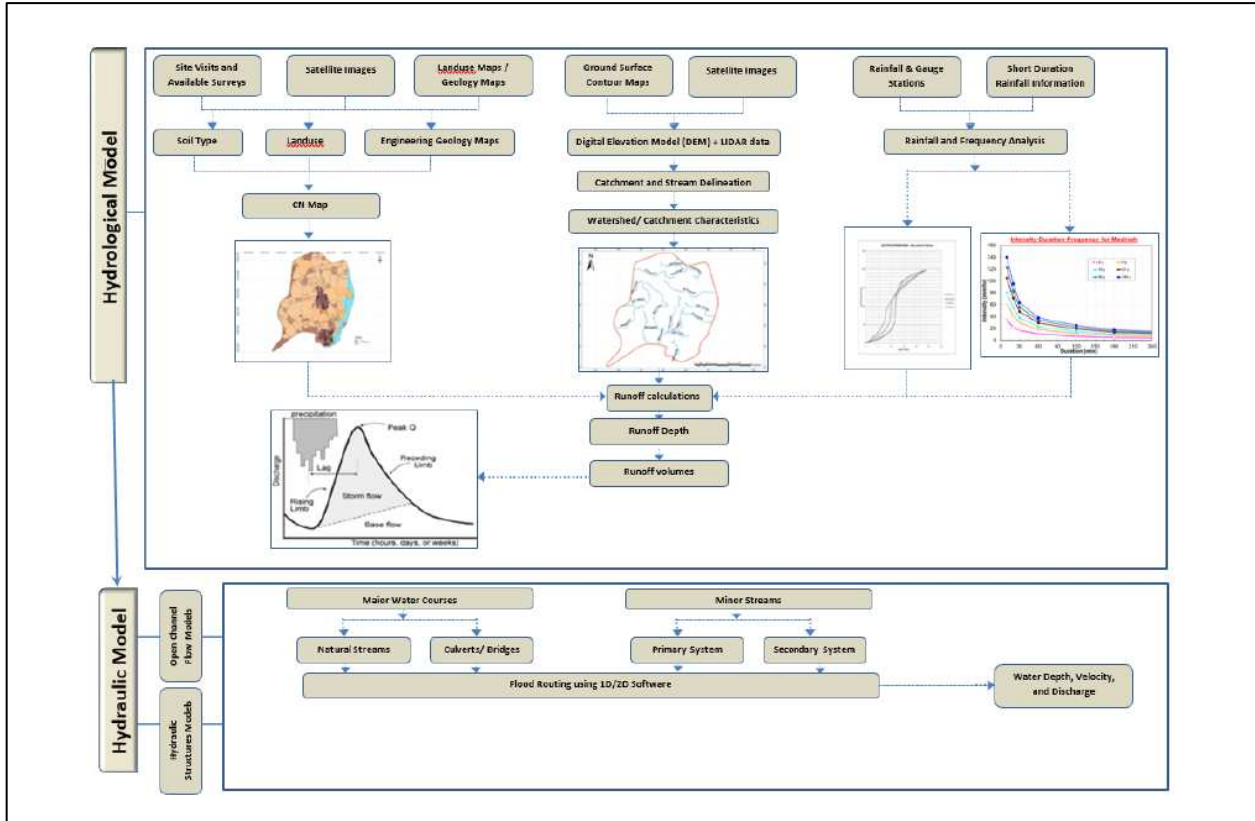
في هذه المرحلة تم بناء صورة شاملة عن البيئة الحضرية من خلال محاولة فهم خصائص المنطقة، عبر مراجعة المشاريع والدراسات السابقة ذات الصلة والقيام بزيارات ميدانية، حصر البيانات المكانية المتوفرة والغير متوفرة بالإضافة إلى حصر البرمجيات المتاحة والغير متاحة وتقييم مدى جاهزية البيئة البرمجية لحجم المشروع.

٢- بناء قاعدة بيانات جيومكانية



شكل رقم ٦ بناء قاعدة بيانات جيومكانية

تبدأ بتصميم قاعدة بيانات جيومكانية، تحديد البيانات المكانية المطلوبة، خصائصها الفنية وبياناتها الوصفية وفقاً للمعايير المعتمدة بالإضافة إلى تعريف العلاقات المكانية بين الطبقات. تعد هذه المرحلة الركيزة الأساسية لنماذج التنبؤ والمحاكاة في مختلف الدراسات الطبيعية والبشرية.

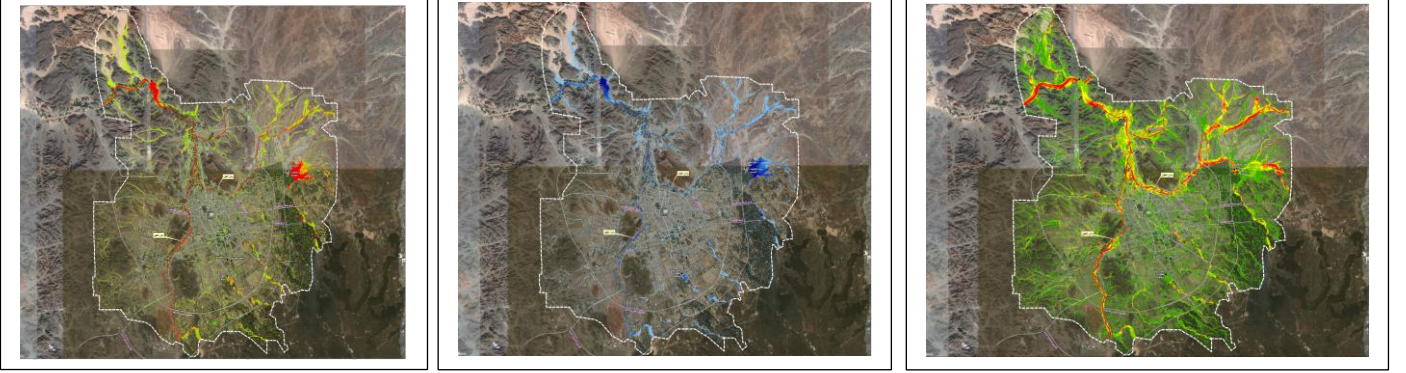


شكل رقم ٧ التحليل الجيومكاني

تم في هذه المرحلة توظيف أدوات التحليل المكاني المتقدم والنماذج الهيدرولوجية العالمية في التحليل الهيدرولوجي، المورفومتري والطبوغرافي للمنطقة بهدف فهم العلاقات المكانية المرتبطة بمخاطر السيول. وتشمل هذه التحليلات دراسة اتجاهات الجريان السطحي، الانحدارات، تحديد الاحواض المائية وخصائصها المورفومترية مثل كثافة التصريف ونسبة التضرس، كما تم حساب عمق الجريان، حجم الجريان وسرعته بالإضافة الى النمذجة أحادية وثنائية الأبعاد.

في هذه المرحلة تم إنتاج أكثر من ٥٠ مؤشر مكاني اسهم في بناء فهم دقيق لسلوك السيول.

٤- إنتاج خرائط مخاطر السيول



شكل رقم ٨ خرائط مخاطر السيول (خرائط الغمر وسرعة واتجاه السيول)

في هذه المرحلة تم إنتاج مجموعة من خرائط مخاطر السيول (بناء على أكثر من سيناريو متوقع للسيول) التي أسهمت في توضيح مستويات الخطورة والتي تعد أدوات أساسية لدعم عملية اتخاذ القرار. والتي تتمثل بما يلي:

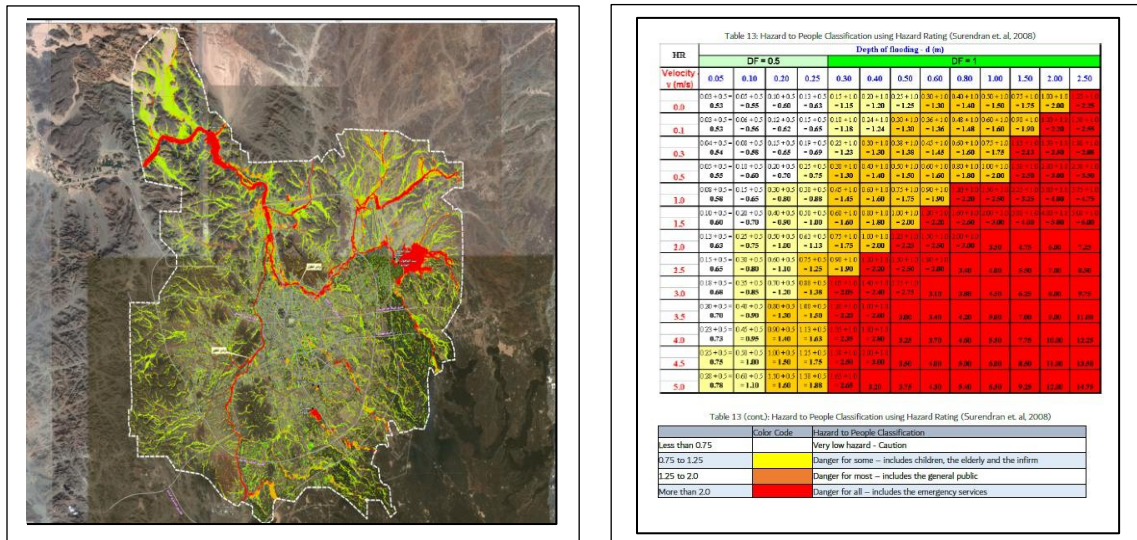
- خرائط الغمر والتي تظهر عمق السيول وتوزيعها المكاني.

- خرائط اتجاه وسرعة السيول التي تعكس ديناميكية حركة الجريان السطحي.

٥- تصنيف المناطق وفقا لمخاطر السيول

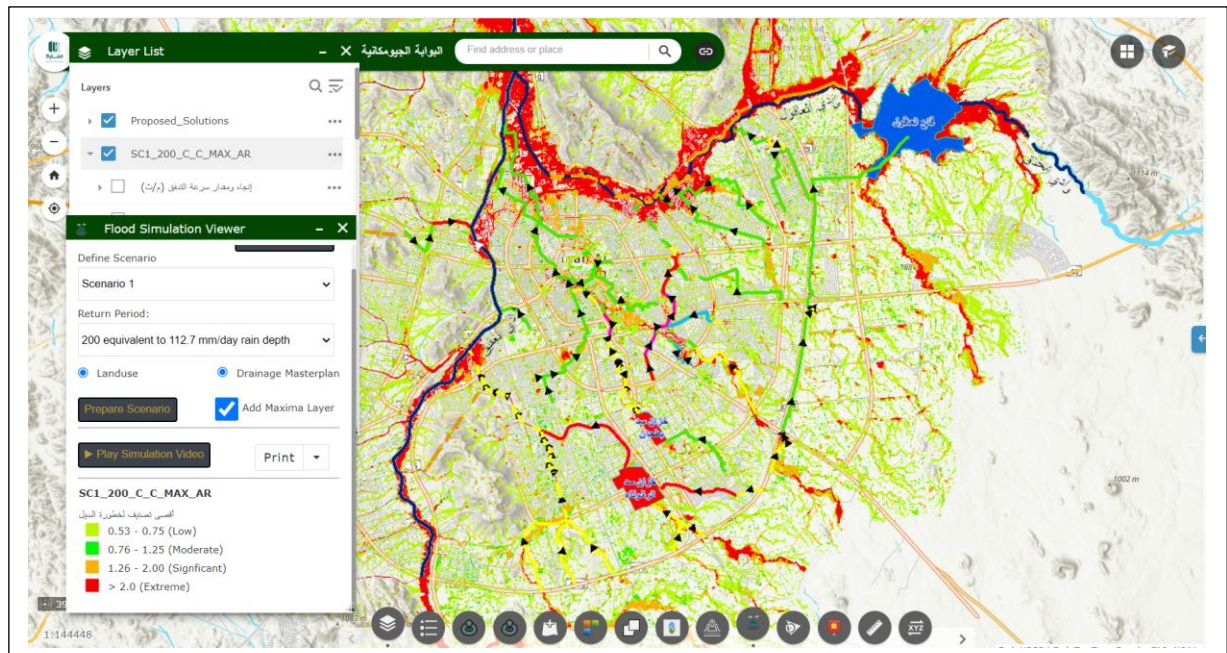
في هذه المرحلة تم الاستناد في تصنيف مستويات الخطورة على مصفوفة Hazard Rating الواردة في Surendran et al (٢٠٠٨)، والتي تربط بين عمق الغمر وسرعة الجريان لتقدير مؤشر الخطورة على السكان.

تم احتساب قيمة مؤشر الخطورة لكل خلية/منطقة اعتمادا على نتائج المحاكاة، ثم إعادة تصنيفها إلى أربع فئات رئيسية (خطورة منخفضة، متوسطة، مرتفعة، شديدة).



شكل رقم ٩ مصفوفة المخاطر وخرائط
تظهر الخريطة التوزيع المكاني لمستويات الخطورة (منخفضة الخطورة، متوسطة الخطورة، مرتفعة الخطورة، شديدة الخطورة) ويسهم هذا التصنيف في تحديد أوليات التدخلات الهندسية (الحلول الهندسية المقترحة) مما يساعد في توجيه الجهود نحو المواقع الحرجة.

٦- بناء تطبيق محاكاة مخاطر السيول



شكل رقم ١٠ تطبيق محاكاة مخاطر السيول

في هذه المرحلة تم تطوير تطبيق يتم من خلاله محاكاة السيول وفق سيناريوهات مختلفة بالإضافة إلى استعراض خرائط الغمر، سرعة واتجاهات السيول وخرائط مستويات الخطورة وتوزيعها المكاني، بالإضافة إلى الحلول الهندسية المقترحة.

جوانب القوة في الدراسة

تمتاز الدراسة بعدد من عناصر القوة التي عززت موثوقية نتائجها، من أبرزها:

استخدام نماذج رقمية عالية الدقة تصل إلى ٥٠ سم، مما أسهم في دعم التحليل المكاني المتقدم من خلال توظيف أدوات التقنيات الجيومكانية المتطورة التي ساهمت في بناء قاعدة بيانات جيومكانية متكاملة شملت طبقات مكانية وهيدرولوجية دقيقة. كما اعتمدت الدراسة على فترات تكرارية للأمطار تصل إلى ٢٠٠ عام لتحديد المواقع الأكثر عرضة لمخاطر السيول، مع إنتاج خرائط مكانية واضحة وسهلة التفسير توضح مستويات الخطورة ومناطق الغمر وسرعة الجريان. أسهمت الدراسة في تحديد مواقع حرجة تساعد في توجيه المشاريع التنموية نحو المناطق ذات الحساسية العالية، إضافة إلى تقديم رؤية أولية دقيقة لصناع القرار حول بؤر الخطورة وألوية التدخل.

والجدير بالذكر أن تطبيق محاكاة السيول يُعد أحد تطبيقات منصة البيانات الحضرية، وهي منصة حصدت على العديد من الجوائز والاعترافات المحلية والدولية المرموقة مثل جائزة بنتلي في فئة الجيومكانية ونمذجة الواقع وجائزة شنقهاي لتنمية المستدامة في المدن، مما يعكس كفاءتها وموثوقيتها ومواءمتها لأفضل الممارسات العالمية في مجال التحليل الجيومكاني ونمذجة مخاطر السيول.



شكل رقم ١١ الجوائز والاعترافات الدولية والمحلية

جوانب القصور في الدراسة

وبالمقارنة مع إطار إدارة المخاطر الوارد في ISO 31000، فقد نجحت هذه الدراسة في إنجاز مراحل تحديد السياق وتحديد المخاطر وتوفير تحليل أولي لدرجات التعرض للسيول، وهو ما يمثل الأساس العلمي لأي نموذج متكامل لإدارة المخاطر. وفي المقابل، لم تشمل الدراسة المراحل التنفيذية اللاحقة مثل أتمتة الربط مع خطط الطوارئ، وهي مراحل تتطلب تعاوناً مؤسسياً متعدد الجهات وتقنيات تشغيلية تتجاوز نطاق الدراسة التحليلية الحالية.

كما اقتضت الدراسة على التوزيع المكاني لمستويات المخاطر (منخفضة، متوسطة، مرتفعة، شديدة) دون التوسع في تقييم نسبة الخدمات أو نطاق تغطيتها الواقع ضمن مناطق الخطورة.

الفصل الرابع

النتائج والخاتمة والتوصيات

1. النتائج

توصلت الدراسة إلى أن للمنظومة الجيومكانية دور محوري في فهم المخاطر الهيدرولوجية المرتبطة بالسيول وأن
توظيف هذه المنظومة ضمن سياق المخاطر يسهم بفعالية في تحسين مراحل التقييم، التحليل واتخاذ القرار وفق
منهجية ISO31000.

أولاً: الدور المحوري للمنظومة الجيومكانية في فهم المخاطر (الهيدرولوجية نموذجاً)

من خلال استعراض تجربة المدينة في محاكاة ونمذجة مخاطر السيول تبين ان التحليل الجيومكاني يعد من أكثر
المنهجيات فعالية في نمذجة خصائص المنطقة المرتبطة بالسيول، وفيما يلي أبرز الأدوات الجيومكانية التي تسهم
في دعم عملية صنع القرار وتعزيز القدرة على رصد مخاطر السيول:

- إنتاج خرائط دقيقة توضح عمق المياه، واتجاهها وسرعتها

- إنتاج خرائط التوزيع المكاني لمستويات الخطورة

- نمذجة أحادية وثنائية الابعاد لجريان المياه

- إنتاج خرائط للخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية للمنطقة

أثبتت الدراسة قدرة البيانات المكانية على تقديم صورة شاملة عن أنماط الخطورة عبر منهجيات تحليلية متقدمة.
وقد مكنت هذه المنهجيات من حصر العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة بشكل مباشرة على مستويات الخطورة،
من أبرزها خصائص المنطقة الطبيعية مثل الأودية والانحدارات ومسارات الجريان السطحي، بالإضافة إلى أنماط
التوسع العمراني غير المخطط ومدى كفاءة شبكات تصريف مياه الأمطار مما ترتب عليه تفاوتاً مكانياً واضح في
مستويات الخطورة بين المناطق، تبعاً لاختلاف التضاريس وطبيعة الاستخدامات العمرانية.

ثانيا: الأساس العلمي لنموذج إدارة مخاطر متكامل

توصلت الدراسة إلى أن بناء نموذج مؤسسي متكامل لإدارة المخاطر يتطلب بناء أساس قوي يساهم في تطوير

سياسات واستراتيجيات أكثر كفاءة في إدارة المخاطر، تتمثل فيما يلي:

-المعرفة المكانية وهو الامام الشامل بخصائص المنطقة الطبيعية والبشرية

-أنماط التعرض مدى تعرض الخدمات، السكان، الأصول الى المخاطر

-النمذجة المكانية وهي أحد اشكال التحليلات المكانية المتقدمة، تعنى بتحليل جميع العناصر البيئة المرتبطة

بالمخاطر

-خرائط الخطورة وهي المخرجات البصرية التي تظهر مستويات الخطورة بناء على المعايير المحددة والتي تختلف

باختلاف نوع المخاطر

٢. الخاتمة:

أثبتت الدراسة أن المنظومة الجيومكانية تمثل ركيزة أساسية في تطوير منهجيات إدارة المخاطر الحديثة، نظرا لقدرتها

على دمج البيانات المتنوعة وتحويلها إلى معرفة مكانية دقيقة تدعم الفهم الشامل لطبيعة المخاطر بمختلف أنواعها،

على عكس الأساليب التقليدية التي تقتصر غالبا على الوصف أو التحليل الجزئي.

يتيح التحليل الجيومكاني قراءة دقيقة للبيئة المؤثرة على المخاطر، وتحديد أنماط التعرض، وتفسير التباينات المكانية

بدقة عالية، مما يعزز من قدرة الجهات المختصة على التخطيط المبكر والاستجابة الفعالة.

وفي سياق هذه الدراسة، جاء تحليل نموذج محلي في مجال مخاطر السيول كنموذج تطبيقي يبرهن بوضوح على الدور الجوهرى للمنظومة الجيومكانية. فقد مكن التحليل المكاني الدقيق من تحديد المواقع الأكثر خطورة، وتفسير سلوك الجريان السطحي، وتقدير مستويات الخطورة مكانيا، مما يؤكد أن السيول ليست إلا نمودجا واحدا يمكن من خلاله إبراز فعالية هذه المنظومة في دعم القرارات وتطوير نماذج أكثر تكاملاً لإدارة المخاطر مستقبلاً.

٣. التوصيات:

توصلت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات أهمها:

- ١- ضرورة شمولية التحليل ليشمل قابلية التأثر (الخدمات الصحية، التعليمية، التجارية، البنية التحتية والسكان المعرضين للمخاطر)
- ٢- ربط وأتمتة مخرجات النظام الجيومكاني بخطط الطوارئ وبالجهات ذات الصلة
- ٣- تطوير نظام إنذار مبكر يعتمد على البيانات المكانية وبرمجيات GIS
- ٤- تطوير إطار عمل مؤسسي لربط خرائط المخاطر بخطط الطوارئ
- ٥- تفعيل الشراكة بين الجهات الحكومية والقطاع الخاص والجامعات في مجال إدارة المخاطر الجيومكانية

المراجع

المراجع العربية:

١. الأحمدى، صباح بنت حامد. (٢٠١٥). المنهجية الجغرافية للكوارث ومخاطر فيضانات حوض وادي بيه جنوب المملكة العربية السعودية (رسالة دكتوراه، جامعة الملك سعود، الرياض).
٢. الأحيدب، إبراهيم سليمان. (١٩٩٩). المخاطر الطبيعية في المملكة العربية السعودية وكيفية مواجهتها: دراسة جغرافية. الرياض.
٣. أفريقز، محمد. (٢٠٢٠). إدارة الأزمات وتدابير المخاطر: أزمة جائحة فيروس كورونا كوفيد-١٩: قراءة في التجربة المغربية بين النص والممارسة. مجلة منازعات الأعمال، ٥٧، ٢٣٢-٢٥٥.
٤. الحافظي، إيمان عواد. (٢٠١١). أخطار السيول في المدينة المنورة: دراسة جيومورفولوجية (رسالة ماجستير، جامعة طيبة، المدينة المنورة).
٥. الدالي، أحمد حسن، وعبيد الباقي، رضا صالح. (٢٠١٢). نحو تصميم استراتيجيات لإدارة أخطار السيول. المجلة العلمية - جامعة أسيوط، (٥٢)، ٤-٧٥.
٦. الزبير، موسى الأمين. (٢٠١٦). إدارة الكوارث الطبيعية. مجلة الآداب، ٦(٤)، ٢٤-٥٤. جامعة إفريقيا العالمية - كلية الآداب.
٧. داود، جمعة محمد، وآخرون. (٢٠١٢). تقييم خطر الفيضانات المفاجئة لمدينة مكة المكرمة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية. مجلة إيجي ماتكس، (٣).
٨. داود، جمعه محمد. (٢٠١٥). أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، ٨(٢٤)، ١٤٩-١٥٥. جامعة الملك سعود - الجمعية الجغرافية السعودية

٩. زايد، أحمد. (٢٠١٤). أخطار السيول بين النظرية والتطبيق — نحو نموذج معدل لتحديد درجات الخطورة. المؤتمر السنوي الدولي لبحوث والدراسات الأفريقية، جامعة القاهرة.
١٠. شرف، محمد إبراهيم. (٢٠١١). التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. الإسكندرية: دار المعرفة الجغرافية.
١١. شرف، محمد إبراهيم. (٢٠٠٨). نظم المعلومات الجغرافية: أسس وتطبيقات. الإسكندرية: دار المعرفة الجغرافية.
١٢. الشمراي، عبد الرحمن بن محمد. (٢٠١٢). التحليل المكاني للمناطق المهددة بالسيول في شمال مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (رسالة ماجستير، جامعة الملك سعود، الرياض).
١٣. عبد الكريم، أشرف أحمد. (٢٠١١). أثر المتغيرات المناخية والتوسعات العمرانية في زيادة مخاطر السيول: قرية حجازة — محافظة قنا. نموذج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. المؤتمر الدولي للمجموعة المناخية المصرية، مصر.
١٤. عبد الكريم، أشرف أحمد علي. (٢٠١٤). التحليل المكاني لتوزيع الخدمات العامة وتحديد الاحتياجات التخطيطية: دراسة تطبيقية على مدينة حفر الباطن. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، ٧(١٤ع)، ١-٦٤. جامعة الملك سعود — الجمعية الجغرافية السعودية.
١٥. العبيدي، حنان بنت حسن مريع. (٢٠٢٣). تطبيق منهجية التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتقييم ملائمة الأرض للتوسع الحضري: دراسة تحليلية لمدينة بدر. مجلة دراسات في العلوم الإنسانية والاجتماعية، ٦(١ع)، ٢٤٩-٢٩٩. مركز البحث وتطوير الموارد البشرية — رماح

١٦. لحديدي، محمد عبد السلام أحمد. (٢٠٢٠). إدارة المخاطر والأزمات. عمّان: دار الإيمان للنشر والتوزيع.
١٧. شريف، شيماء. (٢٠٢١). استراتيجيات إدارة الأزمات: الأحداث - الأزمات - المفاجآت - المخاطر. عمّان: دار الخليج للنشر والتوزيع.
١٨. هوبكن، بول. (٢٠٢٢). أساسيات إدارة المخاطر: فهم الإدارة الفعالة للمخاطر وتقييمها وتنفيذها (ترجمة: ماهر دريد بدوي). الرياض: دار جامعة الملك سعود للنشر. (العمل الأصلي نُشر عام ٢٠١٨).
١٩. الضلعي، فهد محمد محمد. (٢٠٢٤). انعكاسات الأخطار البيئية على التنمية المكانية في قاع جهران باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة الآداب، ١٢(٤)، ٢٣٥-٢٥٨. جامعة ذمار - كلية الآداب
٢٠. طاحون، دعاء محمد. (٢٠١٩). استراتيجيات إدارة مخاطر مواقع التراث: دراسة حالة منطقة تل بسطة، محافظة الشرقية، مصر. مجلة التصميم الدولية، ٩(٣)، ٢٨١-٢٩٢.
٢١. غلمان، ياسين. (٢٠٢٤). التخطيط الاستراتيجي ودوره في تدبير المخاطر والأزمات. مجلة المنارة للدراسات القانونية والإدارية، ٥٥(ع)، ٩٢-١٠٩. رضوان العنبي.
٢٢. مداوي، أحلام مصطفى. (٢٠٢١). المخاطر البيئية لحركة السياحة الداخلية بمنطقة بنيانا: دراسة في جغرافية السياحة. مجلة العلوم والدراسات الإنسانية، ٦٩(ع)، ١-٢١. جامعة بنغازي - كلية الآداب والعلوم بالمرج.

٢٣. قدومي، حسن أحمد صالح. (٢٠٢٣). التحليل المكاني للخدمات الصحية في مدينة الخليل

باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. مجلة آداب الكوفة، مج ١٥، ع ٥٦، ص ص ٥٨٢ -

٦٠٤. جامعة الكوفة - كلية الآداب.

1. -Alghamdi, M. A. (2011). Assessment floods risk in Riyadh City using remote sensing (Master's thesis, University of Salford).
2. -Generino, P. S., Valdez, S. E., & Fernandez, P. L. (2014). Analytic Hierarchy Process (AHP) in spatial modeling for floodplain risk assessment. International Journal of Machine Learning and Computing, 4(5), 451–456.
3. Fadda, E. H. R. (2012). Use of GIS and remote sensing to identify flood vulnerable areas: A case study from Northern Riyadh. The Arab Journal of Geographic Information Systems, 9(5), 65–95. King Saud University – Saudi Geographical Society.
4. -Kabenge, M., Elaru, J., & Wang, F. L. (2017). Characterizing flood hazard risk in data-scarce areas using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. Natural Hazards, 89, 1369–1387.
5. Kharmi, H. M. A. (2020). Using Mapping and Spatial Modelling Concepts for Controlling COVID-19 Risk in Saudi Arabia. Arab Journal of Geographic Information Systems, 14(1), 95–106. King Saud University – Saudi Geographical Society.