

إدارة عمليات الطوارئ لكوارث الفيضان بنظم المعلومات الجغرافية في المدينة المنورة

د. مناور بن خلف المطيري⁽¹⁾

(1) أستاذ مشارك في الخرائط، ونظم المعلومات الجغرافية-جامعة طيبة- قسم العلوم الاجتماعية ، mmutiri@taibahu.edu.sa

ملخص الدراسة:

نفذت الدراسة تقييم سياسات الانتشار المختلفة لتقليل أوقات استجابة الطوارئ وتحقيق توازنها، وقيمت الدراسة أداء استراتيجيات إعادة التخصيص بناءً على إدارة الطوارئ لكوارث الفيضان، وإعدادها للدعم كعملية مستمرة تقوم المدينة بإدارتها، وحدد وقت الاستجابة كعامل مهم لتقديم استراتيجيات مشتقة من النموذج للتعامل عند حدوث الكوارث، وتطبيق أنظمة النمذجة الجغرافية للاستفادة من البيانات الرقمية الضخمة لإدارة عمليات الطوارئ، والاستجابة السريعة، وتقديم المدينة الرقمية (Digital City)، واستخدمت الدراسة المنهج الاستدلالي الاستقرائي عند التحضير لإدارة كوارث الفيضان؛ حيث ركزت على تحقيق هدفها بمنع تطور الكوارث، والحد من آثارها عند الحدوث.

كما قدم النموذج المقترح لإجراء تحليل الفيضانات عبر تبسيط نموذج (هيدروديناميكي) (Hydrodynamic Module) محاكاةً بدقة عملية عمر الفيضان (Flood) (Inundation)، ونموذج تقييم المخاطر (Risk Assessment Module) باستخدام البيانات التاريخية للأمطار، وأبرزت الدراسة المدى الكلي لتأثير المناطق الحضرية بالفيضان بحوالي (638) كم² بنسبة (27.82%) من إجمالي منطقة الدراسة، واتضح التأثير بشكل سريع، وخطورة مرتفعة بمساحة بلغت (119) كم²، وذلك بنسبة (5.18%) من منطقة الدراسة، وحددت مستويات التنبيه، ومرجعها المكاني، وتفصيل إجراءات الطوارئ المقترحة لإبراز المناطق الحرجة بمنطقة الدراسة، وتمثيل سيناريو الطوارئ لعرض شبكة الطرق، والمباني التي ستخلى مع ملاحظة انخفاض المنطقة الحضرية بما يؤثر حتى في حال حدوث ظروف جوية طفيفة.

الكلمات المفتاحية: إدارة عمليات الطوارئ، تقييم المخاطر، محاكاة الفيضان، وقت الاستجابة، النمذجة.

¹ للاستشهاد من البحث

المطيري، مناور بن خلف. (2022). إدارة عمليات الطوارئ لكوارث الفيضان بنظم المعلومات الجغرافية في المدينة المنورة، مجلة جامعة أم القرى للعلوم الاجتماعية، المجلد (13)، العدد (4).

Emergency Management Operations for Flood Disasters Using Geographic Information Systems in Medina

Dr. Menawer. K. Almutiri¹

(1) Associate Professor of Maps and GIS- Taibah University- Department of Social Sciences,
.mmutiri@taibahu.edu.sa

Abstract:

The study carried out an evaluation of various deployment policies to reduce emergency response times and achieve balance and evaluated the performance of reallocation strategy based on emergency management flood disasters and preparation for support as an ongoing process that the city manages. Response time is an important factor for identifying and presenting strategies derived from the model to deal when disasters occur. Geographical modeling systems take advantage of big digital data to manage emergency operations and rapid response to provide a digital city. Using Deductive inductive approach to preparing flood disaster management, it focused on achieving its goal of preventing developing of disasters and reducing their effects when occur.

The proposed model for conducting flood analysis presented by simplifying a hydrodynamic module that accurately simulates the process of flood inundation, a risk assessment module using historical data on rainfall. The study highlighted the total extent of urban areas affected by the flood 638 km², or 27.82% of the total study area. The impact became clear quickly and with a high-risk 119 km² or 5.18% of the study area. The alert levels, their spatial reference and the details of the proposed emergency procedures were determined to highlight the critical areas in the study area, and to represent the emergency scenario to display the road network and buildings that abandoned noting the decline of the urban area that affects even in the event of slight weather conditions.

Keywords: Emergency operations management, flood simulation, response time, risk assessment, modeling.

How to cite this paper:

Almutiri, Menawer. (2021). Emergency Management Operations for flood disasters Using Geographic Information Systems in Medina, Vol (13), No (4).

المقدمة:

منذ فجر التاريخ كان الإنسان بحاجة إلى التعامل مع الأزمات بجميع أنواعها، وكانت إدارة عمليات الطوارئ للكوارث في بدايتها عمل فردي؛ لتتطور فكرة الاستجابة بشكل جماعي للأزمة تدريجيًا مع ظهور الحكومات إلى الوجود، واعتبارها جزء من مسؤولية الحكومة؛ لتوفير الحماية، والمساعدة في أوقات الأزمات برزت إدارة الطوارئ إلى حيز الوجود، وتفرض المدن ضغوطًا متزايدة على الخدمات الحضريّة، ولا سيما عند إدارة حالات الطوارئ والكوارث، وحتى العقود القليلة الماضية كان يُنظر إلى الكوارث على أنها أحداث لمرة واحدة تتفاعل الحكومات معها دون النظر إلى الأسباب، والعواقب الاجتماعية، والاقتصادية لها، إلى أن تحول هذا الاتجاه نحو نهج أكثر شمولًا، وتحليلًا أعمق يعرف باسم إدارة مخاطر الكوارث، ويهدف هذا النهج إلى النظر في الكوارث التي لم تعد أحداثًا متفرقة، وفجائية، وغير متوقعة، ولكن كمشكلات تنموية لم تحل. (Canton, 2007)

يختلف موقع المرافق العامة عن موقع المرافق الخاصة بشكل رئيس بسبب طبيعة أهداف المخططين؛ فبعض الاهتمامات الرئيسية في القطاع العام لتعظيم الجوانب الاجتماعية ككفاءة الوصول إلى مناطق الخدمة، وقد جذبت مشكلة موقع محطات الطوارئ اهتمامًا كبيرًا من قبل الباحثين، (Basar, et al., 2012)، ويجب أن نأخذ في الاعتبار الإمكانيات المحدودة، والتغطية الشاملة بالخدمة، ويقدر الإمكان التوزيع العادل لحجم العمل بين مركبات الطوارئ، أو المراكز، ومع ذلك؛ فإن أهم مطلب يميز هذه الخدمات الحاجة إلى استجابة سريعة (Rapid Response)، والاستخدام المتزامن (Simultaneous Use) لأنواع مختلفة من المركبات. (Pérez, et al., 2014)

كما تؤدي خدمات الطوارئ دورًا محوريًا في توفير الخدمات على نحو فعال في ظل الظروف الطارئة بالمناطق التي يزداد فيها خطر الكوارث الطبيعية، مثل: الفيضانات، وغالبًا ما يستخدم وقت الاستجابة كمؤشر رئيسي لأداء عملية خدمات الطوارئ كمعيار (Benchmark) لنظام إدارة خدمات الطوارئ، وتبرز الأهمية لهذا المؤشر مدفوعة بالحاجة إلى مراعاة الزمن للحالات الطارئة دون تأخير بصرف النظر عن العلاقة التي تحكم وقت الاستجابة باعتباره توقع عام مهم بوجود معيار الخدمة، وقد حدد وقت الاستجابة بأنه: الفاصل الزمني بين إرسال مركبة الطوارئ، ووصولها إلى المكان المطلوب؛ لأن الموارد غالبًا ما تكون مقيدة، ولا يستطيع مقدمي الخدمات التوسع باستمرار في أسطول مركبات الطوارئ، ناهيك عن الانتشار الأمثل للمركبات لتلبية الخدمات؛ لتحقيق استجابة أسرع، ونموذج محاكاة الأحداث المنفصلة (DES) (Discrete Event Simulation) الذي يساعد في تقييم سياسات الانتشار المختلفة لتقليل أوقات استجابة مركبات الطوارئ، وديناميكية إعادة تعيين مواقع انتشار سيارات الطوارئ؛ لتحقيق استراتيجية أكثر فعالية في التوازن بين توفر مركبات الطوارئ والطلبات، وفي هذه الدراسة قيم أداء استراتيجية إعادة تخصيص مركبات الطوارئ الديناميكية بناءً على إدارة عمليات الطوارئ للكوارث الفيضانية، وإعدادها لدعم، وإعادة بناء المجتمع عند حدوث الكوارث الطبيعية باعتبارها عملية مستمرة تقوم المدينة من خلالها بإدارة المخاطر؛ لتجنب، أو تخفيف من تأثير الكوارث الناتجة عن المخاطر.

فإدارة عمليات الطوارئ ليست غاية في حد ذاتها، لذا؛ تعتبر الطرق التقليدية للوقاية من الكوارث، والتخفيف من حدتها في حالة الطوارئ بسيطة نسبيًا ولا يمكن دمجها بشكل كامل، بل يجب أن يكون التخطيط لإدارة عمليات الطوارئ للكوارث الفيضانية شاملاً آخذًا في الاعتبار جميع العناصر اللازمة للاستجابة الناجحة، هذا يعني تجاوز الجوانب التقليدية بهدف قبول أن خطط عمليات الطوارئ يجب

أن لا تشمل فقط الاستجابة لسلامة الحياة بل الاستمرارية (Canton, 2007)، وهناك عدة طرق تعتمد على المحاكاة، والنمذجة (Simulation and Modeling) استخدمت التقنيات بشكل متزايد لفهم أفضل للظاهرة، والتنبؤ بها في محاولة التخفيف من خطورتها، وتعتبر هذه النماذج عن سلوك الظواهر وخصائصها المكانية. (Dunn and Milne 2004)، لذلك تصبح النمذجة المكانية لهذه الظواهر مهمة للغاية حيث تعد نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ذات أهمية كبيرة من خلال قدراتها على معالجة البيانات المكانية، مما يوفر إدارة البيانات، والتصوير، والاستعلام، والتحليل، وبالتالي تسهيل تنفيذ النماذج المختلفة بشكل كبير، بالإضافة إلى ذلك ساعدت نظم المعلومات الجغرافية بفعالية لدمج البيانات المكانية، وغير المكانية بشكل متكرر في إدارة عمليات الطوارئ لكوارث الفيضان. (Hashemi, et al., 2007)

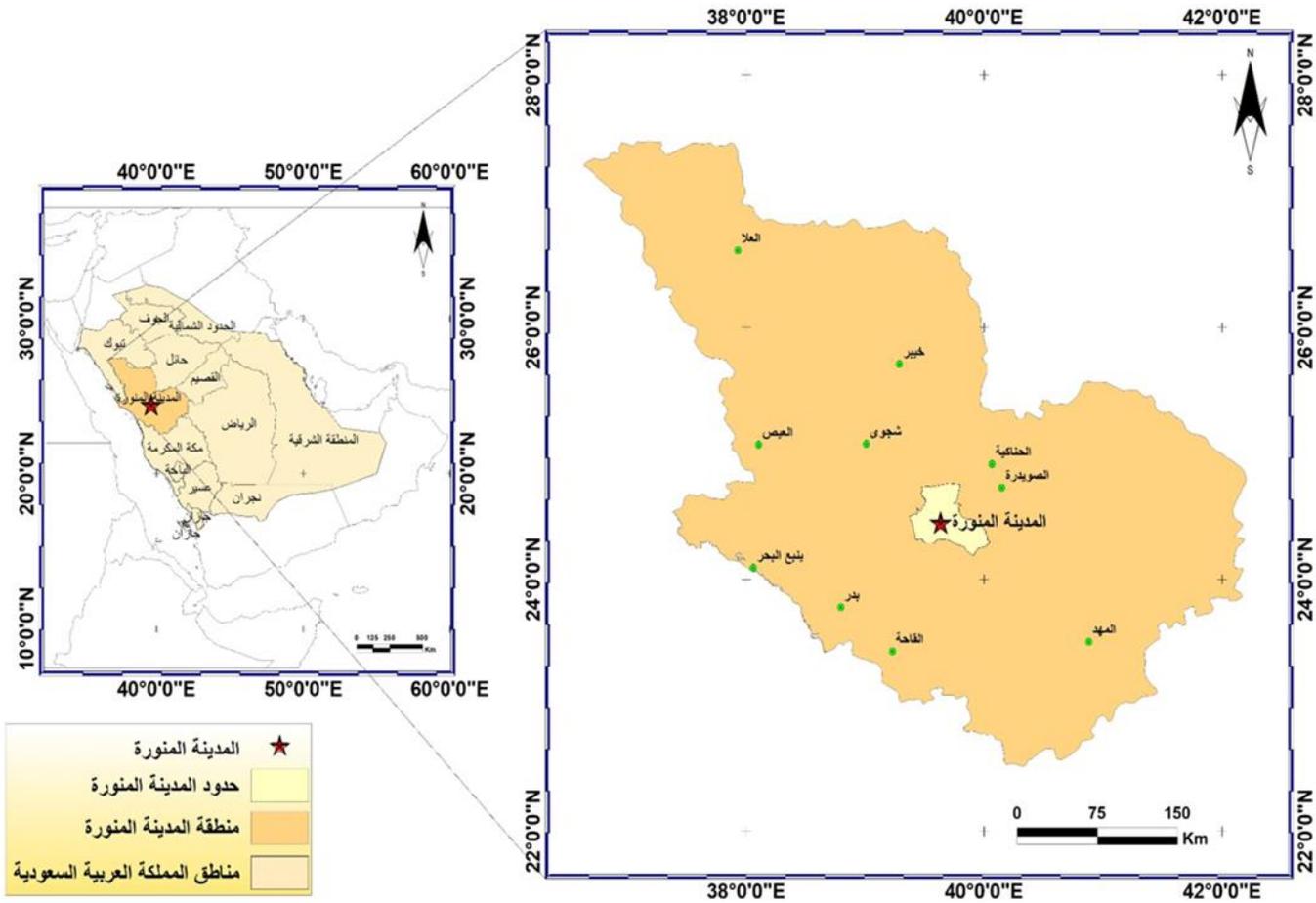
وبمراجعة تقارير الكوارث الطبيعية اتضح أنها منتشرة بالتساوي في جميع أنحاء العالم، وتعد البلدان المتقدمة أكثر استعدادًا لإدارة آثار الكوارث بحوالي 95٪ من حدوث الوفيات بسبب الكوارث الطبيعية في البلدان النامية، هذا، وتقدم البيانات الضخمة (Big Data) دائمًا دورًا مهمًا في إدارة عملية الطوارئ لكوارث الفيضان، والاستجابة السريعة، وتقديم مفهوم المدينة الرقمية (Digital City)، وتعمل الإجراءات طويلة المدى في مرحلة التحضير المبكر للكوارث الطبيعية على التركيز بمنع الأخطار، والحد من تطورها، وتفاقمها، وآثارها عند الحدوث من خلال المدن الرقمية، وتطبيق تقنيات المعلومات المائية في أنظمة المياه الحضرية بالمجال الحضري المعلوماتي المائي (Vojinovic and van Teeffelen 2007). (Domain of Urban Hydroinformatics)، ويمكن تقسيم (تكنولوجيا) الحد من الكوارث المتكاملة إلى أربع فئات، الحصول على معلومات كوارث الفيضان وإدارتها، ودمج، وتحليل معلومات الطوارئ لكوارث الفيضان، وبناء النموذج، والمحاكاة، واتخاذ القرارات في حالات الطوارئ، والخدمات المتكاملة، ومعلومات عن كوارث الفيضان، مثل: تحديد المواقع، ومرئيات الاستشعار عن بعد، وتخزين معلومات كوارث الفيضان التي تجمع في قواعد بيانات مختلفة، ودمج معلومات الطوارئ، والتحليل بمعالجة البيانات، وبناء نماذج كوارث الفيضان، ومحاكاة مشاهد الطوارئ؛ مما يوفر الدعم لاتخاذ القرار، وخدمات الطوارئ في كوارث الفيضان. (Liu, et al., 2020)

مشكلة الدراسة:

تركز الدراسة على تحديد تأثير مستوى التخطيط المكاني، وسرعة امتداد المدينة؛ لإدارة عمليات الطوارئ لكوارث الفيضان بنظم المعلومات الجغرافية في المدينة المنورة، كما يعد وقت الاستجابة عاملاً مهمًا للغاية في تحديد، وتقديم استراتيجيات مشتقة من النموذج؛ لتحسين انتشار مركبات الطوارئ بهدف تقليل وقت الاستجابة عند حدوث كوارث الفيضان، وتطبيق استخدام أنظمة النمذجة الجغرافية؛ للاستفادة من البيانات الرقمية الضخمة؛ لإدارة عمليات الطوارئ، والاستجابة السريعة، وتقديم المدينة الرقمية (Digital City) التي تساعد في أداء ذلك، وتقديم استراتيجيات مستمدة من النموذج لتحسين وقت الاستجابة من خلال الانتشار المناسب مستقبلاً في منطقة الدراسة، ولهذا تهدف الدراسة إلى تحقيق ما توفره المدن الرقمية من نظرة رقمية للمخاطر المرتبطة باحتمالات حدوث الكوارث؛ لتقييم المخاطر المستقبلية، فمن الضروري بناء (سيناريوهات) للكوارث مقرونة بآثارها في ضوء إجراءات التحكم، والتخفيف، كما تهدف الدراسة إلى إنشاء نماذج تمثل الكوارث، ومحاكاة الآثار المترتبة عند إجراءات التحكم؛ حيث تمكن النمذجة المبنية على البيانات الرقمية الضخمة من التنبؤ بالظواهر؛ لإدارة عمليات الطوارئ لكوارث الفيضان بنظم المعلومات الجغرافية في المدينة المنورة.

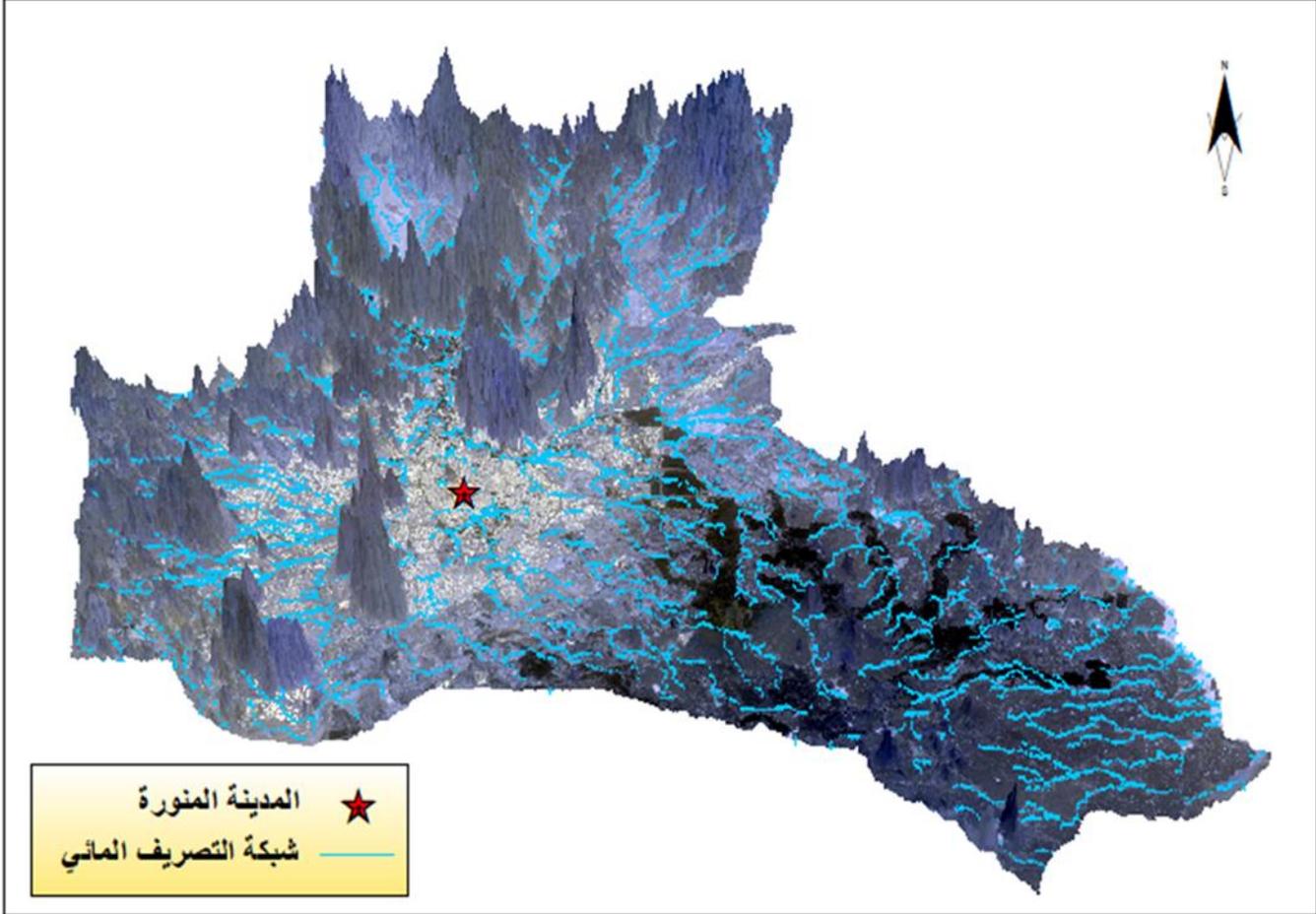
منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة فلكياً بين خطي الطول (09° 24' 40" و 27° 22' 39") شرقاً، ودرجات العرض (48° 45' 24" و 23° 11' 24") شمالاً شكل رقم(1)، ويبرز في الشكل رقم(2) شبكة التصريف الخاصة بمنطقة الدراسة، والارتفاعات التي تتراوح بين (552)م، و(1328)م؛ حيث تتضح الأودية الرئيسية، ومجموعة الروافد التي تغذيها على الرغم من عدم رؤيتها في بعض الأحيان نتيجة للتسوية التي تعرضت لها المدينة بسبب التنمية الحضرية، وتفتقر الخصائص (الهيدرولوجية) بتدفق المياه على السطح بالخصائص المطرية السائدة، وبالتالي حدوث الفيضان؛ نظراً لكون كمية تدفق المياه تمثل الفائض المائي الناتج من الفارق بين كميات الأمطار المتساقطة خلال فترة زمنية معينة من جهة، وكميات المياه المتسربة في التربة، والمتبخرة على السطح من جهة أخرى، ويكشف الشكل رقم(3) كمية الأمطار المسجلة خلال شهر يونيو كأدنى مستوى عند (2.65) ملم، في حين بلغت أعلى كمية للأمطار المسجلة خلال شهر مارس (10.23) ملم؛ مما يعكس تبايناً بين كميات الأمطار المسجلة، وهي إحدى مؤشرات المناطق الصحراوية؛ حيث تختلف كميات الأمطار من مكان لآخر، ومن وقت لآخر، كما تتصف أيضاً أمطار المدينة المنورة، والجهات الجافة عموماً بالطابع الفجائي للمطر، الأمر الذي ينتج عنه جريان السيول التي تكون خطراً على الأرواح، والممتلكات. (طلبه، 2002، ص2).



شكل رقم (1) الموقع الجغرافي، والفلكي لمنطقة الدراسة

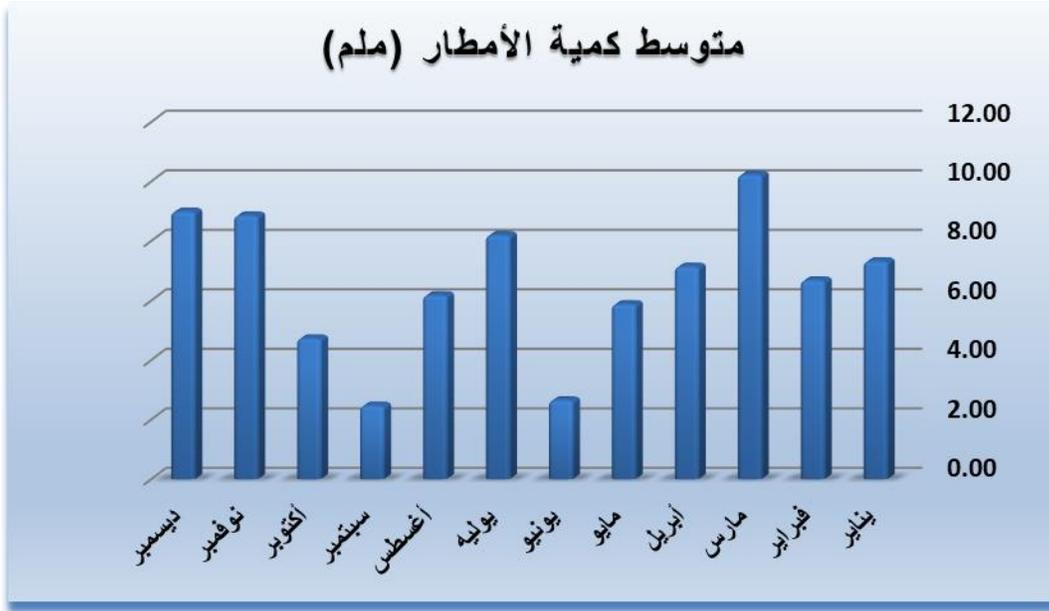
المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العليا لتطوير المدينة المنورة.



شكل رقم (2) شبكة التصريف المائي لمنطقة الدراسة ثلاثي الأبعاد

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على المرئيات الفضائية من مركز المسح الجيولوجي الأمريكي (U.S. Geological

Survey).



شكل رقم (3) متوسط كمية الأمطار (مم) بمنطقة الدراسة خلال أشهر السنة

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد، وحماية البيئة من 1970/1/1م إلى 2015/12/31م.

الدراسات السابقة:

بالنسبة للدراسات السابقة العربية والخاصة بإدارة عمليات الطوارئ لكوارث الفيضان بنظم المعلومات الجغرافية قليلة إلى حد ما، أما الدراسات السابقة الأجنبية تعرضت الدراسة إلى أغلبها وهي كما يلي:

ساهمت دراسة (بليستانوفا، وآخرون) (2014) (Blistanova et al)، بالإعداد، والتحقق من البيانات المدخلة للنمذجة (اللوجستية) للفيضانات لإدارة الأزمات (Logistic Modeling of Flood Crisis Management) في نظم المعلومات الجغرافية؛ فالبيانات المناسبة تعد ضرورة لعمليات إدارة الأزمات؛ حيث تقدم نظم المعلومات الجغرافية مجموعة واسعة من الاحتمالات عند تحليل البيانات، والتي يمكن استخدامها نتائجها في معالجة اتخاذ القرار، والغرض من ذلك تقديم مجموعة واسعة من الاحتمالات بدءاً من قاعدة البيانات الرقمية المعقدة، والمتاحة عبر (الإنترنت)، وكذلك التحليلات المكانية لتحديد مجموعة النواتج المحددة المطلوبة من قبل وحدات معينة من نظام الإنقاذ المتكامل (Integrated Rescue System).

استخدمت دراسة (جانيس، وآخرون) (2014) (Gunes et al)، نظم المعلومات الجغرافية في ظل جهود إدارة الطوارئ والاستعداد للكوارث عبر التخفيف، والاستجابة، وتلخص الجهود المستمرة لبناء نظام يدعم القرار القائم على نظم المعلومات الجغرافية لإدارة الطوارئ في مقاطعة دوغلاس في ولاية كانساس بالولايات المتحدة الأمريكية، وقد ركزت إدارة الطوارئ تاريخياً على الجوانب العاجلة للكارثة والاستجابة لها وما بعد الكارثة، ووجود وعي متزايد بأن إدارة الطوارئ أكثر تعقيداً، وشمولية مما يُتصور تقليدياً لحماية الأرواح والممتلكات، لا يعتمد هذا على الاستجابة للأزمات، وحالات الطوارئ، ولكن إيجاد طرق لتجنب المشاكل والاستعداد لتلك الأزمات التي ستحدث مستقبلاً، فالهدف من الدراسة بناء قاعدة بيانات في إطار نظم المعلومات الجغرافية تساعد في إدارة الطوارئ لاتخاذ القرار

مع التركيز على استعداد مقاطعة (دوغلاس)، وجهود الاستجابة لكارثة الفيضانات، والتخفيف منها، وقاد النظام المقدم لتحسين إدارة الفيضانات عن طريق (الأتمتة Automating) تحديد الاحتمال للمناطق المتضررة من الفيضانات، ودمج النتائج مع بيانات موزعة مكانيًا، مما سيمكن مسؤولي إدارة الطوارئ في المقاطعة من تحقيق المزيد من القرارات المناسبة قبل، وأثناء، وبعد حالة الفيضان.

طورت دراسة (لويغو، وآخرون (Luino, et al (2018)). مشروع خطة لإدارة مخاطر الفيضانات على طول الشاطئ الشرقي في (لاغو ماجيوري Lago Maggiore بإيطاليا)، وحللت الدراسة العديد من المناطق على طول امتداد الساحل، وحددت معدل ارتفاع المياه، وحدود المناطق المغمورة، كما ناقشت الدراسة المنهج الشامل؛ حيث كانت الخطوة الأولى: تحليل مفصل لأحداث المواقع الأكثر تضرراً، وجمع مجموعة من الوثائق للفيضانات تاريخياً، واختبارها، والتحقق من صحتها؛ لرسم خرائط للمواقع الأكثر تعرضاً للفيضانات، وكانت الخطوة الثانية: التحليل (المورفولوجي) للامتداد الساحلي لمنطقة الدراسة، واستخدمت صور جوية كما أُجري مسح ميداني؛ للتحقق من موثوقية البيانات التاريخية، وتحديد الظروف (الهيدروليكية) الحرجة على طول الشاطئ، وكانت الخطوة الثالثة: مراجعة خطط التنمية العمرانية العامة للبلديات، ثم استخدام الصور الجوية، والخرائط المساحية؛ لإثبات، وتحديد ثمان فئات لاستخدام الأراضي، وقسمت المناطق المعرضة للفيضانات إلى ثلاث مناطق: مرتفعة، ومتوسطة، ومنخفضة المخاطر مع مراعاة الخصائص المختلفة، وأخيراً استخدمت أدوات التحليل المكاني بنظم المعلومات الجغرافية؛ ليأتي بعد ذلك تجميع هذه البيانات في خرائط المخاطر، واستخدامها باعتبارها (السيناريوهات) الأساسية لخطط الطوارئ في البلدية مع افتراض عتبات الإنذار (Alarm Thresholds) التي تم تفعيل إجراءات طوارئ الفيضان على أساسها.

تناولت دراسة مجرشي (2019) مشكلة كوارث سيول مياه الأمطار في المركز الحضري لمحافظة الليث بمنطقة مكة المكرمة، وربط معظم تأثيراتها الكارثية بقصور التوقعات المستقبلية لتخطيطها العمراني، وإدارته، وتنفيذه، وهدفت الدراسة إلى تحديد، وتحليل أسباب تلك الكوارث المطرية، والسيول الناتجة عنها، وكيفية مواجهتها من منظور التخطيط العمراني، ومحدداته، وذلك بتابع المنهج العلمي التاريخي التحليلي لرصد الظاهرة زمنياً، ومتابعتها، واستنتاج الحلول المتوافقة معها وفقاً لأسس علوم التخطيط العمراني، وتوصلت الدراسة إلى أن مشكلة كوارث السيول التي حدثت في معظم محافظات المملكة، وخاصة المناطق الساحلية كان يمكن السيطرة عليها من خلال تخطيطها العمراني، وتوقعاته المستقبلية بعيدة المدى؛ لأن مستوى تلك الأمطار يقع في المستويات العادية المتوقعة، وليس من الكوارث المطرية النادرة الحدوث، وإمكانية معالجتها مازالت قائمة، وذلك عبر التخطيط، وإعادة التخطيط العمراني ودمجهما معاً، ويوصي البحث بسرعة معالجة الظاهرة، ولكن برؤية جديدة تتوافق مع سرعة التحضر، والتغير، ومتطلبات التنمية المستدامة المعاصرة؛ ليوصي باستمرارية متابعة انعكاسات الظاهرة تخطيطياً، وإدارتها، وتنفيذها؛ لأن كل تأخير يعني ذلك تعقيد المشكلة، وازدياد في تكاليف معالجتها، ومتابعة انعكاسات الظاهرة، والمحددات الحضرية الجديدة المنبثقة منها، وربطها بالتحديث المستمر للتخطيط، والمعايير، والتشريعات، والإدارة، والتنفيذ.

رصدت دراسة (زيننج، وآخرون (Zening, et al (2019)). تحديات تغير المناخ العالمي التي تواجه المدن في زيادة كوارث الفيضانات الناجمة عن هطول الأمطار الغزيرة، والتنبؤ، وتقييم هذه المخاطر كخطوة حاسمة نحو التخفيف من المخاطر والتخطيط بهدف التكيف، واستخدمت هذه الدراسة طريقة الجمع بين نموذج شبكة (بايزي Bayesian network)، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) الذي يمكن من خلاله التقاط العلاقات المحتملة بين العوامل المؤثرة في كارثة الفيضانات، والقدرة على القياس، واستخدام كل

من البيانات، والمصادر؛ لتقييم مخاطر كارثة الفيضانات، وطبقت المنهجية المقترحة في دراسة حالة لتقييم مخاطر كارثة الفيضانات، وتشخيص سبب كارثة الفيضانات في مدينة (تشنغتشو Zhengzhou)، ويأتي بعد ذلك إجراء التحقق من صحة النتائج بالمقارنة مع الوضع الفعلي، وأظهرت النتائج في النموذج المقترح أن الخطأ النسبي (Relative Error) للمناطق ذات مخاطر منخفض جداً، ومنخفض، ومتوسط، وعالي، وعالي جداً على النحو التالي: (12.57%، 13.21%، 2.23%، 19.63% و 21.65%)؛ مما أبرز قوة التمييز للنموذج المعمول به، وبناء على التوزيع المكاني للمستويات المختلفة من المخاطر أمكن تحديد كارثة الفيضانات وتناقص الخطر في مدينة (تشنغتشو) من الوسط إلى المناطق المحيطة، وقد وفرت النتائج بعض الأسس للمراقبة الميدانية، وإدارة كارثة الفيضانات الحضرية.

قيمت دراسة (تشنغ و صن) (Zheng and Sun (2020)، مخاطر الفيضانات الناجمة عن العواصف باعتبارها أمراً حيوياً لإدارة، وتخطيط الكوارث على المستويات الإقليمية، والمحلية، لا سيما في المناطق الساحلية التي تتأثر بشدة العواصف، واقترحت الدراسة طريقة جديدة تتضمن نمذجة المحاكاة، وتقييم مخاطر الفيضانات الساحلية عبر محاكاة عملية الفيضان، وتقييم المخاطر من الناحية الكمية، وتقدير الخسارة الاقتصادية باستخدام بيانات الفيضان، وبيانات استخدامات الأراضي، وتحليل مخاطر الفيضانات، ومنطقة الفيضان، والخسائر الاقتصادية المباشرة المتوقعة، والقريبة من الحالة الفعلية؛ مما يدل على مزيد من الموثوقية الحسابية للطريقة المقترحة، وصممت منصة تقييم المخاطر من خلال الدمج للوحدتين السابقتين في إطار نظم المعلومات الجغرافية (GIS)؛ مما ساعد في كفاءة، وسرعة المحاكاة مع رسومات سهلة الاستخدام لكوارث الفيضانات الساحلية استعداداً للتحذير، والاستجابة.

وباستعراض الدراسات السابقة -تقدم الدراسة إدارة عمليات الطوارئ لكوارث الفيضانات بنظم المعلومات الجغرافية باعتبارها أولوية متزايدة، واستخدام مفهوم المدينة الرقمية كوسيلة لتحديد وتحليل وتطبيق المعلومات الرقمية التي تساعد على رصد كل مرحلة من مراحل إدارة الطوارئ؛ لتحسين الاستجابة، وتقليل المخاطر على الحياة، والممتلكات، وتكييف، وظائف المدينة الرقمية؛ لإدارة كوارث الفيضانات في منطقة الدراسة.

منهجية الدراسة:

استخدمت الدراسة المنهج الاستدلالي الاستقرائي في مرحلة التحضير لإدارة كوارث الفيضان حيث تركز على منع الأخطار من التطور إلى كوارث والحد من آثار الكوارث عند حدوثها وذلك من خلال إدخال إجراءات طويلة المدى، وتحليل المرئيات الفضائية للقمر الصناعي (لاندسات - 8)، والملتقطه بتاريخ 21-01-2021م جدول رقم(1)، وبمسار (170) وصف (44)، ومتوسط خطأ الجذر التربيعي للنموذج الهندسي (Geometric RMSE Model) بلغ (4.32)، وجهاز الاستشعار (OLI_TIRS)، ومسقط (مركبتور) المستعرض العالمي (UTM Zone-37) بمرجع مكاني (WGS84)، وقدرة تمييزية مكانية بلغت (15)م بهدف إنتاج المنطقة الحضرية، وفتات استخداماتها المختلفة بمنطقة الدراسة بعد إجراء عمليات التصنيف، تأتي بعد ذلك عملية تقييم إنتاج طبقات الفيضان بعد تحديد العوامل المؤثرة في ذلك، وطبقت بعد ذلك عملية التقييم؛ لإثبات فعالية إدارة عمليات الطوارئ مكانياً، واختبار المواقع الأنسب عبر الحصول على الخرائط؛ لإجراء عملية التتطابق الموزون (Weighted Overlay)، وتحديد المناطق ذات التأثير بعد تصنيفها.

جدول رقم (1) مواصفات المرئيات الفضائية

المرئيات المستخدمة								
Spatial Resolution	المرجع المكاني	المسقط	Geometric RMSE Model	تاريخ الالتقاط	مسار المرئية Pass/Row	المجس	القمر	المرئيات الفضائية
15m	WGS84	UTM Zone-37	4.32	1990/8/15	170/04400	OLI-TIRS	Landsat 8	مرئية العام 2021م

المصدر: مركز المسح الجيولوجي الأمريكي (U.S. Geological Survey).

وقام الباحث بإنتاج الخرائط المناخية لعنصر المطر بتقدير أقصى كميات مطر يومية باستخدام نموذج التوزيع الاحتمالي Log Pearson III)) الذي يؤثر في نمط التدفق المائي، وعدد المجاري المائية تبعاً لطبيعة السطح الأصلي الذي استهلكت عليه المجاري المائية جريانها؛ ليكتمل بناء النظام المعلوماتي الجغرافي لظاهرة الفيضان بمنطقة الدراسة، وتحليلها مكانياً لتحديد مستوى خطورتها، ومعالجة البيانات المستخدمة في الدراسة كنماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) التي يمكن بواسطتها إنتاج، وتحليل خرائط السطح، وذلك؛ للخروج برؤية واضحة عن طبيعة العلاقات بين الفيضان، و(طبوغرافية) السطح، ومظاهر النشاط البشري، وترتبط هذه الدراسة خرائط السطح، وجريان، وتراكم مياه السيول بتوزيع الأنشطة البشرية، وشبكات الخدمات العامة، كما صنف منطقة الدراسة إلى مستويات حسب خطورة تأثير الفيضان.

وحسب تأثير معامل الخشونة، والمعبر عنه بمعامل (مانينغ Manning's Roughness Coefficient)، وحدود مستوى الماء باعتباره عامل آخر مهم لحساب الفيضان؛ حيث يعكس تأثير السطح الخشن للتضاريس على تدفق المياه، وترتبط قيم الخشونة بنوع الغطاء الأرضي في مناطق مختلفة مما يؤثر في نسبة تأثير التضاريس على الفيضان، ويقدر معامل خشونة (مانينغ) لكل استخدام للأرض على النحو التالي: منطقة التطوير (0.017)، الأراضي الزراعية (0.035)، مساحة البناء (0.015) (Arcement, et al., 1989)، وحساب مدة تأثير العاصفة المطرية في منطقة الدراسة بالساعات لحساب استمرار عملية نموذج محاكاة الفيضان.

ويوجد النموذج المقترح لإجراء تحليل الفيضان عبر تبسيط نموذج (هيدروديناميكي Hydrodynamic Module) باعتباره نظام (ديناميكي) قائم على الشبكة (Grid)) منفصل في الزمان، والمكان، والتفاعل المكاني، والسببية الزمنية كنموذج ثنائي الأبعاد يحاكي بدقة عملية غمر الفيضان (White, et al., 2000). (Flood Inundation)، ونموذج تقييم المخاطر Risk Assessment Module)) الذي يقدر الخسارة الاقتصادية من خلال قراءة بيانات الفيضانات، وفئات استخدام الأراضي في نظم المعلومات الجغرافية.

وتُصنّف النموذج معادلات (سانت فينانت Saint-Venant) أحادية البعد، ومعادلات الاستمرارية، والزخم المستخدمة في التوجيه (الهيدروليكي)؛ لتدفق الفيضان بغض النظر عن التدفق الجانبي، وتفترض معادلات (سانت فينانت) أن التدفق أحادي البعد

يسوده الضغط (الهيدروستاتيكي)، والتسارع الرأسي الذي لا يكاد يذكر مع تبسيط الانحناء الصغير مع التأكيد على استخدام معادلة (مانينغ) السابقة لوصف تأثيرات المقاومة، والخشونة للفيضان، وتأثيرها في تسارع الجاذبية، وهي على النحو التالي:

1. معادلة الاستمرارية Continuity Equation:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

2. معادلة الزخم Momentum Equation:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_o - S_f) = 0$$

حيث يعبر عن:

Q = تدفق التصريف.

A = متوسط مساحة المقطع العرضي للمجرى المائي.

g = تسارع الجاذبية (m/s²).

S_o = قاع الانحدار.

S_f = ناتج طاقة خط الانحدار من مقاومة التدفق.

١- بناءً على ما ذكر سابقاً تساعد آلية المعادلات الخاصة بنموذج الفيضان لحل مشكلة تكامل النماذج (الهيدروديناميكية) مع الأنظمة الجغرافية من خلال دمج محاكاة الفيضان، والإحصاءات الجغرافية؛ ليسمح بالتفاعلات المكانية (Spatial Interactions)، وإدخال تقييم التأثير على أساس استخدام الأراضي، ينتج بعد ذلك نموذج تحليل مخاطر مقترن بالفيضان؛ لتحقيق (أتمتة) العملية الكاملة؛ لتحليل كارثة الفيضان في إطار نظم المعلومات الجغرافية، والنمذجة (الهيدرولوجية)؛ حيث تدمج المحاكاة الزمانية المكانية لعرض عملية الغمر للحصول على عمق المياه في الوقت الفعلي، وسرعة التدفق؛ للتحقق من الدقة، والموثوقية، ونقارن نتائج المحاكاة للنموذج بتقييم درجة الاتساق، والاختلاف باستخدام مقدار متوسط جذر الخطأ التربيعي (RMSE)، ومعامل الارتباط (R)، وبالتالي الوصول إلى أفضل نموذج لإدارة كوارث الفيضان بحسب التالي: معادلة متوسط جذر الخطأ التربيعي (RMSE): (Kenney and Keeping, 1962)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i)^2}$$

حيث:

n = عدد الحالات

f = التوقعات

=0 القيم المرصودة

معامل الارتباط R: (Garren, 1998) -٢

$$R = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{S_X^2 S_Y^2}}$$

حيث:

$Cov(X, Y)$ = التباين المشترك.

-٣ التباين المشترك $Cov(X, Y)$: (Garren, 1998)

$$Cov(X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n - 1}$$

حيث يعبر عن المدى بين كل زوج من النقاط (y, x) التي تمت ملاحظتها عن متوسط (X)، ومتوسط (Y) في وقت واحد، و (S_X^2)، و (S_Y^2) (تباينات عينة (X، و Y)).

النتائج، والمناقشة:

قامت الدراسة بإجراء تحديد للعلاقات المكانية بين الظواهر المؤثرة في إدارة عمليات الطوارئ للفيضان في منطقة الدراسة، وذلك بهدف تفسير العلاقات المكانية، وفهم الأسباب المؤدية إلى حدوث الفيضان، ومحاكاته على سطح الأرض فيما يسمح للتنبؤ بسلوكه في المستقبل كما يلي:

أولاً: العوامل المؤثرة في كوارث الفيضان:

العوامل (الهيدرولوجية Hydrological Factors):

تقدم الدراسة في هذا الجزء العوامل الهيدرولوجية وما ينتج عنها من قيم محسوبة تتعلق بشبكة التصريف المائي لمنطقة الدراسة بعد تطبيق المعادلات (المورفومترية) للأحواض الجزئية وتحديد هيدرولوجية الأحواض وعلاقتها المكانية بمخاطر السيول. (شرف، والمطيري، 2014، ص21)، تتضمن هذه العملية بالاعتماد على مجموعة من المتغيرات المؤثرة، وهي كالتالي شكل رقم (4):

1. رتب المجاري المائية: حيث اعتمدت الدراسة على حساب رتب مجاري شبكة التصريف بطريقة (سترايهر Strahler)، وتوزعت المجاري المائية في الحوض بشكل رتب تبدأ بمجاري صغيرة، وكثيرة تمثل الرتبة الأولى تلتقي مع بعضها البعض؛ لتكون الرتبة الثانية التي تكون أقل عددًا، وأكثر سعة من الأولى، وهكذا إلى أن تكون آخر رتبة، والتي تكون هي رتبة المجرى الرئيس، وكلما ارتفع عدد المجاري المائية في الأحواض ارتفعت معها مخاطر السيول نتيجة لكميات المياه الكبيرة التي يمكن أن تنقلها هذه المجاري، وبلغ عدد المجاري في شبكة التصريف المائي (1058) مجرى تراوحت بين (515) مجرى للرتبة الأولى، و(237) مجرى للرتبة الثانية، و(154) مجرى للرتبة الثالثة، و(59) مجرى للرتبة الرابعة، و61 مجرى للرتبة الخامسة، و(28) مجرى للرتبة السادسة، و(4) مجاري للرتبة السابعة.

2.. تكرارية المجاري المائية: تعبر عن عدد المجاري المائية للحوض المائي مقسومًا على مساحة الحوض، وتشير القيم المرتفعة لتكرارية المجاري إلى إمكانية تجمع المياه داخل حوض التصريف، ومن ثم؛ حدوث جريان سطحي بصورة أكبر، وتنخفض تكرارية المجاري في الأحواض كبيرة المساحة، والعكس صحيح، ويمكن الحصول على تكرارية المجاري بالمعادلة التالية (Horton, 1932):

$$F_s = \frac{N}{A}$$

بحيث تمثل (Fs) تكرارية المجاري (مجرى/كم²)، و (N) عدد المجاري المائية، و (A) مساحة التصريف (كم²)، وقد بلغ متوسط تكرارية المجاري المائية في شبكة التصريف المائي بحوض منطقة الدراسة (0.47) مجرى لكل 1 كم²، تراوحت تكرارية المجاري المائية بين (0,95) مجرى لكل (1) كم² في الحوض رقم (10)، و (0,34) مجرى لكل (1) كم² في الحوض رقم (12).

3. نسبة التشعب: تعتبر مؤشرًا على العدد اللازم من قنوات رتبة معينة في المتوسط لدعم وجود قناة من الرتبة التالية، وتبرز أهمية حساب نسبة التشعب؛ لإظهار حجم العلاقة بين حجم التصريف، ومعدل التفرع للمجاري المائية؛ فكلما زاد خطر الفيضانات عقب سقوط الأمطار؛ زادت كثافة التصريف في مناطق التجميع العليا، وتعتبر نسبة التشعب ذات أهمية أساسية في تحليل حوض الصرف؛ لأنها تساعد في ربط النظام (الهيدرولوجي) لمستجمعات المياه تحت الظروف (الطوبولوجية)، والمناخية؛ مما يساعد في تفسير سلوك الجريان، والفيضان، وتعرف نسبة التشعب بأنها: النسبة بين عدد المجاري لرتبة معينة وعدد المجاري التابعة لرتبة أعلى منها، وتحسب كالتالي (Horton, 1945):

$$R_b = \frac{N_U}{N_{U+1}}$$

بحيث يمثل (N_U) عدد مجاري رتبة معينة، و (N_(U+1)) عدد مجاري الرتبة التالية، وبلغ متوسط نسبة التشعب في شبكة التصريف المائي بحوض منطقة الدراسة (2,17)، وتعد هذه النسبة في حيز المعدل الطبيعي للأحواض التي تكون مسطحه كما حددها (سترايلر)، مما يدل على عدم تقطع الحوض بفعل مجاريه، وبالتالي وجود خطر للفيضان؛ لقلّة نسبة التشعب التي تساعد بتجمع مياه الأمطار الساقطة، ووصولها إلى المصب بصورة سريعة، وبلغت نسبة التشعب بين (7) في الحوض رقم (4)، و (0,33) في الحوض رقم (3).

4. كثافة التصريف: تعد كثافة التصريف مقياسًا أساسيًا للخصائص المساحية لحوض التصريف، وللتحليل (الهيدرولوجي)، وهي تعكس مدى كفاءة التصريف، فكلما زادت كثافة التصريف دل ذلك على زيادة الجريان المائي السطحي بالحوض، وزيادة المجاري المائية التي تسبب حدوث مخاطر الفيضان، بينما إذا انخفضت كثافة التصريف يدل ذلك على انخفاض الجريان المائي السطحي بالحوض، وانخفاض المجاري المائية، وبالتالي انخفاض نسبة حدوث مخاطر الفيضان، ويمكن حساب كثافة التصريف من خلال المعادلة التالية: (Horton, 1932):

$$D_s = \frac{\sum L}{A}$$

بحيث يمثل ($\sum L$) مجموع أطوال المجاري المائية في كل الرتب النهرية (كلم)، و (A) تعبر عن المساحة الكلية للحوض (كم²)، بلغ متوسط كثافة التصريف في شبكة التصريف المائي بحوض منطقة الدراسة (0,80) كلم/كم² بسبب قصر أطوال المجاري المائية، وتدل على أن الحوض لم يصل إلى مرحلة متقدمة من النشاط الحثي، والاستمرار في توسيع الحوض مجاريه، وتسويتها، وتراوحت كثافة التصريف بين (1,02) كلم/كم² في الحوض رقم (5)، و (0,37) كلم/كم² في الحوض رقم (12).

5. زمن التركيز: باستخدام نموذج (برانسي - ويليامس Bransby- Williams) بحسب المعادلة التالية:
(Wanielista, et al., 1977)

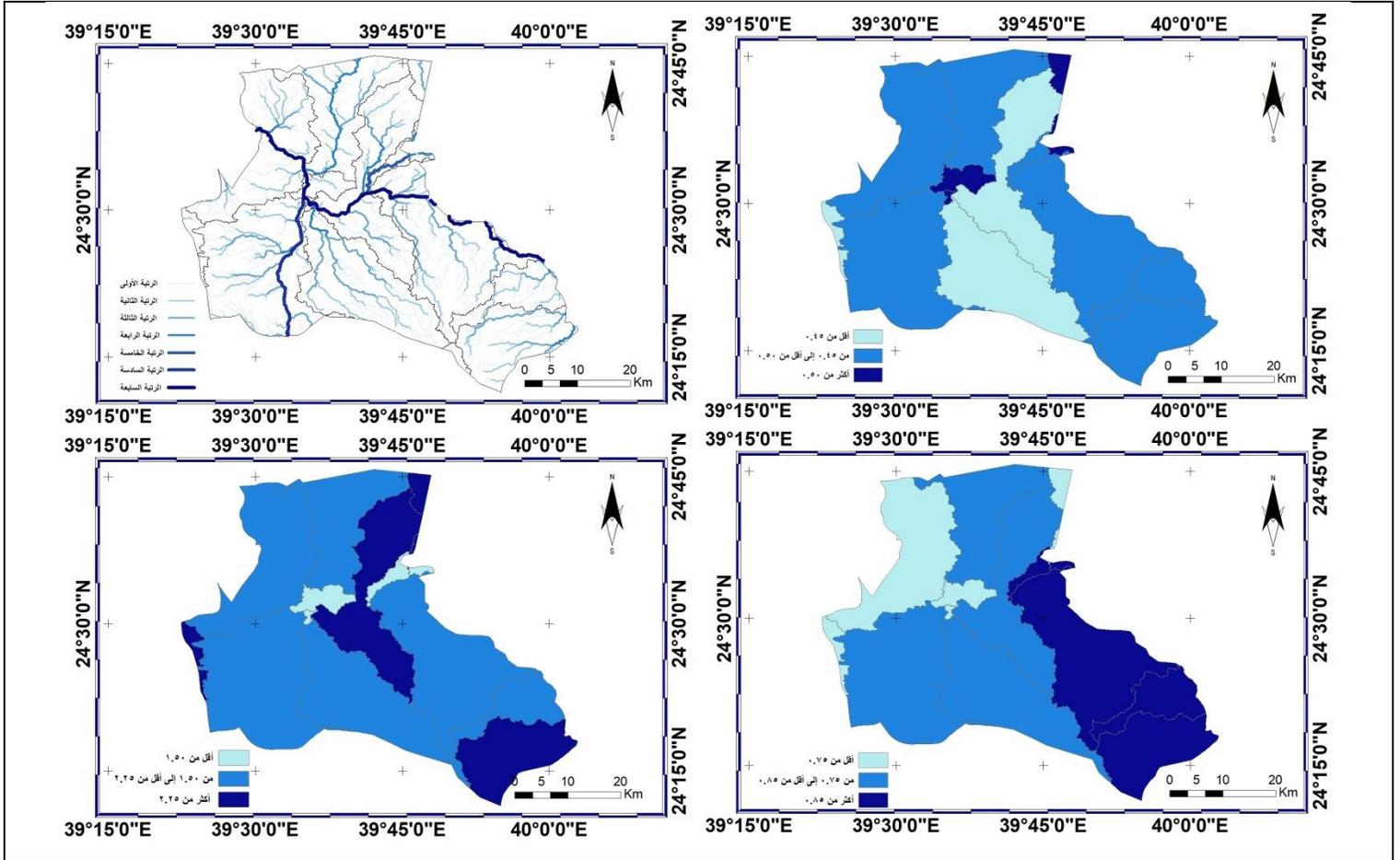
$$T_c \text{ (hr)} = 0.605 L S^{-0.2} A^{-0.1}$$

بحيث يمثل: T_c (hr) زمن التركيز (ساعة)، و L طول المجرى الرئيس (كلم)، و S معدل انحدار المجرى الرئيس (%)، و A مساحة الحوض المائي (كلم²)، ولحساب زمن التركيز بالأحواض الجزئية؛ فقد اعتمد على زمن التركيز بالنموذج السابق جدول رقم (2).

جدول رقم 2 قيم زمن التركيز بالأحواض بمنطقة الدراسة

رقم الحوض	طول الحوض (كلم) L	معدل انحدار الحوض S(%)	مساحة الحوض المائي A(كلم ²)	زمن التركيز (ساعة) Tc (hr)
1	35.52	12.74	231.06	7.50
2	32.17	20.91	295.16	6.00
3	3.38	6.44	5.27	1.19
4	2.35	30.66	23.06	0.52
5	15.89	16.71	19.42	4.07
6	15.43	41.68	36.36	3.09
7	20.74	12.78	366.03	4.18
8	48.41	41.43	279.28	7.92
9	32.75	13.07	405.47	6.50
10	3.94	5.86	3.36	1.48
11	50.01	21.5	307.97	9.24
12	3.58	3.4	20.44	1.25
13	32.77	9.9	106.55	7.86
14	27.93	8.35	183.14	6.56

المصدر: عمل الباحث.



شكل رقم (4) مجموعة العوامل (الهيدرولوجية) المؤثرة في منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحث.

2. العوامل التضاريسية (Terrain Factors):

تعتبر العوامل التضاريسية كأحد أهم عناصر محتوى الخرائط الجغرافية، ذلك؛ لأنها تؤثر بشكل فعال على باقي العناصر: الشبكة المائية، المراكز السكانية، شبكة الطرق، وتمتاز التحليلات المنتجة بتوفيرها لصورة رقمية ثلاثية الأبعاد عن التضاريس، والقياسات الدقيقة للارتفاعات، بالإضافة إلى إمكانية التحويل من طريقة تمثيل إلى طريقة أخرى للتضاريس بكل سهولة، تتضمن هذه العملية بالاعتماد على مجموعة من المتغيرات المؤثرة وهي كالتالي شكل رقم (5):

1. الانحدار (Slope):

يعني ميل سطح الأرض عن المستوى الأفقي، ويكون الانحدار كبيراً كلما زاد الميل، وتعتبر الانحدارات ذات أهمية كبيرة في تأثيرها على قوة، وسرعة السيل، وانتقاله من مكان إلى آخر، ويصنف الانحدار بناءً على تصنيف (يونج) (Young, 1972, p.173) إلى سبع فئات، هي كالتالي: انحدار مستوي يتراوح الانحدار من (0-2%)، وانحدار شبه مستوي من (2-5%)، وانحدار متوسط

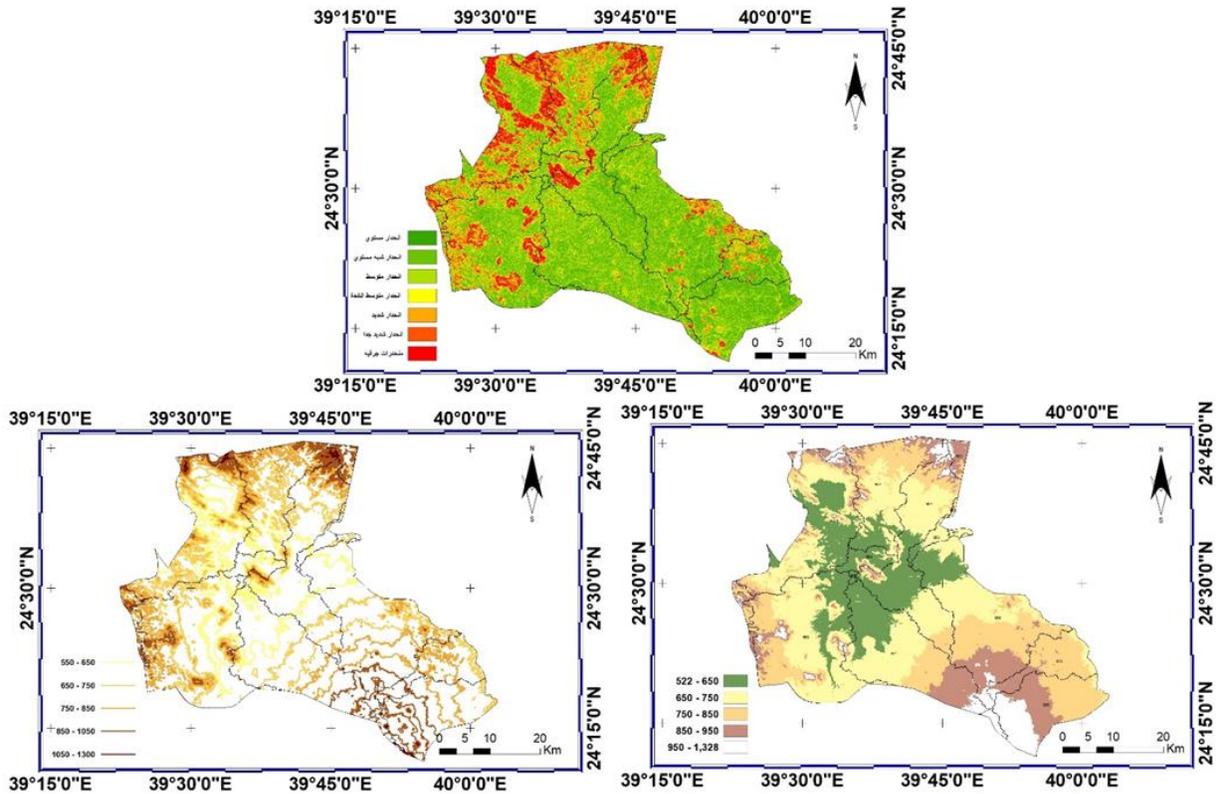
يتراوح من (5-10%)، وانحدار متوسط الشدة يتراوح الانحدار من (10-15%)، وانحدار شديد يتراوح الانحدار من (15-30%)، وانحدار شديد جداً: يتراوح الانحدار من (30-40%) ومنحدرات جرفيه: يزداد فيها الانحدار عن (45%)، وقد تراوحت قيم الانحدار بين (5.68%) في الحوض رقم (11)، و (20.95%) في الحوض رقم (2).

2. خطوط (الكتنور Contour Line):

تعتبر عن خطوط مرسومة على الخريطة تربط نقاطاً متساوية الارتفاع تفيد في توضيح شكل سطح الأرض، وتضاريسها، حيث تتباين خطوط الكنتور في قيم الارتفاع للأحواض بمنطقة الدراسة متراوحاً بين أعلى قيمة لخطوط (الكنتور)، وهي (946) م في الحوض رقم (4)، وأدنى قيمة، وهي (643) م في الحوض رقم (10).

3. متوسط ارتفاع التضاريس (Average Terrain Elevation):

تُقاس الارتفاعات عادةً بالأمتار ويمكن عرضها على الخرائط بواسطة نطاقات لونية متدرجة توضح الارتفاعات الدقيقة لنقاط معينة على سطح الأرض، تسمى الخرائط التي تعرض الارتفاعات بالخرائط الطبوغرافية، وتباينت متوسطات ارتفاع التضاريس للأحواض بمنطقة الدراسة بين أعلى قيمة لمتوسط الارتفاع بنحو (897) م في الحوض رقم (4)، وأدنى قيمة نحو (602) م في الحوض رقم (10).



شكل رقم (5) مجموعة العوامل التضاريسية المؤثرة في منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحث.

3. (العوامل الحضرية Urban Factors):

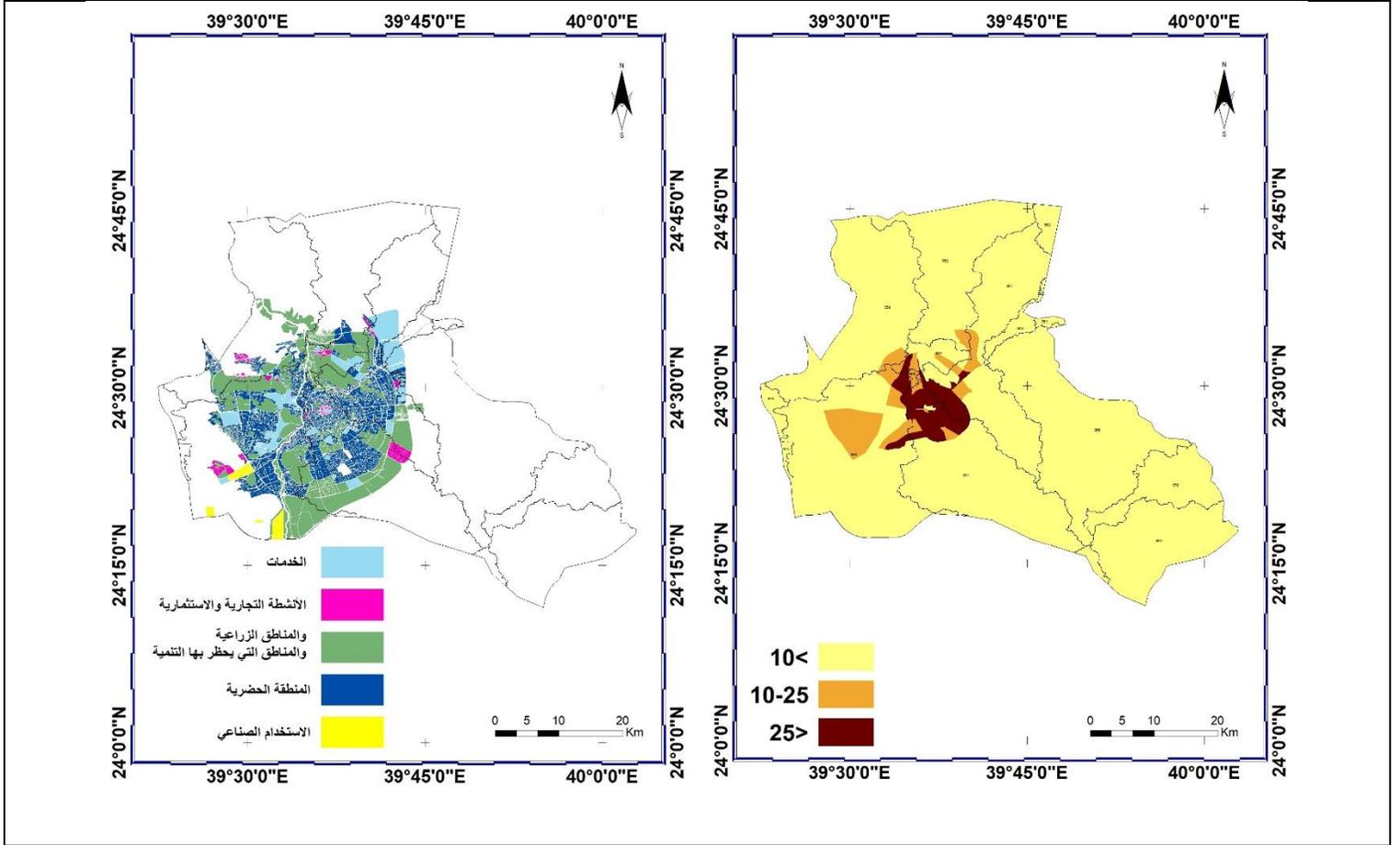
تركز العوامل الحضرية على فهم التمايز المكاني وتنظيم العمليات التي تشكل المدن بهدف تحديد أهم التحديات، والقضايا التي تواجه منطقة الدراسة بما في ذلك استخدام الأراضي والتركيب السكاني الحضرية، وكثافتها، والتحليل النظري، والتجريبي، وطبيعته التطبيقية في معالجة إدارة عمليات الطوارئ لمخاطر الفيضانات، وهي كالتالي شكل رقم (6):

1. استخدام الأرض (Land Use):

عمليات التحضر في المناطق المعرضة للفيضانات تزيد من تعرض المناطق الحضرية للكوارث نتيجة العوامل الهيدرولوجية، وقد حددت خمس فئات لاستخدام الأراضي في منطقة الدراسة، وهي المنطقة الحضرية، والخدمات، والاستخدام الصناعي، والأنشطة التجارية، والاستثمارية، والمناطق الزراعية، والمناطق التي يحظر بها التنمية، والتي بلغت فيها مساحات الاستخدامات بنحو (561.58) كم².

2. كثافة السكان (Population Density):

تنوعت الكثافة السكانية بمنطقة الدراسة، والتي تؤدي دوراً في مدى تأثير المناطق التي تحتوي على كثافة سكانية مرتفعة مقارنة بالمناطق التي تنخفض فيها الكثافة السكانية؛ فقد تراوحت بين أقل من (10) نسمة في الكيلومتر المربع إلى أكثر من (25) نسمة في الكيلومتر المربع.



شكل رقم (6) مجموعة من العوامل الحضرية المؤثرة في منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحث.

ثانياً: إدارة عمليات الطوارئ بمنطقة الدراسة:

تركز عملية إدارة عمليات الطوارئ بمنطقة الدراسة على تحديد مستويات الفيضان، وإدارتها على النحو التالي:

1. تحديد مستوى الفيضان:

يدعم تحديد مستوى الفيضان عملية تطوير (سيناريوهات) الفيضان للمساعدة في التخطيط عند حدوث الفيضان، وتتضمن هذه المهام سير العمل؛ لإعداد البيانات للتحليل، وتحديد منطقة تأثير الفيضان، والتأثير على البنية التحتية والمرافق والمباني، ومشاركة معلومات تأثير كوارث الفيضان، وتقديم تصور لتأثير الفيضان في صورة ثلاثية الأبعاد، بحسب التالي:

1. توزيع كارثة الفيضان:

يهدف توزيع كارثة الفيضان شكل رقم (7) إلى الحصول على الوضع الحالي للبيئة المبنية، والتحقق من مناطق توسع البناء في المستقبل، وإجراء التحليلات السابقة بمنطقة الدراسة في المرحلة الأولى من العمل والتي تساعد في تحديد المناطق الحرجة (Critical areas) من وجهة النظر (الهيدروليكية) لمنع بناء المباني الجديدة، وبالتالي الحد من زيادة حالات الخطر الجديدة في المناطق الحضرية؛ فقد أجري تحليل دقيق، ومحدث لكل منطقة الدراسة؛ لتسليط الضوء على الاستخدامات المختلفة للأراضي بناءً على أهمية المباني، والأنشطة بداخلها، ودمج هذه الفئات وفقاً لمعايير محددة، مثل: تركيز السكان، وجود أنشطة اجتماعية، وترفيهية، والأضرار التي تلحق بالمناطق الزراعية.

2. تحديد المناطق المتأثرة بالفيضان:

تمثلت المناطق الحضرية التي تقع تحت المناطق المتأثرة بالفيضان جدول رقم (3)، وشكل رقم (8) نحو (638) كم² بما نسبته: (27.82)% من إجمالي منطقة الدراسة، علماً أن المنطقة التي ستأثر بشكل سريع، وخطورة مرتفعة بلغت مساحتها (119) كم²، وذلك بنسبة: (5.18)% من منطقة الدراسة، وقد تأثرت بشكل أقل وخطورة متوسطة في منطقة الدراسة بمساحة بلغت (215) كم²، وذلك بنسبة: (9.35)% من منطقة الدراسة، هذا، ووقعت المنطقة التي ستأثر بشكل أقل في خطورتها بمساحة بلغت (338) كم²، ونسبة (14.75)% من منطقة الدراسة.

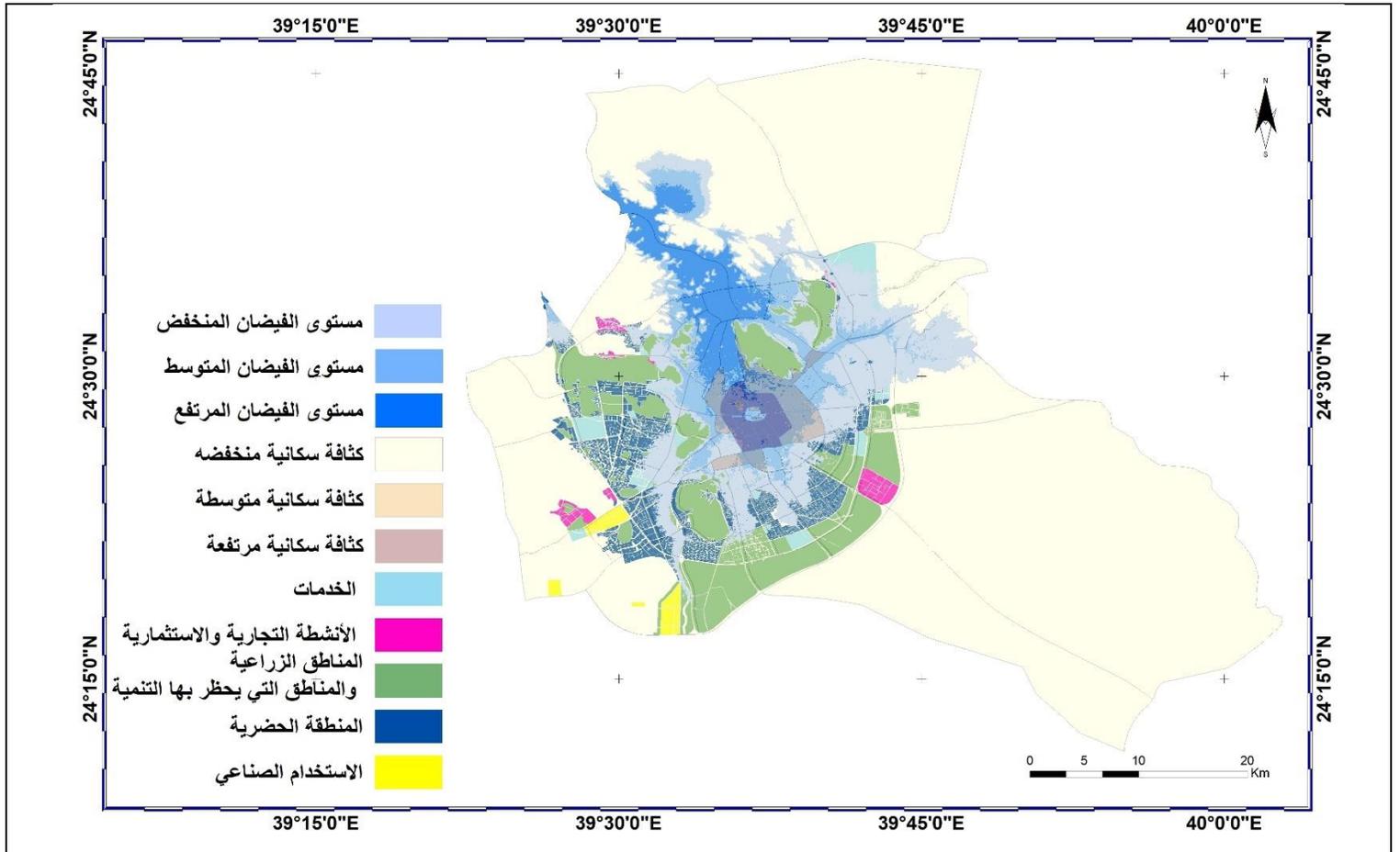
في حين بلغت المساحة الاجمالية للمنطقة ذات الكثافة المنخفضة، والتي تتعرض إلى خطر الفيضان بنحو: (672) كم²، وتبلغ مساحة المنطقة ذات الكثافة المتوسطة المعرضة لخطر الفيضان بنحو: (36) كم²، وتصل مساحة المنطقة ذات الكثافة المرتفعة، والتي تتعرض إلى خطر الفيضان بنحو: (30) كم²، في حين بلغت المساحة للخدمات التي تتعرض إلى خطر الفيضان بنحو: (49) كم²، وبلغت المساحة للاستخدام الصناعي المعرضة لخطر الفيضان بنحو: (0.11) كم²، وتبلغ المساحة للاستخدام الزراعي، والمناطق التي يحظر بها التنمية، والمعرضة لخطر الفيضان بنحو: (71) كم²، وتبلغ المساحة لاستخدام الأنشطة التجارية، والاستثمارية التي تتعرض إلى خطر الفيضان بنحو: (5) كم²، ووصلت المساحة للاستخدام السكاني المعرضة لخطر الفيضان بنحو: (112) كم².

جدول رقم (3) المناطق المتأثرة بكارثة الفيضان بمنطقة الدراسة

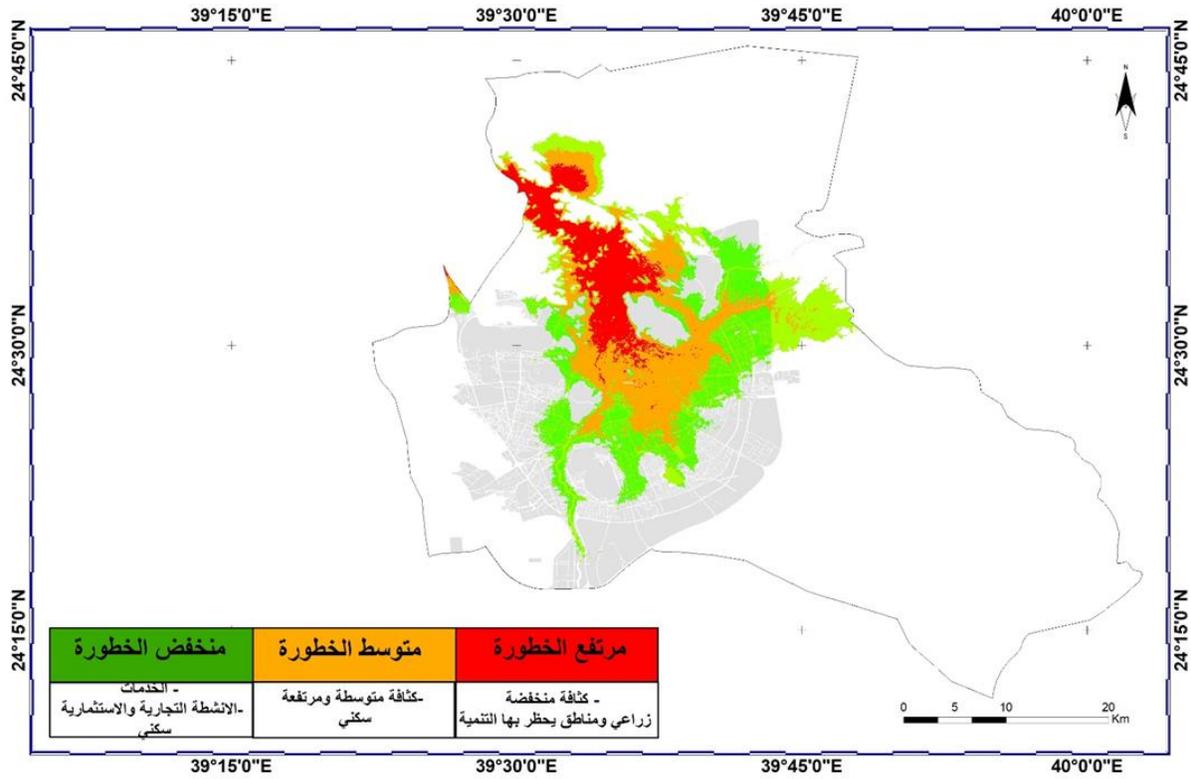
التسلسل	النوع	منخفض الخطورة كم ²	متوسط الخطورة كم ²	مرتفع الخطورة كم ²	الإجمالي كم ²
1	كثافة منخفضة	205	90	73	368
2	كثافة متوسطة	8	25	3	36
3	كثافة مرتفعة	8	21	1	30
4	الخدمات	33.19	14.62	1.20	49
5	صناعي	0.0015	0.04	0.06	0.11

71	30.99	19.93	20.50	زراعي، ومناطق يحظر بها التنمية	6
5	1.03	1.92	2.17	أنشطة تجارية، واستثمارية	7
112	8.58	42.08	61.53	سكني	8
638	119	181	338	الإجمالي	9
27.82	5.18	9.35	14.75	النسبة المئوية	10

المصدر: عمل الباحث.



شكل رقم (7) توزيع مستويات كارثة الفيضان بمنطقة الدراسة
المصدر: إعداد الباحث.



شكل رقم (8) المناطق المتأثرة بكارثة الفيضان بمنطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحث.

3. إدارة عمليات الطوارئ بمنطقة الدراسة:

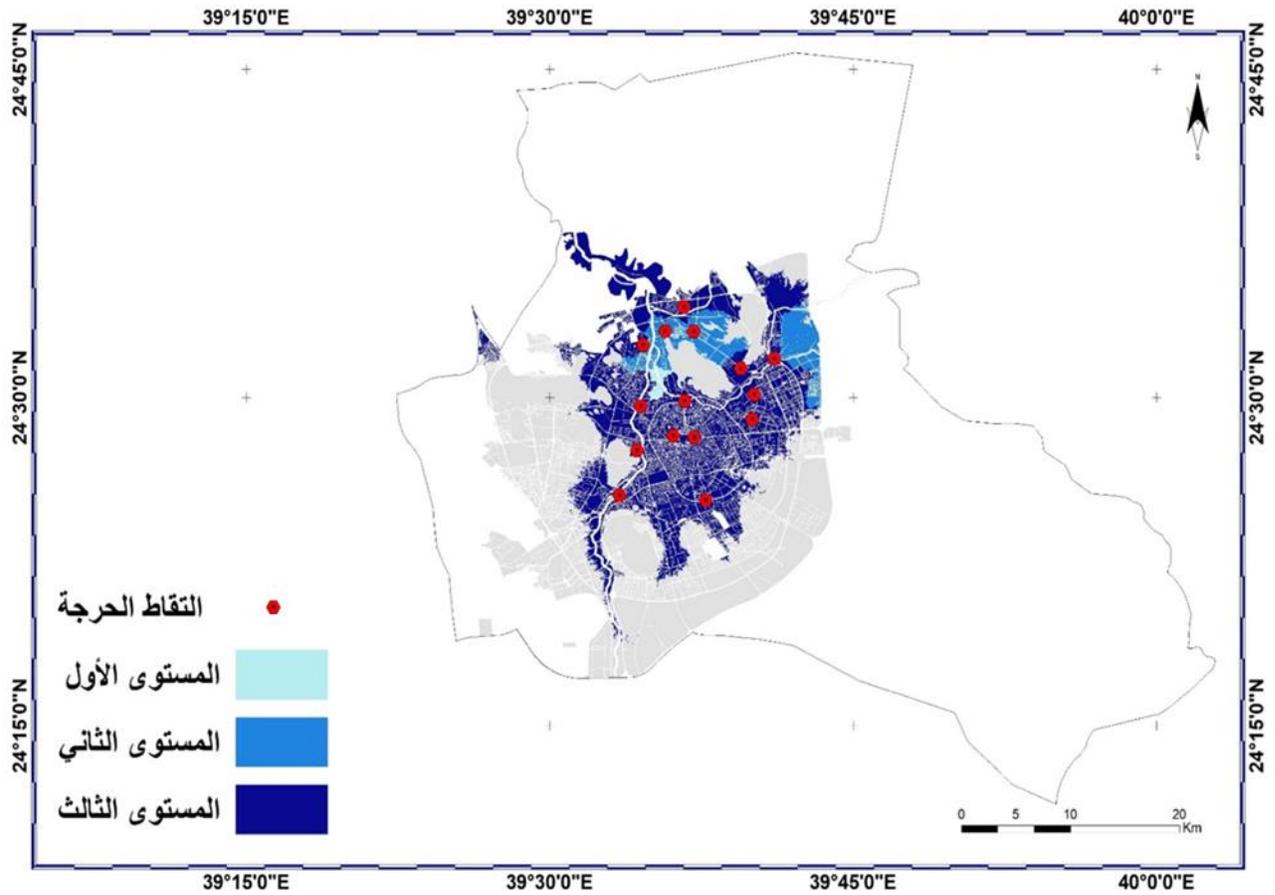
حددت ثلاثة عتبات للطوارئ لكل بلدية تتعرض لحالة الطوارئ باستخدام البيانات التاريخية للأمطار، وقيمت المعدلات المختلفة لارتفاع المياه على التوالي: (5-10-15) سم / ساعة؛ لتربط كل عتبة محددة بالمناطق التي تتعرض لفيضان المياه المقدر، يوضح الجدول رقم (4) مستويات التنبيه، ومرجعها المكاني، وتفصيل إجراءات الطوارئ المقترحة مما يساعد في إبراز المواقف الحرجة الموجودة في منطقة الدراسة، ويمثل الشكل رقم (9) (سيناريو) الطوارئ؛ لعرض شبكة الطرق، والمباني التي سيتم إخلاؤها مع ملاحظة أن المنطقة الحضرية تعاني من الانخفاض؛ مما سيؤثر حتى في ظل حدوث ظروف جوية طفيفة، بإجراءات الطوارئ لكوارث الفيضان بمنطقة الدراسة تندرج على الثلاث مستويات في المناطق الحضرية؛ حيث ستعاني المباني التي تقع في الأحواض التي تتعرض لذلك، وخاصة المباني التي يتواجد بها قبو نتيجة للانخفاض في الارتفاع إلى ارتفاع منسوب المياه، وبالتالي الفيضان الذي صاحبه سرعة في المياه بزمن وصولها، كما أن المستوى الثاني سيتعرض إلى انقطاع في التيار الكهربائي، وازدحام مروري تشهده معظم المناطق التي تقع في هذا المستوى، والذي يتطلب قطع للتيار الكهربائي بما لضمان سلامة السكان، إضافة إلى توجيه المركبات التي تسلك بعض الطرق عبر اللوحات (الإلكترونية) الإرشادية، وجعل قائديها على علم بوضع الطريق، وبالتالي سلوك طريق آخر من عدمه، وبالمستوى الثالث الذي يعاني من اضطراب

بالحركة المرورية، ولكن على نطاق واسع سيعمل على شل الحركة المرورية فيها، ولهذا؛ يجب اتخاذ إجراءات مناسبة، مثل: إيقاف بعض الطرق الفرعية التي تعاني من وجود فيضان، واقتصار الطرق على منافذ محددة.

جدول رقم (4) إجراءات الطوارئ لكارثة الفيضان بمنطقة الدراسة

التسلسل	مستوى (السيناريو)	زمن وصول المياه	الحوض	الأضرار المتوقعة	إجراءات الاستجابة
1	المستوى الأول	أقل من ساعتين	4	المباني السكنية، وخاصة ذات القبو	توقف الخدمات العامة، والطرق
			3		
			12		
			10		
2	المستوى الثاني	من ساعتين إلى أقل من خمس ساعات	6	انقطاع الكهرباء، الازدحام المروري	إغلاق المناطق المتضررة كهربائياً، لافتات في الطرق؛ لتغيير حركة المرور
			5		
			7		
3	المستوى الثالث	أكثر من خمس ساعات	2	اضطراب حركة المرور في شبكة الطرق	إغلاق بعض الطرق الفرعية
			9		
			14		
			1		
			13		
			8		
11					

المصدر: عمل الباحث.



محتوى محتوى. شكل رقم (9) سيناريو إدارة عمليات الطوارئ بمنطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحث.

الخلاصة:

حددت هذه الدراسة نموذجاً يدمج الوحدة (الهيدروديناميكية)، والتحليل (الهيدرولوجي)، وما ينتج عنه من قيم محسوبة تتعلق بشبكة التصريف المائي لمنطقة الدراسة، وتقييم المخاطر عبر نموذج محاكاة الفيضانات، وتقييم المخاطر في المناطق التي تلعب سياسات التنمية المستقبلية أحياناً دوراً في المناطق المزدحمة بالسكان، وغير المنظم؛ مما يؤدي إلى أخطار الفيضان، فالتخفيف منها ليس قابلاً للتأجيل، أو التأخير، ولهذا يجب تنفيذ تحليل مكاني متعمق للحد من مخاطر الفيضانات المقترح في هذه الدراسة كمنهجية مناسبة؛ لتحديد المناطق المعرضة للفيضانات بشكل خاص، ويمكن أن تكون مناسبة من جهتين الأولى تعنى بصياغة مبادئ التنمية الحضرية المستقبلية، وتحديد (سيناريوهات) المخاطر؛ لتطوير، أو تحديث خطط الطوارئ الخاصة بالمدينة المنورة مما يساهم في تخفيف العبء المادي الذي يمكن أن تتكلف به الحكومات بسبب سوء التخطيط والبناء، فالاستمرار في تعزيز منهجيات مخاطر الفيضانات، وتقييمها، وتعزيز تخطيط الطوارئ، وإدارتها يؤدي إلى تقليل الخسائر في الأرواح، والبنى التحتية.

وتحليل أخطار الفيضانات، وإدارة عمليات الطوارئ - أشارت النتائج إلى أن المدى الكلي لتأثر المناطق الحضرية بالفيضان حوالي: (638) كم² بنسبة: (27.82)% من إجمالي منطقة الدراسة، واتضح التأثير بشكل سريع، وخطورة مرتفعة في منطقة الدراسة بمساحة بلغت: (119) كم²، وذلك بنسبة: (5.18)% من منطقة الدراسة، وقد تأثرت المناطق ذات خطورة متوسطة في منطقة الدراسة بمساحة بلغت: (215) كم²، بنسبة: (9.35)% من منطقة الدراسة، هذا، وتأثرت بعض المناطق بشكل أقل في خطورتها بمساحة تبلغ: (338) كم²، وذلك بنسبة: (14.75)% من منطقة الدراسة.

كشفت الدراسة بلوغ المساحة الاجمالية للمنطقة ذات الكثافة المنخفضة والتي تتعرض إلى خطر الفيضان بنحو: (672) كم²، وتبلغ مساحة المنطقة ذات الكثافة المتوسطة المعرضة لخطر الفيضان بنحو: (36) كم²، وتصل مساحة المنطقة ذات الكثافة المرتفعة المتعرضة إلى خطر الفيضان بنحو: (30) كم²، في حين بلغت المساحة للخدمات التي تتعرض إلى خطر الفيضان بنحو: (49) كم²، وبلغت المساحة للاستخدام الصناعي المعرضة لخطر الفيضان بنحو: (0.11) كم²، وتبلغ المساحة للاستخدام الزراعي، ومناطق يحظر بها التنمية التي تتعرض إلى خطر الفيضان بنحو: (71) كم²، وتبلغ المساحة لاستخدام الأنشطة التجارية، والاستثمارية المعرضة لخطر الفيضان بنحو: (5) كم²، ووصلت المساحة للاستخدام السكني التي تتعرض لخطر الفيضان بنحو: (112) كم².

وحددت البيانات التاريخية للأمطار ثلاث عتبات للطوارئ في البلديات التي تتعرض لحالة الطوارئ، وقيمت المعدلات المختلفة لارتفاع المياه على التوالي: (5-10-15) سم/ساعة؛ لتربط كل عتبة محددة بالمناطق التي تتعرض لفيضان المياه المقدر، وحددت مستويات التنبيه، ومرجعها المكاني، وتفصيل إجراءات الطوارئ المقترحة؛ مما ساعد في إبراز المناطق الحرجة الموجودة في منطقة الدراسة، وتمثيل (سيناريو) الطوارئ؛ لعرض شبكة الطرق، والمباني التي سيتم إخلاؤها بملاحظة الانخفاض في المنطقة الحضرية؛ مما قد يؤثر في حال حدوث ظروف جوية خفيفة.

المراجع:

- شرف، محمد إبراهيم. المطيري، مناور بن خلف. (2014). التحليل المكاني لأخطار السيول بحوض وادي حنيفة بمدينة الرياض، المؤتمر السنوي الدولي الخامس عشر "الجغرافيا وآفاق التنمية في الوطن العربي، جامعة الإسكندرية.
- طلبة، شحاته سيد أحمد. (2002). مناخ المدينة المنورة وآثاره الاقتصادية (دراسة علمية محكمة)، الطبعة الأولى، المدينة المنورة، نادي المدينة المنورة الأدبي.
- مجرشي، عبد الرحمن عبد العزيز. (2019). التخطيط العمراني لمحافظة الليث وأهمية مواجهة كوارث مياه الأمطار على مركزها الحضري، مجلة جامعة أم القرى للهندسة والعمارة، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

المراجع الأجنبية:

- Arcement, J., Schneider, R. (1989). Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. U.S. G.P.O.
- Basar, A., Catay, B., Unluyurt, T. 2012. A Taxonomy for Emergency Service Station Location Problem. *Optimization Letters* 6:1147–1160.
- Blistanova, M., Katalinic, B., Kiss, I., Wessely, E. (2014). Data Preparation for Logistic Modeling of Flood Crisis Management. *Procedia Engineering*. 69. 1529-1533. 10.1016/j.proeng.2014.03.151.
- Canton, G. (2007). *Emergency management: Concepts and strategies for effective programs*. Wiley-Interscience.
- Garren, T. (1998). Maximum likelihood estimation of the correlation coefficient in a bivariate normal model, with missing data. *Statistics and Probability Letters*. 38 (3): 281–288.
- Gunes, E., Kovel, B. (2016). Using GIS in Emergency Management Operations, *Journal of Urban Planning and Development*, 126 (3), 136-149.
- Hashemi L., Mostafavi A., Pouliot, J. (2007) 3D Dynamic Simulation within GIS in Support of Disaster Management. In: Li J., Zlatanova S., Fabbri A.G. (eds) *Geomatics Solutions for Disaster Management. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Horton, E. 1945, Erosional development of streams and their drainage basins hydrophysical approach to quantitative morphology: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 56, no. 3, p. 275-370.
- Juan, P., Sebastián, M., Rosa, R. (2018) Decision support for fleet allocation and contract renegotiation in contracted open-pit mine blasting operations. *International Journal of Production Economics* 204, pages 59-69.
- Kenney, F., Keeping, S. (1962). Root Mean Square.” §4.15 in *Mathematics of Statistics*, Pt. 1, 3rd ed. Princeton, Van Nostrand, pp. 59-60.
- Liu, J., Liu, M., Xu, S., Che, x., Sun, l. (2020). A Survey on The Integrated Disaster Reduction Service in Big Dara Era, 8th International Conference on Cartography and GIS, 2020, Nessebar, Bulgaria Vol. 1, 557- 564.
- Luino, F., Belloni, A., Turconi, L., Faccini, F., Mantovani, A., Fassi, P., Marincioni, F., Caldiroli, G. (2018). A historical geomorphological approach to flood hazard management along the shore of an alpine lake (northern Italy). *Natural Hazards*, 94(1), 471-488. <https://doi:101007/s11069-018-3398-5>.
- Saint, D. (1871). Theory of unsteady water flow with application to river floods and to propagation of tides in river channels, *French Academy of Science*, Vol. 73, 148–154; 37–240.

- Tolbah, S. (2002). The climate of Medina and its economic effects (a controlled scientific study), first edition, Medina: Al-Madinah Al-Munawwarah Literary Club. (In Arabic).
- Vojinovic, Z., van, J. (2007). An integrated stormwater management approach for small islands in tropical climates. *Urban Water Journal*, 4 (3), 211–231.
- Wanielista, M., Kerster, R., Eaglin, R. (1977). *Hydrology, water quantity and quality control*, 2nd edition, Wiley John and Sons.
- White, R., Engelen, G. (2000). High resolution integrated modeling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Comput. Environ. Urban Syst.* 24, 383–400.
- Zening W., Yanxia S., Huiliang W., Meimei W. (2019) Assessing urban flood disaster risk using Bayesian network model and GIS applications, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10:1, 2163-2184.
- Zheng, Y., Sun, H. (2020). An Integrated Approach for the Simulation Modeling and Risk Assessment of Coastal Flooding. *Water*. 12. 2076. 10.3390/w12082076.