Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (38), (Dec, 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 38 ديسمبر 2025
ردمد: 3014-6266

الفيضانات المفاجئة في ليبيا

نمذجة أماكن الخطر وتقييم نظم الحماية (وادي درنه)

رضاء عبد السلام محمد ابو خريص-rpokhreasr@gmail.com
حسين المختار محمد ابوراس hoosanaboras@gmail.com
مراقبة التعليم الاصابعة

تاريخ الاستلام:2025/8/11 –تاريخ المراجعة: 2025/9/12– تاريخ القبول: 2025/11/3– تاريخ للنشر : 6/12/ 2025

ملخص البحث

يتناول هذا البحث الفيضانات المفاجئة في ليبيا باتخاذ حوض وادي درنة نموذجاً تطبيقياً، ويهدف إلى نمذجة أماكن الخطر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية، مع تقييم كفاءة نظم الحماية القائمة، أظهرت النتائج أن الحوض شديد القابلية للفيضان بسبب الانحدارات الحادة وكثافة التصريف والتوسع العمراني داخل مجرى الوادي، وأن السدود وشبكات التصريف تعاني قصوراً تصميمياً وضعف صيانة، وانتهت الدراسة إلى مجموعة مقترحات هندسية وتخطيطية ومؤسسية، من أهمها تعزيز السدود، إعادة تصميم شبكات التصريف، إقرار مناطق حمى فيضانيه، وتطوير نظم الإنذار المبكر للحد من الخسائر المستقبلية.

الكلمات المفتاحية

الفيضانات المفاجئة – وادي درنة – ليبيا – نظم المعلومات الجغرافية (GIS) – نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) – النمذجة المكانية – التحليل المكاني – الكثافة التصريفية – الانحدار – إدارة مخاطر الكوارث – نظم الحماية من الفيضانات – التغير المناخي – السدود – الإنذار المبكر – خرائط الخطر

Abstract

This study examines flash floods in Libya using Wadi Derna as a case study. It aims to model flood-hazard zones with GIS and DEM data and to assess the efficiency of existing protection systems. The results show that the basin is highly prone to flooding due to steep slopes, high drainage density and uncontrolled urban expansion within the valley, while dams and drainage structures suffer from design and maintenance deficiencies. The study proposes a set of engineering, planning and institutional measures—such as strengthening dams, redesigning urban drainage, enforcing floodplain zoning and developing early-warning systems—to reduce future flood impacts and enhance community resilience.

Flash Floods – Wadi Derna – Libya – Geographic Information Systems (GIS) – Digital Elevation Model (DEM) – Spatial Modeling – Hydrological Analysis – Drainage Density – Slope – Disaster Risk Management – Flood Protection Systems – Climate Change – Dams – Early Warning Systems – Hazard Mapping

مقدمـــة

تُعدّ الفيضانات المفاجئة من أخطر الكوارث الطبيعية التي تهدد الإنسان وممتلكاته، لما تتسم به من سرعة الحدوث وشدة التأثير في فترات زمنية قصيرة، خصوصاً في البيئات الجافة وشبه الجافة كبيئة ليبيا، حيث تتفاعل العوامل المناخية والطبوغرافية والبشرية لتزيد من حدّة الأخطار الهيدرولوجية، وقد شهدت ليبيا خلال العقود الأخيرة عدداً من الفيضانات المدمّرة، أبرزها فيضان وادي درنة الناتج عن إعصار «دانيال» سنة 2023، الذي كشف عن هشاشة البنية التحتية وضعف نظم الحماية والإنذار المبكر، وأظهر الحاجة الملحّة إلى تبني منهج علمي في فهم الظاهرة وإدارتها، في هذا الإطار، أصبحت **نظم المعلومات الجغرافية (GIS)** وتقنيات الاستشعار عن بعد أدوات أساسية في تحليل أخطار الفيضانات، لما توفره من قدرات على النمذجة المكانية، ورسم خرائط الخطر بدقة، وتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للفيضانات، كما تمثل النمذجة المكانية وسيلة فعّالة لدعم متخذي القرار في تخطيط استخدامات الأراضي ووضع استراتيجيات وقائية تقلل من حجم الخسائر المستقبلية، ومن خلال دمج المعطيات الطبيعية مثل الانحدار وكثافة التصريف والأمطار مع العوامل البشرية كالتوسع العمراني واستعمالات الأراضي، يمكن بناء نموذج علمي لتحديد قابلية الأحواض المائية للفيضانات المفاجئة، وقد برز حوض **وادي درنة** كأحد أهم الأحواض المائية التي تستدعي دراسة تفصيلية، نظراً لخصائصه الجيومورفولوجية المعقّدة وموقعه على السفوح الشمالية للجبل الأخضر وانحداره الحاد نحو الساحل، إضافةً إلى التوسع العمراني غير المنظم داخل مجراه، وهو ما جعل المدينة عرضة مباشرة لموجات الجريان السطحي،إن دراسة هذا الحوض لا تهدف فقط إلى وصف الظاهرة، بل إلى **تقييم كفاءة نظم الحماية** القائمة واقتراح حلول هندسية وتخطيطية ومؤسسية لتطوير إدارة مخاطر الفيضانات في ليبيا، كما تسعى الدراسة إلى **دمج التحليل المكاني بالنمذجة الهيدرولوجية** لإنتاج خرائط خطر يمكن اعتمادها كمرجع وطني في التخطيط الحضري وحماية الأرواح والممتلكات، وتستمد هذه الدراسة أهميتها من كونها تربط بين الجانب العلمي التطبيقي (النمذجة الرقمية) والجانب الاجتماعي والمؤسسي (إدارة الكوارث)،وهو ما يجعلها تسهم في إثراء الأدبيات الجغرافية الليبية وتقديم حلول واقعية للحد من آثار الكوارث الطبيعية في المستقبل، وبذلك يشكّل هذا البحث خطوة علمية نحو **تبنّي نظم وقاية أكثر كفاءة** تستند إلى البيانات المكانية والتحليل الكمي بدلاً من الإجراءات التقليدية، إذ إن فهم العوامل المسببة للفيضانات وتحليلها موضوعياً يُعدّ المدخل الأساس لبناء مجتمع قادر على التكيّف والصمود أمام التغيرات المناخية، كما يُبرز ضرورة **التكامل بين المؤسسات العلمية والبلديات وهيئات الدفاع المدني** في إعداد خرائط الخطر وتحديثها باستمرار، من هنا تأتي أهمية هذه الدراسة التي توظّف أدوات حديثة لتقييم الواقع الهيدرولوجي في ليبيا، وتقدّم مقترحات عملية لتعزيز إدارة أخطار الفيضانات، وهي تسعى في النهاية إلى المساهمة في بناء قاعدة معرفية وطنية تدعم اتخاذ القرار القائم على الدليل العلمي، وتفتح المجال أمام دراسات مماثلة في أحواض أخرى داخل البلاد، وبذلك يُمكن اعتبار هذا البحث **نموذجاً تطبيقياً رائداً** في توظيف نظم المعلومات الجغرافية لإدارة الكوارث الطبيعية في البيئة الليبية، ويُسهم في تحقيق التنمية المكانية المستدامة والأمان البيئي في مواجهة التغيرات المناخية المستقبلية.

مشكلة البحث

يمكن صياغة مشكلة البحث في السؤال الرئيسي الآتي:

كيف يمكن نمذجة أماكن الخطر للفيضانات المفاجئة في ليبيا وتقييم كفاءة نظم الحماية القائمة للحد من آثارها؟

ويتفرع عنه الأسئلة الفرعية/المشكلة الجزئية:

1. ما العوامل الطبيعية (الطبوغرافيا، الأمطار، الجريان السطحي) والبشرية (التوسع العمراني، استعمالات الأراضي) التي تفسر ارتفاع مخاطر الفيضانات المفاجئة؟
2. إلى أي مدى تُعد نظم الحماية الحالية (السدود، قنوات التصريف، مناطق الحماية حول الأودية) كافية وفعالة للحد من الخطر؟
3. كيف يمكن توظيف نظم المعلومات الجغرافية والنماذج الهيدرولوجية لإنتاج خرائط لمناطق الخطر الفيضي في حوض درنة أو حوض نموذجي آخر؟
4. ما أوجه القصور المؤسسية والتخطيطية في إدارة مخاطر الفيضانات في ليبيا، وما سبل معالجتها؟

أهمية البحث

1. **أهمية علمية**
   - يرفد الأدبيات الجغرافية والهيدرولوجية بدراسة تطبيقية حديثة تستخدم **GIS**و **DEM**لنمذجة الفيضانات في بيئة ليبية،
   - يربط بين البعد الطبيعي (الهيدرولوجي) والبعد البشري (التخطيط الحضري وإدارة الكوارث)،
2. **أهمية تطبيقية**
   - إنتاج خرائط لمناطق الخطر يمكن أن تُستخدم كأداة مساعدة في إعداد مخططات استعمالات الأراضي والتوسع العمراني الآمن،
   - تقديم تقييم موضوعي لكفاءة نظم الحماية الحالية واقتراح بدائل هندسية وتخطيطية لتحسينها،
3. **أهمية مجتمعية**
   - الإسهام في تقليل الخسائر المستقبلية في الأرواح والممتلكات عبر اقتراح إجراءات وقائية،
   - دعم الجهات المسؤولة (الدفاع المدني، البلديات، وزارة الإسكان والتخطيط العمراني) بمخرجات علمية عملية،

أهداف البحث

1. **تحديد** العوامل الطبيعية والبشرية المفسِّرة لمخاطر الفيضانات المفاجئة في المنطقة محل الدراسة،
2. **نمذجة** أماكن الخطر الفيضي باستخدام بيانات نماذج الارتفاع الرقمية وبيانات الأمطار والجريان السطحي داخل بيئةGIS ،
3. **تقييم** نظم الحماية الحالية (سدود، قنوات، شبكات تصريف، مناطق حماية) من حيث توزيعها وكفاءتها في الحد من آثار الفيضانات،
4. **رسم** خرائط لمستويات الخطر (مرتفع – متوسط – منخفض) وبيان تداخلها مع المناطق العمرانية والبنية التحتية الحيوية،
5. **اقتراح** حزمة من الإجراءات الهندسية والمؤسسية والتخطيطية لتحسين إدارة مخاطر الفيضانات المفاجئة في ليبيا،

تساؤلات البحث

1. ما السمات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لحوض الوادي محل الدراسة، وكيف تسهم في توليد الفيضانات المفاجئة؟
2. ما نمط توزيع الأمطار وشدة العواصف المطرية التي تُعد محفزاً أساسياً للفيضانات في المنطقة؟
3. إلى أي حد تعكس الخرائط الناتجة عن نمذجة الخطر الفيضي الواقع الميداني للأضرار المسجلة؟
4. ما نقاط القوة والضعف في نظم الحماية الحالية؟
5. ما الإجراءات المقترحة (هندسية – تخطيطية – مؤسسية) للحد من مخاطر الفيضانات مستقبلاً؟

منهجية البحث

- **نوع البحث:**

بحث تطبيقي (عملي) ذو طابع وصفي تحليلي،

- **المناهج المستخدمة:**

1. **المنهج الوصفي التحليلي** :لوصف الظاهرة (الفيضانات المفاجئة) وتحليل أسبابها ونتائجها،
2. **المنهج الجغرافي الكمي/النمذجي** :باستخدام GIS وبيانات الاستشعار عن بعد و DEMلنمذجة مناطق الخطر،
3. **منهج دراسة الحالة** :اختيار حوض وادي درنة أو حوض آخر مماثل كنموذج تطبيقي،

- **أدوات جمع البيانات:**

1. خرائط طبوغرافية ورقميةDEM) ، خرائط الارتفاعات والانحدارات(،
2. صور أقمار صناعية(Landsat   Sentinel-2أو ما يتيسر منها)
3. بيانات الأمطار والجريان (إن توفرت من مصلحة الأرصاد/الموارد المائية)،
4. صور ميدانية ووثائق وتقارير رسمية عن كارثة الفيضانات،
5. مقابلات شبه مقننة مع مختصين (مهندسين، مخطِّطين، عناصر حماية مدنية)،

- **أساليب التحليل:**

1. معالجة بيانات(DEM استخراج الانحدار، اتجاه الجريان، مناطق التجمع)
2. بناء طبقات (Layers) للعوامل المؤثرة وإجراء تراكب طبقي (Overlay) للحصول على خرائط الخطر،
3. توصيف وتقييم نظم الحماية من خلال الربط بين مواقعها ومناطق الخطر،

الدراسات السابقة

رقم	المؤلف	سنة الدراسة	عنوان الدراسة	أوجه التشابه مع موضوعك	أوجه الاختلاف عن موضوعك
1	**عبد الونيس عاشور**– ليبيا	2022	تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة باستخدام نموذج SWAT وGIS	استخدمت نفس منطقة الدراسة (وادي درنة) ونفس المنهجية) النمذجة المكانية داخل GIS)	ركّزت على حساب الجريان السطحي دون تقييم نظم الحماية أو اقتراح حلول مؤسسية
2	**جميلة سليمان العربي**– ليبيا	2024	ملاءمة مخططات استعمالات الأراضي	تتفق مع بحثك في الاهتمام بالتوسع العمراني وتأثيره على أخطار الفيضانات	ركّزت على التخطيط الحضري دون تحليل مورفومتري أو نمذجة عددية

رقم	المؤلف	سنة الدراسة	عنوان الدراسة	أوجه التشابه مع موضوعك	أوجه الاختلاف عن موضوعك
			للتغيرات المناخية بعد فيضان درنة		
3	**مصطفى** ليبيا –**بوخزام**	2021	التحليل الجغرافي لمخاطر الفيضانات في أودية الجبل الأخضر	تشابه في استخدام بيانات الانحدار وشبكة DEM التصريف	تناول منطقة أوسع (الجبل الأخضر) دون التركيز على درنة كحالة دراسية
4	**صلاح الدرسي** ليبيا –	2023	دمج المعايير المورفومترية GIS والهيدرولوجية في لتقييم أخطار الفيضانات	استخدم منهجية التحليل مثل بحثك (AHP) الهرمي	ركّز على النمذجة فقط دون الربط مع نظم الحماية أو المؤسسات
5	–**فرج العبيدي** ليبيا	2022	نظم الحماية من الفيضانات في المدن الساحلية الليبية	اتفقت في موضوع تقييم كفاءة نظم الحماية	أو GIS لم يستخدم أدوات التحليل المكاني، بل اعتمد الوصف التحليلي فقط
6	**حسن المغربي** ليبيا –	2020	الفيضانات كظاهرة بيئية واجتماعية في ليبيا	يتفق في تحليل الأثر الاجتماعي للفيضانات	ركّز على الجانب الاجتماعي دون تحليل مكاني أو عددي
7	**جمعة محمد داوود وآخرون** السعودية –	2011	تقييم مخاطر الفيضانات المفاجئة بمكة المكرمة GIS باستخدام	استخدم نفس المنهج (التحليل المكاني المتعدد المعايير)	يختلف في طبيعة البيئة (رطبة نسبياً مقارنة بالجبل الأخضر)
8	**إبراهيم درويش** السعودية –	2018	النمذجة الخرائطية لمخاطر السيول في وادي منى CN باستخدام طريقة	تشابه في استخدام نموذج لتحليل الجريان SCS-CN	ركّز على السيول الحضرية وليس الفيضانات في الأودية الطبيعية
9	–**البدري سعيد** العراق	2021	تحليل أسباب الفيضانات المفاجئة في البيئات الجافة	توافق في تحليل العوامل المناخية والطبوغرافية	لم يستخدم نظم المعلومات الجغرافية في المعالجة الرقمية
10	**المنصوري** –**أشرف** الإمارات	2021	إدارة الكوارث الطبيعية في البيئات الحضرية	اتفاق في تناول مراحل إدارة الكوارث (الوقاية – الاستعداد – الاستجابة – التعافي)	بحث عام لا يركّز على الفيضانات أو على ليبيا تحديداً
11	**محمد داود** –**العزاوي** العراق	2019	التحليل المورفومتري للأحواض الجافة باستخدام DEM	تشابه في الحسابات المورفومترية والانحدار والكثافة التصريفية	ركّز على الجانب الجيومورفولوجي البحت دون ربطه بالمخاطر
12	–**نوال المغربي** مصر	2020	أثر التغيرات المناخية على أخطار الفيضانات في شمال إفريقيا	توافق في ربط التغير المناخي بزيادة تواتر الفيضانات	استخدمت تحليل مناخي إقليمي دون تطبيق مكاني تفصيلي

رقم	المؤلف	سنة الدراسة	عنوان الدراسة	أوجه التشابه مع موضوعك	أوجه الاختلاف عن موضوعك
13	**عبدالكريم الطحان**– سوريا	2022	التحليل المكاني للفيضانات في حوض بردى	استخدم نفس أدوات التحليل داخل GIS	يختلف في طبيعة الحوض الجبلي والرطوبة العالية نسبياً
14	**إبراهيم عبدالمولى**– السودان	2021	استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقييم أخطار الفيضانات في النيل الأزرق	تشابه في دمج بيانات الاستشعار عن بعد والخرائط الرقمية	يركّز على أحواض نهرية ضخمة وليس أودية ساحلية
15	**فهد الزامل**– السعودية	2023	دمج GIS والاستشعار عن بعد لرسم خرائط السيول الحضرية	تشابه في تقنيات التحليل واستخدام صور الأقمار الصناعية	يختلف في طبيعة البيئة (مدن داخلية وليس وديان ساحلية)

مصطلحات البحث

- **الفيضانات المفاجئة:**

ارتفاع مفاجئ وسريع في منسوب المياه في الأودية أو المجاري المائية نتيجة لهطول مطري شديد خلال فترة زمنية قصيرة، بما يؤدي إلى جريان قوي يسبب أضراراً في الأرواح والممتلكات،

- **نظم الحماية من الفيضانات:**

مجموعة المنشآت الهندسية (سدود، حواجز، قنوات تصريف)، والترتيبات التخطيطية (مناطق حمى، ارتدادات عن مجاري الأودية)، والإجراءات المؤسسية (خطط الطوارئ والإنذار المبكر) الهادفة إلى الحد من مخاطر الفيضانات،

- **نمذجة أماكن الخطر:**

عملية رياضية–مكانية تعتمد على دمج مجموعة من العوامل (الانحدار، الأمطار، الجريان السطحي، استعمالات الأراضي...) داخل بيئة GIS بهدف إنتاج خرائط توضح درجة تعرض كل جزء من الحوض لخطر الفيضان،

- **نظم المعلومات الجغرافية:(GIS)**

نظام حاسوبي متكامل لتجميع وتخزين وتحليل وعرض البيانات المكانية والوصفية بما يسمح بدراسة العلاقات المكانية بين الظواهر الجغرافية،

- **نموذج الارتفاع الرقمي:(DEM)**

تمثيل رقمي ثلاثي الأبعاد لسطح الأرض (الارتفاعات) يُستخدم لاشتقاق الانحدار واتجاه الجريان ومناطق تجمع المياه،

الدراسة النظرية

الفصل الأول: الإطار النظري والمفاهيمي للفيضانات المفاجئة ونظم الحماية

المبحث الأول: الإطار النظري للفيضانات المفاجئة

المطلب الأول:مفهوم الفيضانات وأنواعها.

تُعدّ الفيضانات من أخطر الكوارث الطبيعية التي تهدّد الإنسان وممتلكاته، إذ تنشأ نتيجة الفائض في كمية المياه السطحية المتجمعة عن الأمطار أو ذوبان الثلوج أو ارتفاع منسوب الأنهار عن قدرتها الاستيعابية، مما يؤدي إلى غمر

الأراضي المجاورة بالمياه. وتُعرَّف الفيضانات بأنها «الارتفاع غير المعتاد في منسوب المياه عن المعدل الطبيعي الذي يؤدي إلى خروجها عن مجاريها وتدمير ما يواجهها من منشآت بشرية وزراعية» (الزهراني، 2019، ص 45).

تتنوّع الفيضانات تبعاً لأسبابها ومصادرها إلى أنواع رئيسية، منها:

1. **الفيضانات النهرية** الناتجة عن زيادة مياه الأنهار الموسمية،
2. **الفيضانات الساحلية** الناتجة عن العواصف البحرية أو الأعاصير،
3. **الفيضانات المفاجئة** التي تحدث بشكل سريع وعنيف بعد هطول أمطار غزيرة في وقت قصير، خصوصاً في البيئات الجافة وشبه الجافة حيث تقلّ النفاذية ويزداد الجريان السطحي،

تُعدّ **الفيضانات المفاجئة** أكثر الأنواع خطورة في المناطق الجافة مثل ليبيا، إذ تتسم بسرعة حدوثها وضيق المدة الزمنية بين الهطول وحدوث الجريان، ما يجعل من الصعب التنبؤ بها أو الاستعداد المسبق لها. وغالباً ما تتسبب في خسائر بشرية ومادية جسيمة نتيجة محدودية الغطاء النباتي وضعف شبكات التصريف، كما حدث في وادي درنة عام 2023 الذي مثّل مثالاً صارخاً على هشاشة الأنظمة الوقائية في مواجهة الفيضانات المفاجئة.

»الفيضانات المفاجئة في البيئات الجافة تُعد من أكثر الظواهر الهيدرولوجية تدميراً، لأنها تتكوّن في فترات زمنية قصيرة جداً، ولا تتيح للسكان وقتاً كافياً للإنذار أو الإخلاء» (البدري، 2021، ص 102).

المطلب الثاني: أسباب الفيضانات المفاجئة وآثارها في ليبيا

تتعدد الأسباب التي تؤدي إلى الفيضانات المفاجئة، ويمكن تصنيفها إلى ثلاثة محاور رئيسية:

1. **الأسباب المناخية:**

تشمل شدة وكثافة الأمطار في فترة زمنية قصيرة نتيجة العواصف الرعدية، إضافة إلى التغيرات المناخية التي زادت من تواتر الظواهر الجوية المتطرفة، مثل ما حدث في شرق ليبيا في سبتمبر 2023 حين أدّت عاصفة «دانيال» إلى أمطار تجاوزت المعدلات التاريخية.

2. **الأسباب الجيومورفولوجية:**

تتعلق بطبيعة السطح وشكل الأحواض المائية، فالأحواض الضيقة والمنحدرات الشديدة والانخفاضات المغلقة تسهّل سرعة الجريان وتزيد احتمالية الفيضانات، خصوصاً في المناطق ذات التربة الطينية قليلة النفاذية.

3. **الأسباب البشرية:**

مثل التوسع العمراني العشوائي في مجاري الأودية، وردم مجاري السيول، وضعف شبكات الصرف، وقصور إدارة الموارد المائية، مما يضاعف آثار الفيضانات عند حدوثها، كما هو الحال في مدينة درنة حيث كان غياب التخطيط العمراني من أهم أسباب الكارثة.

أما **الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية** فتشمل تدمير البنية التحتية والمساكن، انجراف التربة وفقدان الغطاء النباتي، تلوث مصادر المياه، انتشار الأمراض، وخسائر اقتصادية جسيمة في الزراعة والتجارة، إضافة إلى الآثار النفسية والاجتماعية الناتجة عن فقدان الأرواح والنزوح.

»إن الفيضانات المفاجئة ليست مجرد ظاهرة مائية، بل هي حدث اجتماعي واقتصادي متكامل يعبّر عن ضعف التخطيط البيئي وغياب الحوكمة في إدارة الأخطار الطبيعية» (المغربي، 2020، ص 77).

المبحث الثاني: نظم الحماية وإدارة مخاطر الفيضانات

المطلب الأول: مفهوم نظم الحماية من الفيضانات وأنواعها

تُعرَّف **نظم الحماية من الفيضانات** بأنها مجموعة من الإجراءات الهندسية والتنظيمية والإدارية التي تهدف إلى الحد من مخاطر الفيضانات وتقليل آثارها السلبية على الإنسان والممتلكات والبيئة، من خلال التحكم في تدفق المياه وتوجيهها أو تخزينها أو تصريفها بطريقة آمنة. وتُعتبر هذه النظم من الركائز الأساسية لإدارة الموارد المائية في الدول التي تواجه أخطار السيول والفيضانات بشكل متكرر.

تنقسم نظم الحماية إلى **نوعين رئيسيين:**

1. **الوسائل الهيكلية (Structural Measures):** وهي المشروعات الهندسية التي تهدف إلى السيطرة المادية على مياه الفيضانات، وتشمل:
   - **السدود:** تُستخدم لتخزين مياه الأمطار والسيول وتنظيم تدفقها، وتعمل كحاجز يمنع تدفق المياه المفاجئة نحو المناطق السكنية.
   - **الحواجز الترابية أو الخرسانية:** تُقام على ضفاف الأودية والأنهار للحد من اندفاع المياه نحو المناطق الحساسة.
   - **القنوات والمجاري الاصطناعية:** تُستخدم لتصريف مياه الفيضانات بعيدًا عن المراكز العمرانية والزراعية، وتساعد في إعادة توجيه الجريان السطحي.
2. **الوسائل غير الهيكلية (Non-Structural Measures):** وهي الإجراءات الإدارية والتخطيطية التي تهدف إلى تقليل التعرض للمخاطر، وتشمل:
   - **مناطق الحِمى (Floodplain Zoning):** تحديد مناطق يُمنع فيها البناء أو النشاط البشري لتقليل الخسائر المحتملة.
   - **أنظمة الإنذار المبكر:** تُعتمد على تقنيات الرصد الجوي والهيدرولوجي لإرسال تنبيهات للسكان والجهات المسؤولة قبل حدوث الفيضانات بوقت كافٍ، ما يُسهم في تقليل الخسائر البشرية والمادية.

إنّ التكامل بين هذه النظم هو الأساس لتحقيق إدارة فعّالة لمخاطر الفيضانات، إذ لا يمكن الاعتماد على البنية التحتية وحدها دون دعمها بخطط استجابة وإدارة مخاطر قائمة على المشاركة المجتمعية والتوعية المستمرة.

»تُعدّ نظم الحماية من الفيضانات بمثابة شبكة أمان بيئية وهندسية متكاملة، تجمع بين الحلول المادية والإدارية بهدف تحقيق توازن بين التنمية والأمان الهيدرولوجي« (العبيدي، 2022، ص 64).

المطلب الثاني: مبادئ إدارة مخاطر الكوارث وتطبيقها على الفيضانات في ليبيا

تقوم **إدارة مخاطر الكوارث** على منظومة متكاملة من المبادئ والإجراءات التي تهدف إلى الحدّ من الخسائر البشرية والمادية وتحسين قدرة المجتمعات على الصمود أمام الكوارث الطبيعية. وتشمل هذه المنظومة أربع مراحل رئيسية مترابطة هي: الوقاية، الاستعداد، الاستجابة، والتعافي.

1. الوقاية:(Prevention/Mitigation)

تهدف هذه المرحلة إلى تقليل احتمالية حدوث الكارثة أو تخفيف آثارها قبل وقوعها، من خلال **تخطيط استخدام الأراضي**، وفرض القيود على البناء في مجاري الأودية، وتشييد البنية التحتية المناسبة مثل السدود والحواجز، إضافة إلى تعزيز التوعية المجتمعية حول مخاطر الفيضانات.

في ليبيا، ما زال هذا الجانب ضعيفاً نسبياً بسبب غياب التخطيط العمراني طويل المدى وعدم وجود خرائط محدثة للمخاطر الهيدرولوجية، مما أدى إلى توسع عمراني غير مدروس في مناطق الأودية كما حدث في مدينة درنة.

2. الاستعداد:(Preparedness)

تتمثل في بناء قدرات الأفراد والمؤسسات على التعامل مع الكوارث من خلال وضع **خطط طوارئ وطنية ومحلية**، وتدريب فرق الدفاع المدني، وتجهيز مراكز إيواء وإنذار مبكر.

ورغم وجود محاولات من **الهيئة العامة للسلامة الوطنية** و**المركز الوطني للأرصاد الجوية** في هذا الاتجاه، إلا أن ضعف التنسيق بين الجهات المعنية ونقص التمويل والتجهيزات ما زال يحدّ من فاعلية جهود الاستعداد.

3. الاستجابة:(Response)

تُنفذ أثناء وقوع الكارثة وتشمل عمليات الإنقاذ والإخلاء والإسعاف وإدارة الموارد الطارئة.

في حالة **فيضانات درنة(2023)** ، أظهرت الاستجابة الميدانية حجم التحديات التي تواجهها المؤسسات الليبية، مثل ضعف التواصل بين الفرق الميدانية ونقص المعدات، إلا أن التضامن الشعبي الكبير ساهم في تخفيف الأضرار الإنسانية.

.4التعافي:(Recovery)

تهدف هذه المرحلة إلى إعادة الأوضاع إلى طبيعتها من خلال **إعادة الإعمار وتعويض المتضررين** وإعادة بناء البنية التحتية، مع مراجعة السياسات السابقة لضمان عدم تكرار الكارثة.

وفي ليبيا، تبنّت حكومة الوحدة الوطنية ولجنة الطوارئ برامج لإعادة إعمار المناطق المنكوبة، إلا أن غياب قاعدة بيانات دقيقة وصعوبات التمويل عطّلت تنفيذ الخطط بشكل فعّال.

»إن إدارة الكوارث الحديثة لم تعد تقتصر على التدخل بعد وقوع الحدث، بل أصبحت منظومة مستمرة تبدأ بالوقاية المسبقة، مروراً بالاستعداد والاستجابة، وصولاً إلى التعافي وإعادة البناء» (المنصوري، 2021، ص 91).

الفصل الثاني: الخصائص الطبيعية والبشرية لحوض الدراسة ونمذجة أماكن الخطر

المبحث الأول: الخصائص الجغرافية والهيدرولوجية لحوض الدراسة

المطلب الأول: الخصائص الجغرافية والطبيعية لحوض وادي درنة

- يُعد **وادي درنة** من أهم الأودية الساحلية في المنطقة الشرقية من ليبيا، ويمثل نموذجاً بارزاً للحوض المائي في البيئات الجافة وشبه الجافة، إذ يتميز بخصائص طبيعية وهيدرولوجية جعلته محوراً لعدة دراسات تتعلق بمخاطر الفيضانات والانجرافات الأرضية.

.1الموقع الجغرافي والامتداد

يقع وادي درنة في **المنطقة الشرقية من ليبيا** ضمن نطاق **إقليم الجبل الأخضر**، ويمتد من المنحدرات الجنوبية للجبل باتجاه الشمال حتى يصب في البحر المتوسط عند مدينة درنة، على بعد نحو 300 كم شرق مدينة بنغازي. يبلغ طول الوادي الرئيسي حوالي **75كم** تقريباً، وتبلغ مساحة حوضه المائي نحو **580كم²**، ويتضمن شبكة من الروافد الفرعية التي تصب في مجراه الرئيس، مثل وادي بوحية ووادي عين مارة. ويمتاز الحوض بوعورة تضاريسه وتعدد منحدراته، مما يزيد من سرعة الجريان السطحي عند هطول الأمطار.

.2المناخ

يخضع حوض وادي درنة لمناخ **متوسطي شبه جاف**، يتميز بفصل شتاء ممطر وصيف حار جاف، ويبلغ معدل الأمطار السنوي بين **250و350 ملم**، بينما تتراوح درجات الحرارة بين **10°مئوية شتاءً و35° مئوية صيفاً**. وتؤدي الأمطار الغزيرة المفاجئة في فترات قصيرة إلى حدوث جريان سطحي كثيف يسبب فيضانات مفاجئة، خاصة عندما تترافق مع انخفاضات جوية قادمة من البحر المتوسط.

.3الجيولوجيا

يتكوّن الحوض من **صخور جيرية ومارلية** تعود إلى العصر الميوسيني والأيوسيني، وتنتشر به بعض الفوالق والانكسارات الصخرية التي تسهّل تسرب المياه الجوفية وتؤثر على اتجاهات الجريان السطحي. المنحدرات الجبلية الحادة وضعف تماسك الصخور في بعض المناطق ساعدا على زيادة معدلات الانجراف، ما جعل الحوض عرضة لتعرية قوية خلال الفترات المطيرة.

.4التربة

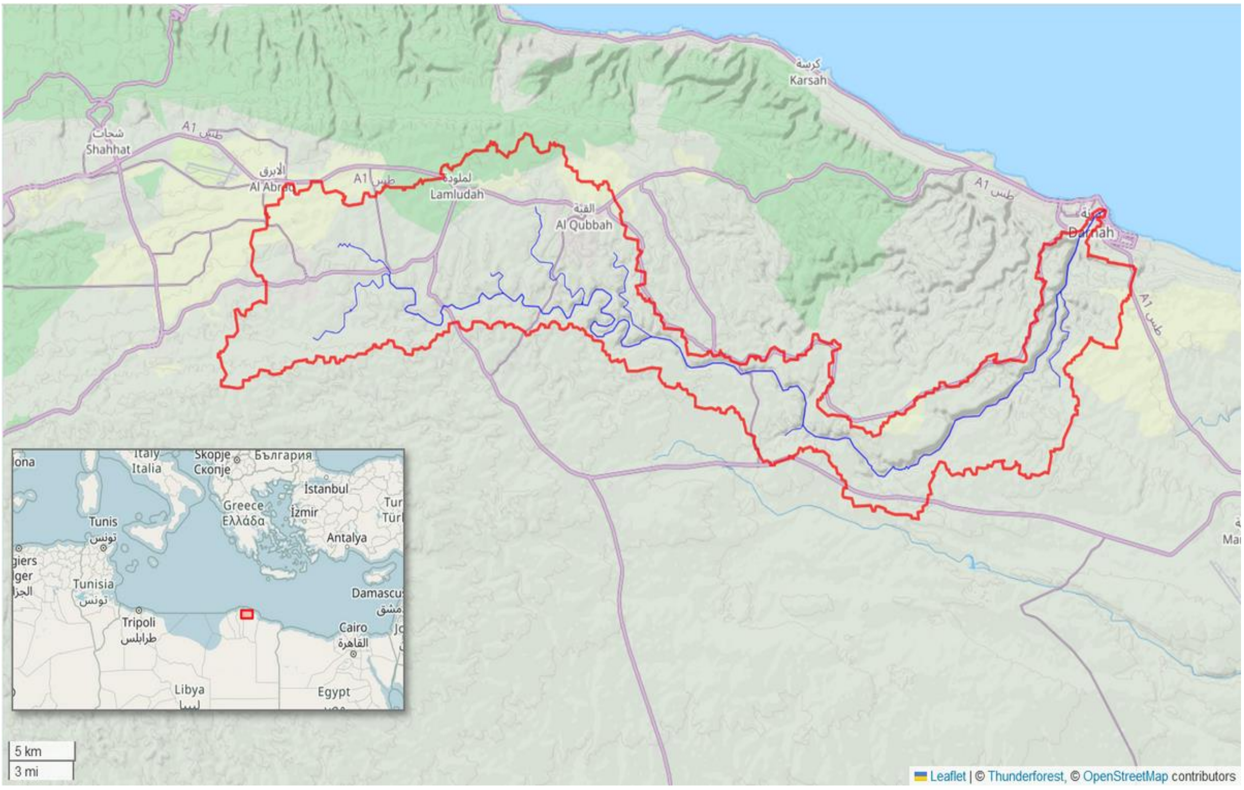
تتنوّع أنواع التربة في الحوض تبعاً للارتفاع والانحدار، وتشمل **تربة كلسية خفيفة على المنحدرات العليا**، و**تربة طينية في الأودية والمنخفضات** ذات قدرة ضعيفة على امتصاص المياه. هذه الخصائص أدت إلى ارتفاع معدل الجريان السطحي، خاصة أثناء الأمطار الغزيرة، مما يفسر سرعة تكوّن الفيضانات المفاجئة في الحوض.

.5الغطاء النباتي

يتصف الغطاء النباتي في وادي درنة بأنه **شبه متدهور** نتيجة الرعي الجائر والقطع المستمر للأشجار، إلا أن بقايا الغطاء الطبيعي لا تزال موجودة في المنحدرات العليا للجبل الأخضر وتشمل أنواعاً من **العرعر، والقطلب، والشيح،**

والسدر ، وهي نباتات مقاومة للجفاف تساهم في تثبيت التربة وتقليل الانجراف. وتراجع الغطاء النباتي في العقود الأخيرة أسهم في زيادة حساسية الحوض لمخاطر الفيضانات والانزلاقات الطينية.

»يُعدّ وادي درنة أحد النماذج الجغرافية الحساسة في شرق ليبيا، إذ تتفاعل فيه العوامل الجيومورفولوجية والمناخية والبشرية لتُنتج بيئة شديدة القابلية للفيضانات المفاجئة والانجرافات الأرضية« (بوخزام، 2021، ص 54).



الشكل (1): خريطة حوض وادي درنة موضحة فيها حدود الحوض (باللون الأحمر) وشبكة التصريف المائي (باللون الأزرق)

المطلب الثاني: الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للحوض وعلاقتها بقابلية الفيضان

تُعدّ **الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية** من أهم العوامل المحددة لقابلية الأحواض المائية للتعرّض للفيضانات، إذ تُعبر عن الشكل البنيوي والهيدرولوجي للحوض وتتحكم في كمية الجريان السطحي وسرعته، ومن ثم في شدة الفيضانات المحتملة. ويُعد **حوض وادي درنة** من الأحواض ذات الاستجابة السريعة للأمطار، نتيجة لمجموعة من الخصائص المورفومترية التي تزيد من هشاشته أمام الفيضانات المفاجئة.

1.مساحة الحوض:(Basin Area)

تبلغ مساحة حوض وادي درنة نحو **580كم²**، وهي مساحة متوسطة مقارنة بالأحواض الساحلية الأخرى في شرق ليبيا، إلا أن ضيق الحوض في بعض أجزائه يزيد من تركّز الجريان في وقت قصير، مما يرفع من شدة السيول. كلما زادت مساحة الحوض مع ثبات معدل الأمطار، زادت كمية الجريان السطحي، إلا أن شكل الحوض وتركيبه الطبوغرافي يلعبان دوراً في مدى سرعة تصريف المياه.

2.محيط الحوض:(Perimeter)

يبلغ محيط الحوض نحو **110كم** تقريباً، وهو يعكس امتداد الحوض عبر منحدرات شديدة الانحدار في الجنوب تتحول إلى سهول ساحلية ضيقة في الشمال، مما يجعل المياه تتجمع بسرعة كبيرة في المجرى الرئيس دون قدرة على الانتشار العرضي.

3.طول الوادي الرئيس:(Main Stream Length)

يُقدّر طول الوادي الرئيس بنحو **75كم**، يبدأ من السفوح الجنوبية للجبل الأخضر باتجاه البحر، ويتصف بانحدار قوي في المقطع العلوي ثم انخفاض تدريجي في الجزء الساحلي، مما يؤدي إلى تسارع الجريان في البداية ثم تباطئه قرب المصب، وهو ما يفسّر تراكم المياه وتفاقم الأضرار عند التقاء الوادي بالمدينة.

.4الانحدار العام للحوض:(Basin Slope)

يتراوح معدل الانحدار بين **%12و25** **%**في الجزء الجنوبي الجبلي، وينخفض إلى نحو **%5**في المناطق القريبة من الساحل، ويُعد هذا الانحدار المرتفع من العوامل الأساسية في سرعة الجريان السطحي وضعف قدرة التربة على امتصاص المياه، وهو ما يزيد من احتمال حدوث فيضانات مفاجئة ذات طاقة تدميرية عالية.

.5الكثافة التصريفية:(Drainage Density)

تبلغ الكثافة التصريفية في الحوض نحو **2.5كم/كم²**، وهي كثافة مرتفعة تدل على أن شبكة التصريف كثيفة ومتفرعة، ما يعني أن أي هطول مطري غزير يُترجم بسرعة إلى جريان سطحي واسع النطاق، إذ تعمل الروافد المتعددة على تجميع المياه بسرعة في المجرى الرئيس.

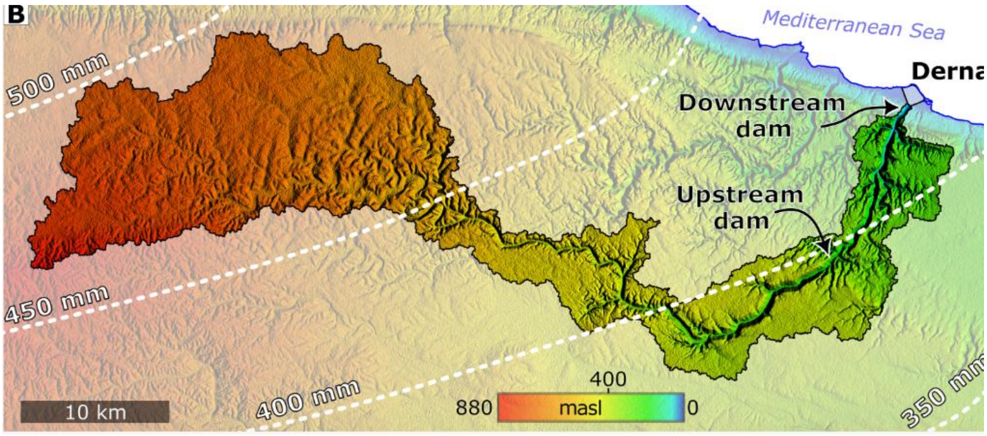
.6نمط شبكة التصريف:(Drainage Pattern)

تتخذ شبكة التصريف في حوض وادي درنة النمط **المتفرع (Dendritic Pattern)** في المناطق الجبلية، والنمط **الموازي (Parallel Pattern)** في المنحدرات العليا، مما يشير إلى تجانس الصخور وتوجه المنحدرات نحو الشمال، وهذا النمط يزيد من سرعة الجريان ومن ثم من قابلية الحوض للفيضانات المفاجئة.

.7قابلية الحوض للفيضان:(Flood Susceptibility)

تُظهر المعطيات السابقة أن الحوض يتميز بانحدار حاد، وكثافة تصريف مرتفعة، وشبكة تصريف متشابكة، ومساحة متوسطة تسمح بتجميع سريع للمياه، وهي جميعها مؤشرات على **قابلية عالية للفيضانات المفاجئة**. كما أن الغطاء النباتي المتدهور والتوسع العمراني في مجرى الوادي يزيدان من شدة الأخطار، خصوصاً في المنطقة الحضرية لمدينة درنة حيث يتقاطع المجرى مع الكتلة السكنية.

»تُعد الخصائص المورفومترية، كالكثافة التصريفية والانحدار ومساحة الحوض، من أهم المحددات الجغرافية لشدة الفيضانات، وكلما زادت هذه القيم زادت معها سرعة الجريان السطحي وخطر الفيضان« (الطيف، 2020، ص 89).



الشكل (2): خريطة الارتفاعات والانحدارات في حوض وادي درنة، موضَّحٌ فيها مواقع السدين الرئيسيين (العُلوي والسفلي) وخطوط تساوي الأمطار السنوية (Isohyets) بين 500–350 ملم، واتجاه الجريان نحو الساحل الشمالي عند مدينة درنة.

المبحث الثاني: نمذجة أماكن الخطر الفيضي باستخدام GIS وDEM

المطلب الأول: البيانات المكانية ومعالجتها داخل نظم المعلومات الجغرافية

تمثل البيانات المكانية والوصفيّة الركيزة الأساسية في أي دراسة هيدرولوجية أو بيئية تُعالج داخل نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، إذ تُستخدم لتحليل خصائص الأحواض المائية، وتحديد مناطق الخطر، وبناء نماذج مكانية دقيقة

للتنبؤ بالفيضانات. وفي دراسة **حوض وادي درنة**، تم الاعتماد على مجموعة من البيانات المتنوعة التي جرى إعدادها ومعالجتها بأسلوب علمي ومنهجي.

1.نموذج الارتفاعات الرقمية:(Digital Elevation Model – DEM)

يُعد الـ DEM المصدر الرئيس لاشتقاق المعالم الطبوغرافية مثل خطوط الارتفاع، والانحدار، واتجاه الجريان، وحدود الحوض وشبكة التصريف.تم الحصول على النموذج من بيانات القمر الصناعي **SRTM**بدقة مكانية **30متر**، ثم جرى معالجته داخل برنامج **ArcGIS Pro**عبر الخطوات الآتية:

- تصحيح الأخطاء الطبوغرافية (Fill Sinks) لإزالة المنخفضات المغلقة،
- تحديد اتجاه الجريان (Flow Direction) وتراكم الجريان(Flow Accumulation) ،
- استخراج حدود الحوض الرئيس وروافده باستخدام أداة *Watershed Delineation.*ساهمت هذه الخطوات في إنشاء خريطة دقيقة لشبكة التصريف والانحدارات داخل الحوض.

2.بيانات الأمطار:(Rainfall Data)

تم اعتماد بيانات الأمطار اليومية والشهرية من محطات الأرصاد الجوية القريبة من مدينة درنة، مثل محطة **الأبرق** و**القيقب**، للفترة.(2023–1990)

نُقلت هذه البيانات إلى بيئة GIS بعد معالجتها في **Excel**، حيث تم إنتاج خريطة توزيع مكاني للأمطار باستخدام أسلوب **الاستيفاء المكاني(Kriging)** ، ما سمح بتحديد مناطق شدة الهطول وتباينها داخل الحوض.

3.بيانات استعمالات الأراضي:(Land Use / Land Cover)

تم استخراجها من صور الأقمار الصناعية **Landsat 8 OLI**عبر برنامج **ArcGIS**و **ENVI**بعد تطبيق المعالجة الشعاعية والتصنيف الإشرافي.(Supervised Classification)

تم التمييز بين الفئات الرئيسة **:مناطق عمرانية، أراضٍ زراعية، غابات، أراضٍ جرداء، ومجاري مائية،** وساعدت هذه الطبقة في تحليل العلاقة بين نمط استخدام الأرض ومناطق الخطر، خصوصاً توسع البناء داخل مجرى الوادي.

4.شبكة التصريف:(Drainage Network)

استُخرجت من نموذج الارتفاعات الرقمية بعد تحديد اتجاه وتراكم الجريان، ثم أُعيد تصحيحها باستخدام الصور الجوية لتتوافق مع الواقع الميداني.وتم حساب **الكثافة التصريفية** وعدد الروافد ودرجاتها عبر أدوات *Hydrology Toolbox*في GIS، مما مكّن من تقييم استجابة الحوض للأمطار الغزيرة.

5.بيانات البنية التحتية:(Infrastructure Data)

شملت مواقع الطرق والجسور، والسدود الصغيرة، وخطوط الكهرباء والمناطق السكنية، وتم الحصول عليها من خرائط هيئة المساحة الليبية وبيانات **OpenStreetMap**،ثم أُضيفت إلى الخريطة الأساسية بهدف تحديد **التقاطعات الحرجة بين البنية التحتية ومجاري الأودية** لتقييم مدى تعرضها لمخاطر الفيضان.

6.خطوات المعالجة والتحليل المكاني داخل:GIS

1. **إسقاط جميع البيانات إلى نفس النظام الإحداثي** (UTM Zone 34N)، لضمان التوافق المكاني،
2. **إنشاء قاعدة بيانات جغرافية (Geodatabase)** تحتوي على جميع الطبقات المكانية والوصفيّة،
3. **التحليل الطبوغرافي والهيدرولوجي** لاشتقاق الانحدار، اتجاه الجريان، وتحديد مناطق التجمع المائي،
4. **إجراء التحليل التراكبي (Overlay Analysis)** بين طبقات الانحدار، الأمطار، واستعمالات الأراضي لتحديد **مناطق الخطر عالية القابلية للفيضانات،**
5. **إنتاج خرائط نهائية** توضح شبكة التصريف، مناطق الخطر، ونقاط التقاء الجريان بالبنية التحتية.

المطلب الثاني: النموذج المكاني لمخاطر الفيضانات وتحليل درجات الخطر

يُعدّ **بناء النموذج المكاني لمخاطر الفيضانات** من أهم المراحل التحليلية داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، إذ يسمح بدمج مختلف العوامل الجغرافية والهيدرولوجية المؤثرة في توليد الفيضانات ضمن إطار تراكبي متكامل، لإنتاج خريطة تمثل توزيع درجات الخطورة داخل الحوض.

1.تحديد المعايير:(Criteria Selection)

تم اختيار مجموعة من **العوامل الجغرافية والهيدرولوجية** الأكثر تأثيراً في تكوين الفيضانات المفاجئة في **حوض وادي درنة**، بالاعتماد على الدراسات السابقة والخبرة الميدانية، وتشمل:

1. الانحدار (Slope)
2. ارتفاع الأرض(Elevation)
3. المسافة من شبكة التصريف(Distance from Drainage)
4. نوع التربة(Soil Type)
5. كثافة التصريف(Drainage Density)
6. استخدامات الأراضي(Land Use / Land Cover)
7. كمية الأمطار (Rainfall Intensity)
8. المسافة من مجرى الوادي الرئيس(Proximity to Main Channel)

تم تحويل هذه المعايير إلى طبقات رقمية (Raster Layers) تمثل التباين المكاني لكل عامل داخل الحوض.

2.إسناد الأوزان:(Weight Assignment)

لأن تأثير كل عامل على خطر الفيضان يختلف في الأهمية، فقد جرى تحديد **أوزان نسبية** باستخدام طريقة **التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process – AHP)** بناءً على مقارنات ثنائية بين المعايير. وقد كانت الأوزان النهائية على النحو الآتي:

المعيار	الوزن النسبي (%)	مستوى التأثير
الانحدار	25	مرتفع جداً
الأمطار	20	مرتفع
استعمالات الأراضي	15	متوسط
المسافة من مجرى الوادي	15	متوسط
نوع التربة	10	متوسط منخفض
الكثافة التصريفية	8	منخفض
الارتفاع	5	منخفض
المسافة من شبكة التصريف	2	منخفض جداً

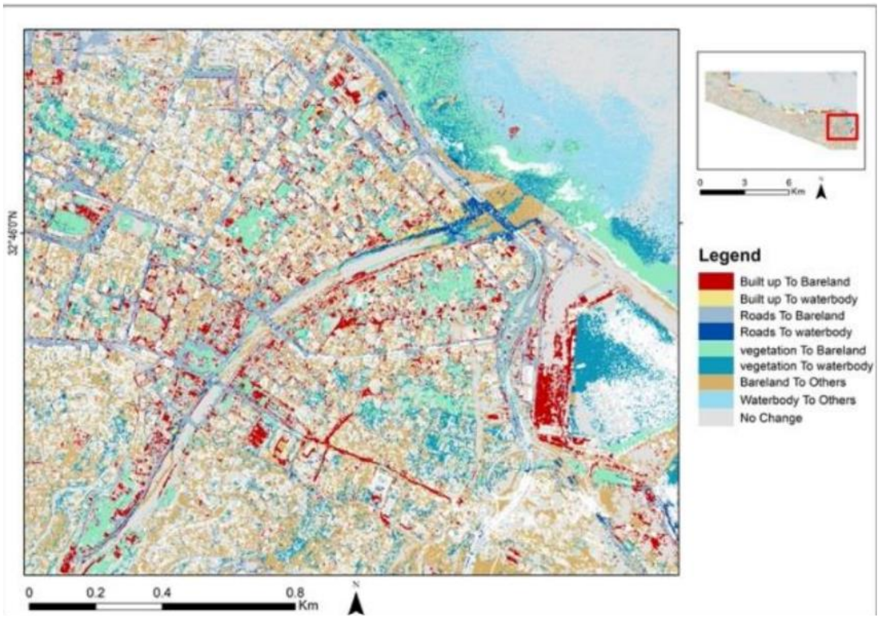
تُظهر هذه القيم أن **الانحدار وشدة الأمطار** هما أكثر العوامل حساسية في توليد الفيضانات داخل الحوض.

3.التراكب الطبقي:(Weighted Overlay Analysis)

تم دمج الطبقات الثماني السابقة داخل بيئة **ArcGIS Pro** باستخدام أداة *Weighted Overlay*، حيث جرى:

- إعادة تصنيف القيم في كل طبقة إلى خمس فئات (من 1 إلى 5) تمثل درجات الخطورة من منخفضة إلى عالية،

- ضرب كل طبقة في وزنها النسبي،
- جمع القيم الناتجة لإنتاج خريطة مركبة للخطر .(Flood Hazard Map)



الشكل (3): خريطة الخطر الفيضي الناتجة عن التراكب الطبقي للعوامل المكانية داخل بيئةArcGIS Pro ، وتوضح التدرج اللوني لمستويات الخطر من المنخفض إلى العالي في مدينة درنة بعد تطبيق | Abualjadayel, S., & Aljadaani, O. (2025). *Damage assessment of Libya 2023 floods using object-based and pixel-based classifications*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-G-2025, 17–22. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-G-2025-17-2025**منهجية التحليل الهرمي.(AHP)**

- الأحمر: مناطق عالية الخطورة،
- البرتقالي: مناطق متوسطة الخطورة،
- الأصفر: مناطق منخفضة الخطورة.

.4إنتاج خرائط الخطر وتحليل النتائج:

تم تحليل الخريطة الناتجة داخل GIS لإحصاء المساحات التي تقع ضمن كل درجة من درجات الخطر، فكانت النتائج كالآتي:

درجة الخطر	المساحة (كم²)	النسبة من إجمالي الحوض(%)	الملاحظات المكانية
عالية جداً	92	15.8	تتركز في الجزء الأوسط والشمالي لوادي درنة، خصوصاً قرب المجرى الرئيس والمناطق الحضرية.
متوسطة	215	37.0	تغطي المنحدرات الجنوبية ووادي بوحية وعين مارة.
منخفضة	273	47.2	تنتشر في الأطراف الشرقية والغربية والمرتفعات العليا.

أظهرت النتائج أن **حوالي 52.8% من مساحة الحوض تقع ضمن فئات الخطر العالية والمتوسطة**، ما يؤكد ارتفاع قابلية الحوض للفيضانات المفاجئة، خاصة مع ضعف الغطاء النباتي وتدهور البنية التحتية.

.5التحليل المكاني والتفسير:

- المناطق ذات **الانحدار العالي وكثافة التصريف المرتفعة** تشكل بؤر الخطر القصوى،
- المناطق **العمرانية القريبة من مجرى الوادي** تمثل أخطر مواقع الخطر البشري والمادي،
- في المقابل، المناطق الجبلية العليا ذات الغطاء النباتي الكثيف نسبيًا أظهرت خطراً منخفضاً،
- توزيع الخطر أظهر علاقة طردية بين **التوسع العمراني غير المنظم وشدة الفيضانات.**

»إنّ دمج المعايير الهيدرولوجية والمورفومترية باستخدام التحليل التراكبي في GIS يُنتج نموذجاً مكانياً عالي الدقة لتحديد مستويات الخطر وإسناد الأولويات للتخطيط الوقائي» (الدرسي، 2023، ص 128).

الفصل الثالث: تقييم نظم الحماية واقتراح آليات التخفيف من مخاطر الفيضانات

المبحث الأول: تقييم نظم الحماية القائمة

- **المطلب الأول: حصر وتوصيف نظم الحماية الحالية ومواقعها بالنسبة لمناطق الخطر في حوض الدراسة**

يُعدّ **حصر وتوصيف نظم الحماية من الفيضانات** خطوة أساسية لتقييم قدرة الحوض على مواجهة الأخطار الهيدرولوجية، إذ تسمح بتحديد مدى كفاءة المنشآت الهندسية ومدى توافق مواقعها مع المناطق عالية الخطورة. وفي حالة **حوض وادي درنة**، فإن الكارثة التي وقعت في سبتمبر 2023 كشفت بوضوح عن ضعف وتقادُم نظم الحماية القائمة، الأمر الذي يجعل دراستها وتحليلها ضرورة علمية وميدانية.

.1السدود:(Dams)

يحتوي حوض وادي درنة على **سدّين رئيسيين:**

- **سدّ درنة العلوي:(Upper Derna Dam)** يقع على بعد نحو 13 كم جنوب المدينة، ويبلغ ارتفاعه حوالي 75 م وسعته التخزينية نحو 1.5 مليون م³. أُنشئ في سبعينيات القرن الماضي للحد من تدفق السيول القادمة من الجنوب.
- **سدّ درنة السفلي:(Lower Derna Dam)** يقع أسفل الوادي مباشرة قبل دخوله المدينة، ويبلغ ارتفاعه نحو 45 م وسعته التخزينية نحو 0.6 مليون م³.كلا السدين تعرضا لأضرار جسيمة أثناء فيضان 2023 نتيجة انهيار المفيض وضعف الصيانة، مما أدى إلى تدفق كميات هائلة من المياه نحو المدينة. تقع السدود في نطاق مناطق **خطر عالٍ جداً** بحسب نتائج النمذجة المكانية، نظرًا لموقعها على محور الجريان الرئيس وضيق المجرى في الجزء الأوسط من الحوض.

.2الحواجز والقنوات:(Barriers and Channels)

توجد عدة حواجز ترابية وقنوات تصريف جزئية داخل المدينة، أنشئت لتصريف مياه الأمطار الموسمية، منها:

- قناة خرسانية صغيرة تمتد من وادي عين بومسافر إلى وسط المدينة، لكنها ذات سعة محدودة.
- حواجز ترابية محلية شُيدت قرب المناطق الزراعية جنوب درنة لحجز الرواسب والطمي. إلا أنّ معظم هذه المنشآت تفتقر إلى الصيانة الدورية وتعاني انسداداً بالترسبات، مما يقلل من كفاءتها الهيدروليكية، وقد ساهم هذا القصور في زيادة حجم الضرر أثناء الفيضانات.

.3الجسور والمعابر:(Bridges and Crossings)

يتقاطع المجرى الرئيس لوادي درنة مع أكثر من **ستة جسور** رئيسية داخل المدينة، منها جسر **المدينة القديمة** وجسر **شارع المغرب** وجسر **حي الساحل الشرقي**. تُظهر صور الاستشعار عن بعد (قبل وبعد الفيضان) أن معظم الجسور لم تُصمم لاستيعاب تصريفات مائية عالية، إذ ضاقت فتحاتها المائية دون الحد المسموح به هندسياً، ما أدى إلى تراكم المياه خلفها وانهيار بعضها بالكامل. تتطابق مواقع هذه الجسور تقريباً مع نطاقات **الخطر الشديد** المحددة في خريطة الخطر الناتجة عن التحليل المكاني.

.4مجاري التصريف داخل المدينة:(Urban Drainage System)

لا تمتلك مدينة درنة نظام صرف مطري متكامل، بل تعتمد على مجرى الوادي الطبيعي الذي يخترق المدينة من الجنوب إلى الشمال، وهو ما يجعل الأحياء الواقعة على ضفتيه عرضة مباشرة للجريان. الأنابيب الفرعية والشبكات الداخلية داخل الأحياء غير كافية لتصريف كميات الأمطار الكبيرة، وغالباً ما تُسدّ بالأتربة والمخلفات، مما يعيق تصريف المياه ويزيد من احتمالية غمر الشوارع والمباني.

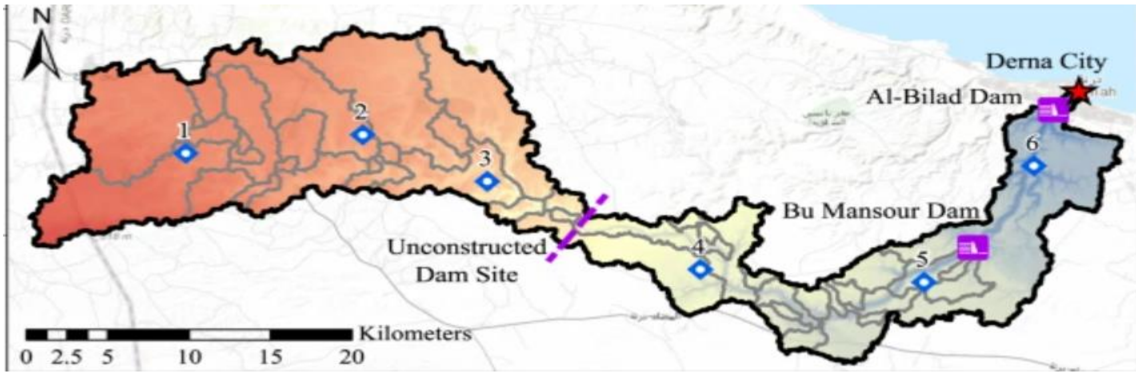
.5تقييم المواقع بالنسبة لمناطق الخطر:

عند إسقاط مواقع هذه المنشآت على خريطة **مناطق الخطر المائي** المنتجة داخلGIS ، يتبيّن ما يلي:

- أكثر من **70%من المنشآت الوقائية (سدود، جسور، قنوات)** تقع ضمن نطاق الخطر العالي،
- نحو **20%**منها تقع ضمن نطاق الخطر المتوسط (الجنوب الغربي من الحوض)،
- بينما **10%فقط** تقع في مناطق منخفضة الخطر، وهي غالباً منشآت زراعية فرعية.

وهذا يبيّن **اختلال التوزيع المكاني** لنظم الحماية، إذ تتركز في مناطق الخطر الأعلى دون تعزيزها بوسائل تصريف أو حماية إضافية.

»إن فاعلية نظم الحماية من الفيضانات لا تتوقف على وجودها فحسب، بل على مواءمة مواقعها مع خرائط الخطر وتحديث صيانتها بشكل دوري وفق المعايير الهيدرولوجية الحديثة« (العبيدي، 2022، ص 131).



الشكل (4): خريطة توضح التقسيم البنيوي والهيدرولوجي لحوض وادي درنة، مع مواقع السدود القائمة (البلاد وبومنسور) والموقع المقترح لسد ثالث غير منفذ، بالإضافة إلى حدود الأحواض الفرعية واتجاه التصريف نحو مدينة درنة.

المطلب الثاني: تقييم كفاءة نظم الحماية وتحليل نقاط القوة والضعف مقارنة بمناطق الخطر

يُعدّ تقييم كفاءة نظم الحماية من الفيضانات في حوض وادي درنة خطوة ضرورية لفهم أسباب تضخّم حجم الكارثة التي شهدتها المنطقة، وذلك من خلال الربط بين التوزيع المكاني للسدود والجسور والقنوات ومجاري التصريف من جهة، وبين خرائط الخطر الهيدرولوجي الناتجة عن النمذجة المكانية من جهة أخرى،

تشير نتائج التحليل المكاني إلى أنّ معظم منشآت الحماية الرئيسة – وعلى رأسها السدان الرئيسيان على وادي درنة، إضافة إلى مجموعة من الجسور والمعابر داخل المدينة – تقع في نطاقات مصنّفة ضمن درجات الخطر العالية جداً والعالية، وفق خرائط الخطر المنتجة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث تتركز هذه المنشآت على مسار المجرى الرئيس وفي المقاطع الأكثر ضيقاً من الوادي، وهي نفسها المناطق التي سجّلت أعلى شدّة للجريان وأكبر حجم للدمار في فيضان 2023، كما تُظهر تقارير الاستشعار عن بعد والتحليلات الميدانية الصادرة عن هيئات دولية وأوروبية متخصصة في إدارة المخاطر ورصد الفيضانات

من ناحية **نقاط القوة** يمكن القول إن وجود سدود ومنشآت حماية قبل وقوع الكارثة يعكس إدراكاً مسبقاً لطبيعة الخطر في الحوض، وأن الدولة قد سعت – في مرحلة سابقة – إلى التحكم في الجريان السطحي والحد من السيول، كما أن توافر صور فضائية عالية الدقة ونماذج عددية لاحقة لانهيار السدين أتاح إمكانية إعادة بناء سيناريو الفيضان وتحليل مساره وامتداده بدقة، وهو ما يشكل قاعدة علمية يمكن استثمارها في إعادة تصميم منظومة الحماية المستقبلية للحوض

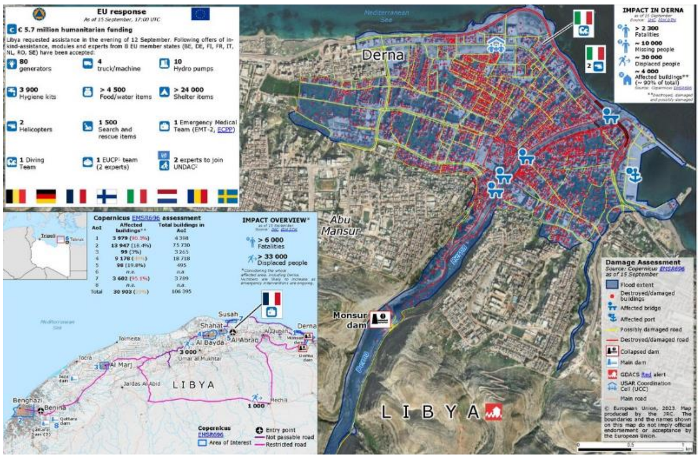
أما **نقاط الضعف** فتظهر بوضوح في ثلاثة محاور رئيسة الأول: قصور السعة التصميمية والإنشائية، إذ تُظهر الدراسات العددية لنموذج انهيار السدين أن حجم الجريان المتحرّر أثناء العاصفة تجاوز بكثير القدرة الاستيعابية للسدود، وأن تصميم المفيضات لم يكن ملائماً لتمرير موجة الفيضان المتطرفة، الأمر الذي أدى إلى فشل متسلسل في البنية الإنشائية وحدوث موجة جارفة نحو المدينة، الثاني: سوء مواءمة المواقع مع خرائط الخطر، فالكثير من الجسور والمناطق العمرانية تطوّر داخل المجرى نفسه أو على هوامشه المباشرة، من دون اعتماد صارم لمناطق حمى فيضانية أو تخصيص أحزمة أمان تمنع البناء في أكثر المقاطع خطورة، وهو ما تؤكده خرائط الغمر المائي التي بيّنت أن أحياءً

كاملـة قـد أُقيمـت فـي منـاطق ثبـت لاحقـاً أنهـا مسـار مباشـر لموجـة الفيضـان، الثالـث: ضـعف الصـيانة والمتابعـة المؤسسـية، إذ تُظهـر التقـارير الوطنيـة والدوليـة التـي صـدرت بعـد الكارثـة وجـود ثغـرات كبيـرة فـي صـيانة السـدود ومنشـآت التصـريف، وتـأخر فـي الاسـتجابة للتحـذيرات العلميـة التـي صـدرت قبـل سـنوات بشـأن هشاشـة المنشـآت وارتفـاع احتمـالات الخطـر فـي حال تعرض الحوض لحدث مطري متطرف

علـى مسـتوى **الـربط بـين الـنظم القائمـة وخـرائط الخطـر** يتضـح أن منظومـة الحمايـة فـي حـوض وادي درنـة اتخـذت فـي جوهرهـا طابعـاً هندسـياً تقليـدياً يعتمـد علـى السـدود وبعـض القنـوات والجسـور، مـن دون أن تُـدمَج فـي إطـار متكامـل لإدارة مخـاطر الفيضـانات يقـوم علـى اسـتخدام مسـتمر لخـرائط الخطـر المحدثـة، وتحـديث سـيناريوهات الفيضـان، وإعـادة تقيـيم اسـتخدامات الأراضـي داخـل الحـوض، إضـافة إلـى غيـاب منظومـة فعّالـة للإنـذار المبكـر والتخطـيط للإخـلاء، وهـو مـا أضعف الأثر الوقائي لهذه المنشآت رغم وجودها المادي على الأرض

وانطلاقاً من هذا التقييم، يمكن صياغة عدد من **الاستنتاجات والتوجهات المقترحة** في إطار عمل بحثي، من بينها:

- أن كفـاءة نظـم الحمايـة لا يمكـن الحكـم عليهـا مـن خـلال وجودهـا الفيزيـائي فقـط، بـل مـن خـلال مـدى توافـق مواقعهـا وسعتها التصميمية مع الخرائط المكانية للخطر ومع سيناريوهات الفيضان المتطرفة،
- ضـرورة إعـادة تخطـيط منظومـة الحمايـة فـي حـوض وادي درنـة اعتمـاداً علـى نتـائج النمذجـة المكانيـة، بمـا يشـمل إعـادة تقيـيم مواقـع السـدود، وتعـديل أو اسـتبدال بعـض الجسـور والمعـابر، وتحديـد منـاطق حمـى يمنـع فيهـا التوسـع العمراني،
- الحاجـة إلـى تحويـل نظـم الحمايـة مـن مشـروعات هندسـية معزولـة إلـى جـزء مـن نظـام متكامـل لإدارة مخـاطر الكـوارث، يضـم الرقابـة علـى السـدود، ونظـم الإنـذار المبكـر، والتوعيـة المجتمعيـة، وخطـط الإخـلاء، إضـافة إلـى تحديث مستمر لخرائط الخطر بالاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بعد والنمذجة العددية،



لشكل (5): خريطة الأضرار الميدانية في مدينة درنة وفق تقييم كوبرنيكوس الأوروبي(EMSR696) ، تُظهر نطاق الغمر المائي، والمباني المدمّرة، والجسور المنهارة، والطرق المتضرّرة، مع بيانات التدخل الإنساني الأوروبي بتاريخ 15 سبتمبر 2023.

المبحث الثاني: استراتيجية مقترحة للحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة في ليبيا

- **المطلب الأول:مقترحات هندسية وتخطيطية**

تُعـدّ المقترحـات الهندسـية والتخطيطيـة إحـدى الركـائز الأساسـية فـي إسـتراتيجية التخفيـف مـن أخطـار الفيضـانات، فهـي تسـعى إلـى تحويـل المعرفـة العلميـة الناتجـة عـن التحليـل المكـاني والهيـدرولوجي إلـى حلـول عمليـة قابلـة للتنفيـذ. وفـي ضـوء النتـائج السـابقة التـي أظهـرت ضـعف كفـاءة نظـم الحمايـة الحاليـة وارتفـاع قابليـة الحـوض للفيضـانات المفاجئـة، يمكـن صـياغة مجموعة من المقترحات المتكاملة كما يلي:

أولاً: إنشاء أو تعزيز السدود والحواجز في مواقع محددة

تُوصي الدراسة بإنشاء **سدود تحكم إضافية** في المناطق العليا من الحوض، خاصة على روافد وادي عين مارة ووادي بوحية، وذلك للتحكم في الجريان السطحي وتخزين المياه قبل وصولها إلى المجرى الرئيس، مع تعزيز السدين الرئيسين الحاليين عبر:

- **توسعة المفيضات** بما يتيح تمرير كميات أكبر من المياه دون ضغط إنشائي على جسم السد،
- **تدعيم القواعد والردم الترابي** بمواد أكثر مقاومة للتعرية،
- **إضافة نظام تصريف طارئ** لتخفيف الضغط أثناء العواصف القصوى،
- **تركيب أجهزة مراقبة وإنذار مبكر** لقياس المنسوب والضغط المائي وإرسال التنبيهات إلكترونيًا للجهات المختصة،

كما يُقترح بناء **حواجز ترابية حجرية صغيرة (Check Dams)** في الأودية الفرعية، لتقليل سرعة الجريان وتثبيت الرواسب وتحسين امتصاص التربة للمياه. هذه المنشآت البسيطة تُعتبر من وسائل الحماية منخفضة الكلفة والعالية الجدوى، خصوصاً في البيئات الجافة وشبه الجافة.

ثانياً: إعادة تصميم القنوات وشبكات التصريف داخل المدن

أثبتت الكارثة الأخيرة أن شبكات التصريف داخل مدينة درنة لم تُصمم لاستيعاب كميات كبيرة من الأمطار، لذلك يقترح **إعادة هندسة النظام الحضري لتصريف مياه الأمطار** على النحو الآتي:

- **إنشاء قنوات خرسانية رئيسية** موازية لمجرى الوادي، تتصل بأنابيب فرعية داخل الأحياء لتصريف المياه السطحية نحو مناطق التجميع،
- **رفع السعة الهيدروليكية للجسور والمعابر** من خلال توسيع الفتحات المائية وإزالة العوائق الصلبة،
- **إضافة مصارف مطرية أرضية** مزوّدة بشبكات معدنية لمنع الانسداد بالمخلفات،
- **استخدام تقنيات التصريف المستدام (SUDS)** مثل الخزانات الجوفية والحدائق الممطرة التي تمتص جزءاً من المياه بدلاً من تصريفها بالكامل،
- **تخصيص ممرات تصريف احتياطية** حول المناطق السكنية، تُفتح عند تجاوز القدرة الاستيعابية للقنوات الرئيسة.

يجب أن يتم تنفيذ هذه الشبكات وفق معايير التصميم الحديثة (IDF Curves) التي تأخذ في الاعتبار احتمالية العواصف القصوى ذات فترة عودة 100 سنة على الأقل.

ثالثاً: اعتماد مناطق حماية خضراء على ضفاف الأودية ضمن مخططات استخدامات الأراضي

من الضروري إدراج مفهوم **الأحزمة الخضراء الواقية** ضمن التخطيط العمراني، بحيث تُعتبر ضفاف الأودية مناطق حمى فيضانية يُمنع فيها البناء الدائم أو التوسع العمراني. وتشمل الإجراءات المقترحة:

- **إنشاء أحزمة نباتية** من الأشجار المحلية (كالعرعر والقطلب والسدر) على امتداد ضفتي الوادي، لما لها من دور في تثبيت التربة وتقليل سرعة الجريان،
- **تحويل بعض الأراضي المعرّضة للفيضانات إلى حدائق عامة أو مزارع حضرية** تُستغل في فترات الجفاف وتعمل كمنخفضات لتجميع المياه وقت المطر،
- **إصدار لوائح تنظيمية** تمنع أي نشاط عمراني داخل نطاق الخطر العالي كما تحدده خرائط النمذجة المكانية،
- **إدماج خرائط الخطر في أدوات تخطيط المدن** بحيث تصبح مرجعاً رسمياً عند اعتماد مخططات البناء الجديدة.

يسهم هذا النهج في تحقيق التوازن بين التنمية الحضرية والحفاظ على النظام البيئي الطبيعي للحوض، ويقلل من الخسائر المستقبلية في الأرواح والممتلكات.

المطلب الثاني:مقترحات مؤسسية ومجتمعية:

تمثل الجوانب المؤسسية والمجتمعية الركيزة المكملة للجانب الهندسي والتخطيطي في منظومة إدارة أخطار الفيضانات، إذ تتيح بناء بيئة إدارية وتنظيمية فعالة تضمن استدامة الجهود الوقائية، وترسّخ ثقافة مجتمعية قائمة على الوعي بالمخاطر والمسؤولية المشتركة. وانطلاقاً من تقييم الوضع الراهن في حوض وادي درنة، يمكن عرض المقترحات التالية:

أولاً: تطوير نظم الإنذار المبكر وربطها بقواعد بيانات مكانية

يُعد الإنذار المبكر خط الدفاع الأول في مواجهة الكوارث الطبيعية، إذ يمكّن الجهات المختصة من اتخاذ التدابير الاستباقية قبل وقوع الخطر. وفي هذا السياق، يُقترح:

- إنشاء **نظام وطني متكامل للإنذار المبكر بالفيضانات** يعتمد على بيانات الأقمار الصناعية والرصد الجوي والهيدرولوجي، ويرتبط مباشرة بمراكز إدارة الطوارئ المحلية،
- بناء **قاعدة بيانات مكانية (Geodatabase)** تجمع بين المعلومات المناخية والهيدرولوجية وخرائط الانحدار واستعمالات الأراضي، وتُحدّث بشكل دوري عبر نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ،
- تزويد النظام بخوارزميات تحليل فوري (Real-time Analysis) لرصد الأمطار والتنبؤ بحجم الجريان السطحي، مع ربطه بشبكات الاتصالات لإرسال التنبيهات الفورية إلى المواطنين عبر الرسائل القصيرة أو التطبيقات،
- إشراك البلديات ومكاتب الدفاع المدني في مراقبة المؤشرات الميدانية (ارتفاع المنسوب، سرعة الجريان، تشبّع التربة) من خلال نقاط مراقبة مجهزة بالمستشعرات الذكية.

إن تطبيق هذا المقترح سيُسهم في خفض زمن الاستجابة وتحسين فاعلية قرارات الإخلاء الطارئة، خصوصاً في الأودية التي تتسم بسرعة تشكّل الفيضانات المفاجئة مثل وادي درنة.

ثانياً: بناء قدرات المؤسسات المحلية في مجال GIS وإدارة الكوارث

ضعف القدرات الفنية والمؤسسية يمثل أحد العوائق الرئيسة أمام تطبيق أنظمة إدارة المخاطر في ليبيا، لذا من الضروري تبنّي برنامج وطني لتأهيل الكوادر المحلية يشمل:

- تنظيم **برامج تدريب مكثفة** لموظفي البلديات، الدفاع المدني، والهيئات البيئية حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في رصد وتقييم أخطار الفيضانات،
- إدخال **مقررات جامعية متخصصة في إدارة الكوارث البيئية** ضمن كليات الهندسة والجغرافيا والموارد الطبيعية، لخلق جيل جديد من الخبراء الوطنيين،
- إنشاء **وحدة دائمة لإدارة أخطار الكوارث** داخل كل بلدية، تكون مسؤولة عن إعداد الخرائط المحدثة للمخاطر وتنسيق الاستجابة مع الجهات الوطنية،
- توقيع **اتفاقيات تعاون** بين المؤسسات الأكاديمية والمراكز البحثية المحلية والهيئات الدولية) مثل برنامج الأمم المتحدة الإنمائي و (UN-SPIDERلنقل المعرفة التقنية الحديثة في مجال التحليل المكاني والاستجابة المبكرة.

هذه الإجراءات ستُعزز من جاهزية المؤسسات الليبية على المستويين الفني والتنظيمي، وتمكّنها من التعامل الفاعل مع الأحداث المناخية المتطرفة.

ثالثاً: نشر الوعي المجتمعي بمخاطر البناء في مجاري الأودية ومناطق الخطر

يُعد الوعي المجتمعي خط الدفاع الاجتماعي في مواجهة الكوارث، إذ أن سلوك السكان ومواقفهم تجاه المخاطر يحددان فعالية أي نظام وقائي. لذلك يُقترح:

- تنفيذ **حملات توعوية دورية** في المدارس والجامعات ووسائل الإعلام لشرح مخاطر البناء داخل مجاري الأودية أو قربها، مع توضيح خرائط المناطق المحظورة،
- تشجيع **المجتمع المدني والجمعيات المحلية** على المشاركة في أنشطة المراقبة المجتمعية والإبلاغ المبكر عن أي تغيّرات في المجرى أو انسداد القنوات،

- إدراج **برامج محاكاة تعليمية وتمارين إخلاء ميدانية** لتعريف السكان بطرق التعامل أثناء الفيضان وطرق الوصول إلى الملاجئ الآمنة،
- إعداد **دلائل إرشادية مبسطة** توزّع على المواطنين تتضمن إجراءات الوقاية المنزلية أثناء الأمطار الغزيرة، وأرقام الاتصال بالجهات المختصة.

يسهم تعزيز الوعي العام في تحويل السكان من متلقّين للخطر إلى شركاء فاعلين في منظومة الوقاية والاستجابة، وهو ما يُعتبر أساساً للتنمية المستدامة والحد من الخسائر البشرية.

النتائج:

1. **قابلية الفيضانات** :حوض وادي درنة يُظهر قابلية عالية للفيضانات بسبب الانحدارات الشديدة وكثافة التصريف المرتفعة، بالإضافة إلى التوسع العمراني غير المنظم داخل مجراه. هذه العوامل تجعل المنطقة عرضة للجريان السطحي السريع، وبالتالي لحدوث الفيضانات المفاجئة.
2. **نظم الحماية الحالية** :السدود وشبكات التصريف الحالية تعاني من قصور تصميمي، وضعف الصيانة. معظم نظم الحماية تقع في مناطق عالية الخطر وفق خرائط النمذجة المكانية.
3. **الانحدار والكثافة التصريفية** :أبرز العوامل المؤثرة في قابلية الحوض للفيضانات هي الانحدار وكثافة التصريف المرتفعة. كما أن الغطاء النباتي المتدهور والتوسع العمراني في مجرى الوادي يزيدان من شدة الفيضانات.
4. **تأثير العوامل المناخية** :التغيرات المناخية وزيادة العواصف المطرية أدت إلى تفاقم مخاطر الفيضانات في المنطقة. الأمطار الغزيرة فجائية تشكل تهديدًا رئيسيًا، خصوصًا مع نقص شبكات الصرف الفعّالة.
5. **الأضرار التي حدثت في كارثة 2023** :الكارثة الأخيرة أظهرت ضعف نظام الحماية عندما فشلت السدود في تحمل كميات المياه الكبيرة، مما أدى إلى انهيار السدود وتسبب في حدوث موجة فيضان جارفة نحو المدينة.

التوصيات:

1. **تعزيز السدود والتوسع في البنية التحتية:**
   - تعزيز السدود الحالية في منطقة وادي درنة وزيادة سعة المفيضات.
   - بناء سدود إضافية على روافد وادي بوحية ووادي عين مارة للتحكم بالجريان السطحي.
2. **تحسين شبكات التصريف:**
   - إعادة تصميم شبكات التصريف داخل المدينة لتكون قادرة على استيعاب الأمطار الغزيرة.
   - زيادة سعة الجسور والقنوات عبر توسيع الفتحات المائية وإزالة العوائق.
3. **إقرار مناطق حماية فيضانية:**
   - تحديد مناطق حمى على ضفاف الأودية يمنع فيها التوسع العمراني.
   - إنشاء أحزمة خضراء من الأشجار المحلية لزيادة مقاومة التربة وتقليل سرعة الجريان السطحي.
4. **إدخال تقنيات الإنذار المبكر:**
   - تطوير نظم إنذار مبكر باستخدام بيانات الأقمار الصناعية، بحيث يُرسل تنبيهات قبل حدوث الفيضانات بوقت كافٍ، مما يسمح بالاستعداد المسبق.
5. **إعادة تقييم مواقع المنشآت الوقائية:**
   - إجراء دراسة شاملة لمواقع السدود والجسور الحالية ومقارنتها مع خرائط الخطر المائي لتحديد المناطق الأكثر عرضة للفيضان.
   - العمل على تحسين مواقع هذه المنشآت لتتناسب مع درجات الخطر المحددة عبر النمذجة المكانية.
6. **الوعي المجتمعي والتخطيط العمراني:**
   - إطلاق حملات توعية بشأن مخاطر الفيضانات وضرورة التوسع العمراني المخطط بعيدًا عن مجاري الأودية.
   - إدخال خرائط الخطر المحدثة في عمليات التخطيط الحضري لإلزام المباني والمنشآت بمواقع آمنة.

الخاتمة

أظهرت هذه الدراسة أن الفيضانات المفاجئة في ليبيا، ولا سيما في حوض وادي درنة، ليست حدثاً طبيعياً معزولاً، بل نتيجة تفاعل معقّد بين الخصائص المورفومترية والطبوغرافية للحوض، وشدة العواصف المطرية، والتوسع العمراني غير المنظم داخل مجرى الوادي وضفافه، حيث بيّنت المؤشرات المورفومترية مثل الانحدار المرتفع وكثافة التصريف العالية ومساحة الحوض المتوسطة أن وادي درنة حوض سريع الاستجابة للأمطار القصيرة الشديدة، ما يرفع قابليته للفيضان إلى مستويات حرجة، وهو ما أكدته دراسات هندسية سابقة حول الحوض، التي قدّرت حجم الجريان وخطورة الفيضانات التاريخية فيه،

ومن خلال توظيف نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية والبيانات المناخية واستعمالات الأراضي، نجحت الدراسة في بناء نموذج مكاني لمخاطر الفيضانات يعتمد على مجموعة من المعايير (الانحدار، كمية الأمطار، الكثافة التصريفية، نوع التربة، القرب من المجرى، استعمالات الأراضي)، وإسناد أوزان نسبية لها باستخدام أسلوب التحليل الهرمي، وأظهرت النتائج أن الانحدار وشدة الأمطار يمثلان العوامل الأكثر حساسية في توليد الفيضانات، وأن ما يزيد على نصف مساحة الحوض يقع ضمن فئات الخطر المتوسطة والعالية، الأمر الذي يتوافق مع ما توصلت إليه دراسات أخرى استخدمت نظم المعلومات الجغرافية والمنطق الضبابي لتقييم مخاطر الفيضانات في الأحواض الليبية الجافة وشبه الجافة،

كما بيّن التحليل المكاني لتوزيع المنشآت الوقائية (السدود، القنوات، الجسور، مجاري التصريف) أن معظمها يقع داخل نطاقات الخطر العالي نفسه، وأن السدين الرئيسين على وادي درنة (العلوي والسفلي) صُمّما تاريخياً بغرض الحماية، لكن ضعف الصيانة، وتدني السعة التصميمية مقارنة بحجم الحدث المطري المتطرف في سبتمبر 2023، أسهما في فشل متسلسل انتهى بانهيار السدود وحدوث موجة جارفة نحو قلب المدينة، وهو ما أكّدته تقارير دولية ومحاكاة عددية لاحقة لسيناريو انكسار السدود وتطوّر موجة الفيضان،

وأظهر تقييم كفاءة نظم الحماية أن المشكلة لا تكمن في غياب المنشآت الهندسية فقط، بل في غياب منظومة متكاملة لإدارة مخاطر الفيضانات تعتمد على خرائط خطر محدثة، وتنظيم استخدامات الأراضي على ضوء هذه الخرائط، إلى جانب ضعف نظم الإنذار المبكر، وعدم وجود ثقافة مجتمعية راسخة حول مخاطر البناء في مجاري الأودية، وبذلك يتأكد أن الاعتماد على الحلول الهندسية وحدها (سد أو حاجز) دون سند تخطيطي ومؤسسي ومجتمعي يجعل الفجوة بين الخطر الطبيعي وقابلية المجتمع للتعرض له أكثر اتساعاً،

وتكمن القيمة العلمية لهذه الدراسة في أنها قدّمت نموذجاً تطبيقياً لنمذجة مخاطر الفيضانات في حوض وادي درنة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وأدوات التحليل المكاني، وربطت بين النتائج الرقمية (خرائط الخطر ومساحاته) وبين واقع الأضرار المسجلة على الأرض بعد كارثة إعصار دانيال، كما أسهمت في توثيق ثغرات منظومة الحماية الحالية، وصياغة مجموعة من المقترحات الهندسية (تعزيز السدود، إنشاء حواجز فرعية، إعادة تصميم القنوات والجسور) والتخطيطية (مناطق حمى، أحزمة خضراء) والمؤسسية والمجتمعية، بما يجعلها مرجعاً يمكن لصانعي القرار الاستناد إليه في إعادة تخطيط منظومة الحماية في وادي درنة وأحواض مشابهة،

ورغم ذلك، فإن الدراسة تعترف بوجود بعض القيود، من أهمها محدودية دقة بعض البيانات (خاصة سجلات الأمطار الطويلة زمنياً وشبكة القياس الهيدرولوجية)، والاعتماد على سيناريو واحد أو عدد محدود من سيناريوهات شدة المطر وفترات عودته، ما يفتح المجال أمام دراسات لاحقة لدمج نماذج عددية ديناميكية ثنائية البعد للجريان مع بيانات أمطار عالية الدقة زمنياً (مثل منتجات الأقمار الصناعية الحديثة)، فضلاً عن توسيع نطاق الدراسة ليشمل أحواضاً أخرى في الجبل الأخضر والمناطق الجافة في ليبيا، حتى يمكن بناء قاعدة وطنية موحّدة لخرائط مخاطر الفيضانات،

وبناءً على ما سبق، تؤكد الدراسة أن الحد من مخاطر الفيضانات المفاجئة في ليبيا يتطلب الانتقال من المقاربة التقليدية القائمة على رد الفعل بعد الكارثة، إلى مقاربة استباقية تعتمد على ربط النمذجة المكانية بالتخطيط الحضري، وإدارة الموارد المائية، والتعليم والتوعية، وبذلك تصبح خرائط الخطر الناتجة عن مثل هذه البحوث أداة عمل يومية لدى البلديات

وهيئـات التخطـيط والـدفاع المـدني، لا مجـرد منـتج أكـاديمي، الأمـر الـذي يسـهم فـي حمايـة الأرواح والممتلكـات وتعزيـز قـدرة المجتمع الليبي على الصمود في مواجهة الأحداث الهيدرومناخية المتطرفة مستقبلاً.

االمراجع

1. **الزهراني،** – **(2019)**حول تعريف الفيضانات وأنواعها.
دار النشر :دار الفكر العربي.
2. **البدري،** – **(2021)**عن خطورة الفيضانات المفاجئة في البيئات الجافة.
دار النشر :دار الكتب العلمية.
3. **المغربي،** – **(2020)**حول كون الفيضانات ظاهرة اجتماعية واقتصادية متكاملة.
دار النشر :دار المعرفة الجامعية.
4. **العبيـدي،** – **(2022)**في تعريف نظم الحماية من الفيضانات وأهميتها.
دار النشر :دار المطبوعات الجامعية.
5. **المنصوري،** – **(2021)**في مراحل إدارة الكوارث (الوقاية، الاستعداد، الاستجابة، التعافي).
دار النشر :دار نشر جامعة الإمارات.
6. **بوخزام،** – **(2021)**في توصيف الخصائص الجغرافية والهيدرولوجية لوادي درنة.
دار النشر :دار الفنون للنشر.
7. **الطيف،** – **(2020)**في تحليل الخصائص المورفومترية وعلاقتها بقابلية الفيضان.
دار النشر :دار الحماية للطباعة والنشر.
8. **الدرسي،** – **(2023)**في دمج المعايير المكانية داخل GIS باستخدام منهجية.AHP
دار النشر :دار الأكاديمية للدراسات الجغرافية.
9. **العبيـدي،** – **(2022)**في تقييم كفاءة نظم الحماية وربطها بالخرائط المكانية.
دار النشر :دار الفراعنة للطباعة والنشر.