

## Technique of Remote Sensing and its Importance in Monitoring Valley Floods in Libya

Dr. Ghada Mohammed Ali Ahweedi\*

Department of Geography and Geographic Information Systems, Faculty of Arts, University of Derna, Derna, Libya

تقنيات الاستشعار عن بُعد وأهميتها في رصد فيضانات الاودية في ليبيا

د. غادة محمد علي هويدي\*

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، جامعة درنة، كلية الآداب، درنة، ليبيا

\*Corresponding author: [Ghadah\\_ahweedi@yahoo.com](mailto:Ghadah_ahweedi@yahoo.com)

Received: January 31, 2026

Accepted: February 28, 2026

Published: April 02, 2026



Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### Abstract:

Floods are the most frequent and impactful weather-related disaster in terms of the number of people affected. Therefore, flood mitigation and rapid response are crucial to minimizing human losses. Remote sensing technologies have proven effective in analyzing and monitoring various natural disasters. Using tools such as satellites—excellent for mapping the spatial distribution of disaster data over relatively short periods—resources provide accurate, frequent, and near-instantaneous data for vast areas anywhere in the world. Remote sensing can provide a wealth of information on floods and their prediction through various techniques, including image processing, rainfall data analysis, and flood mapping. Despite the increasing number of remote sensing applications, these technologies are underutilized in Libya for flood research and prediction. This study aims to provide a comprehensive review of the literature covering aspects of remote sensing applications for flood management, including flood detection, affected area identification, and damage assessment. The study encompassed both flood monitoring using satellite-derived rainfall data and flood monitoring based on changes in land cover as observed in satellite imagery.

**Keywords:** Remote Sensing, Flooding, Natural Disasters, Electromagnetic Radiation.

### الملخص

تُعدّ الفيضانات أكثر الكوارث المرتبطة بالطقس تكررًا وأشدّها تأثيرًا من حيث عدد المتضررين، لذلك يُعدّ العمل على الحدّ من اضرار الفيضانات والاستجابة السريعة أمرًا حيويًا لضمان تقليل الخسائر البشرية إلى أدنى حدّ. وقد أثبتت تقنيات الاستشعار عن بُعد فعاليتها في تحليل ورصد مختلف الكوارث الطبيعية، فباستخدام أدواته مثل الأقمار الصناعية—وهي أدوات ممتازة لرسم خرائط التوزيع المكاني للبيانات المتعلقة بالكوارث خلال فترة زمنية قصيرة نسبيًا، وفرت بيانات دقيقة ومتكررة وشبه فورية لمساحات شاسعة في أي مكان في العالم، ويمكن للاستشعار عن بُعد أن يوفر قدرًا كافيًا من المعلومات عن الفيضانات والتنبؤ بها، من خلال عدّة تقنيات، تشمل معالجة الصور، وتحليل بيانات هطول الامطار، ورسم خرائط للفيضانات. وعلى الرغم من تزايد عدد تطبيقات الاستشعار عن بُعد، إلا أن هناك قصور لهذه التقنيات في ليبيا وعدم الاستفادة منها في دراسة الفيضانات والتنبؤ بها. وتهدف هذه الدراسة إلى تقديم مراجعة شاملة للأدبيات التي تُغطّي بعض جوانب تطبيقات الاستشعار عن بُعد لإدارة الفيضانات، بما في ذلك امكانية الكشف عن الفيضانات، وتحديد المناطق المتضررة، وتقييم الأضرار. وقد شملت الدراسة كلاً من كيفية رصد الفيضانات باستخدام بيانات الامطار المستمدة من الأقمار الصناعية، ورصد الفيضانات بناء على التغيرات في الغطاء الارضي والذي ترصده صور الأقمار الصناعية.

الكوارث الطبيعية هي ظواهر جيوفيزيائية أو مناخية متطرفة شديدة، تحدث في أجزاء كثيرة من العالم، وتختلف اختلافاً جوهرياً عن المتوسط، فهي أحداث ناجمة عن ظواهر طبيعية بحثة، وتلحق أضراراً بالمجتمعات البشرية (مثل الزلازل، والانفجارات البركانية، والأعاصير والفيضانات)، والتي يقتصر كل نوع منها على مناطق معينة. والظاهرة المدمرة في حد ذاتها، لا تُعتبر كارثة عندما تحدث في مناطق غير مأهولة، أما إذا حدثت في منطقة مأهولة بالسكان، وتسببت في أضرار أو خسائر أو دمار، فإنها تُسمى كارثة.

على مدى العقود الماضية، ازداد تواتر حوادث الكوارث الطبيعية بشكل مطرد، حيث كان هناك اتجاه واضح لتزايد وتيرة الأحداث المدمرة المرتبطة بالظواهر الجوية المتطرفة، مثل الفيضانات والجفاف والأعاصير والانهيئات الأرضية، مما أدى إلى خسائر بشرية فادحة، وتدمير البنية التحتية، واضطرابات اجتماعية واقتصادية. وتُشير بوضوح إلى أن تغير المناخ يُظهر اتجاهاً سلبياً واضحاً فيما يتعلق بحدوث الكوارث الطبيعية، والتي ستزداد شدتها في المستقبل القريب.

وتُعدّ الفيضانات أكثر الكوارث المرتبطة بالطقس تكراراً وأشدّها تأثيراً من حيث عدد المتضررين، وتختلف أنواع الفيضانات (مثل فيضانات الأنهار، والفيضانات المفاجئة، وفيضانات انهيار السدود، والفيضانات الساحلية) في خصائصها من حيث وقت حدوثها، وحجمها، وتواترها، ومدتها، وسرعة تدفقها، وامتدادها الجغرافي، وتلعب عوامل عديدة دوراً في حدوث الفيضانات، مثل شدة ومدة هطول الأمطار، وذوبان الجليد، وإزالة الغابات، وممارسات استخدام الأراضي، والترسيب في مجاري الأنهار، والعوائق الطبيعية من صنع الإنسان.

وتُعدّ تقنيات الاستشعار عن بُعد هي أكثر الأدوات فعالية في تحليل ورصد مختلف الكوارث الطبيعية، فباستخدام أدواته مثل الأقمار الصناعية – وهي أدوات ممتازة لرسم خرائط التوزيع المكاني للبيانات المتعلقة بالكوارث خلال فترة زمنية قصيرة نسبياً، وفرت بيانات دقيقة ومكررة وشبه فورية لمساحات شاسعة في أي مكان في العالم، وسهلت دراسة المخاطر الطبيعية بدرجات متفاوتة، لأنّ معظم الظواهر الجيولوجية والهيدرولوجية والجوية التي تُسبب حالات خطيرة هي أحداث أو عمليات متكررة تُخلّف آثاراً تدلّ على حدوثها سابقاً، وبالتالي يمكن تسجيل هذه الآثار وتحليلها ودمجها في عملية التخطيط.

وفي ليبيا تكاد تقتصر الكوارث الطبيعية على فيضانات الاودية الجافة والتي قد تفيض عند حدوث ظواهر مناخية متطرفة، كما حدث في فيضانات وادي درنة عدة مرات خلال السنوات السابقة، ولعل آخرها اعصار دانيال 2023 خير مثال على ذلك، فعلى الرغم من وجود مركز للاستشعار عن بُعد إلا أن استخدام تقنيات الاستشعار للتنبؤ بالكوارث الطبيعية مثل الفيضانات والقيام بالإنذار المبكر يكاد يكون معدوماً، لذلك ستركز الدراسة على عرض أهم تقنيات الاستشعار عن بُعد والتي يتم استخدامها للتنبؤ بالفيضانات في الدول الأخرى، وبالتالي يمكن الاستفادة منها لتقليل من وقوع خسائر بشرية في المدن الليبية المعرضة للفيضانات.

### مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في عدم استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد في ليبيا، للتنبؤ بالأخطار الطبيعية المحتملة الحدوث خاصة الفيضانات، فبعض صور الأقمار الصناعية المستخدمة مكلفة بالنسبة للباحث، ولكن المركز الوطني للاستشعار عن بُعد يستطيع توفيرها بتمويل من الدولة، وربط هذا المركز بالمراكز الدولية المجاورة للاستفادة من خبراتهم، فعدم استخدام هذه التقنيات سبب في عدم وجود مركز للطوارئ، يقوم بالإنذار المبكر وبالتالي عمليات اجلاء للسكان، للتقليل من الخسائر البشرية.

## أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى توضيح المساهمات الأساسية ودور الاستشعار عن بُعد في إدارة الكوارث، من خلال عرض أحدث التقنيات المتاحة لأجهزة الاستشعار والأقمار الصناعية في الدول المتقدمة، والنتيجة عن التطورات التكنولوجية الحديثة، وامكانية استخدامها لرصد الفيضانات في ليبيا والقدرة على التنبؤ بها تبعاً للتنبؤات المناخية المتطرفة.

## أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية الدراسة في التعرف على أهم التطبيقات المتقدمة لتقنيات الاستشعار عن بُعد، والمستخدمة في فهم مختلف أبعاد المخاطر الطبيعية لفيضانات الاودية، وذلك من خلال عرض لهذه التقنيات وأهم البيانات، والأساليب الفعالة التي من شأنها التنبؤ بأي فيضانات أو التخفيف من اثارها المحتملة قبل حدوثها.

## منهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج التحليلي، القائم على مراجعة الادبيات العلمية (Literature review)، وذلك من خلال تحليل الدارسات والأبحاث التي تناولت أهم التطبيقات الحديثة للاستشعار عن بُعد المستعملة لدى الدول الاخرى، والتي يُعتقد أنها تساهم بشكل واضح في عملية التنبؤ بالفيضانات وأي مخاطر طبيعية، في محاولة لتطبيقها في ليبيا واستخدامها في إدارة الكوارث والقيام بعمليات الإنذار المبكر.

وقد تم جمع المادة العلمية من المقالات العلمية المحكمة والتقارير الدولية، التي تناولت تطبيقات الاستشعار عن بُعد، في دراسة الفيضانات ثم تحليل هذه الدراسات بهدف التعرف على أهم التقنيات والأساليب المستخدمة عالمياً في رصد الفيضانات والتنبؤ بها، ومدى إمكانية الاستفادة منها في البيئة الليبية.

وتتمثل خطوات المنهجية في الاتي:

### 1. جمع الدراسات السابقة

تم الاطلاع على مجموعة الأبحاث العلمية المنشورة في المجالات العلمية، والتي تناولت استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد في دراسة الفيضانات والتنبؤ بها في مناطق مختلفة من العالم.

### 2. تحليل التقنيات المستخدمة عالمياً

ثم تحليل الأساليب والتقنيات التي اعتمدت عليها الدراسات، مثل استخدام صور الأقمار الصناعية، ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، ونظم المعلومات الجغرافية والتي اثبتت فعاليتها في تحديد مناطق الخطر والحد من مخاطر الفيضانات.

### 3. تقييم إمكانية تطبيق هذه التقنيات في ليبيا

تم مناقشة مدى إمكانية الاستفادة من هذه التقنيات في رصد فيضانات الاودية في ليبيا، خاصة في ظل التحديات المرتبطة بندرة الدراسات التطبيقية في هذا المجال.

## أولا الكوارث الطبيعية وطرق رصدها:

لا يُولي السكان ولا السلطات في العديد من المناطق اهتماماً كبيراً لخطر الكوارث الطبيعية، بل يتم تجاهلها، وذلك لأسباب عديدة ومختلفة، منها كأن يكون آخر حدث مدمر كبير قد وقع منذ زمن بعيد، ولا يُذكر إلا كقصة من الماضي، او ربما انتقل الناس إلى المنطقة مؤخرًا، دون دراية بالمخاطر المحتملة، وبالتالي لا يُؤخذ خطر الكوارث الطبيعية على محمل الجد، ومن هذه الكوارث الفيضانات المدمرة:

### 1- الفيضانات

عند تقييم مخاطر الفيضانات، ينبغي مراعاة المعايير التالية: عمق المياه أثناء الفيضان، ومدة الفيضان، وسرعة التدفق، ومعدل الارتفاع والانخفاض، وتواتر حدوثه (Gee,2000)، وكذلك الحصول على معرفة تفصيلية حول التكرار المتوقع، وطبيعة، وحجم الأحداث الخطرة في منطقة ما، وتعتمد هذه الأساليب بشكل

أساسي على المسوحات الأرضية والملاحظات الجوية، والتي يتم دمجها في نماذج مختلفة لنمذجة الفيضانات ورصدها (Mashaly & Ghoneim, 2018)، كما تتضمن عمليات التقييم العديد من أنواع البيانات المكانية وهي بيانات ذات بُعد جغرافي، مثل الخرائط، والصور الجوية، وصور الأقمار الصناعية، وبيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، وبيانات هطول الأمطار، وبيانات الآبار، وما إلى ذلك، وتأتي البيانات اللازمة لإدارة الكوارث من تخصصات علمية مختلفة، ينبغي دمجها للحصول على بيانات جغرافية متكاملة لمنطقة ما وبشكل عام (Douglas, 2017)، تُعدّ البيانات التالية مطلوبة:

- بيانات عن الفيضانات، وموقعها، وتكرارها، وحجمها، وما إلى ذلك.
- بيانات عن البيئة التي قد يقع فيها الفيضان: التضاريس، والجيولوجيا، والجيومورفولوجيا، والترربة، والهيدرولوجيا، واستخدام الأراضي، والغطاء النباتي.
- بيانات عن العناصر التي قد تتضرر في حال وقوع الفيضان: البنية التحتية، والمستوطنات، والسكان، والبيانات الاجتماعية والاقتصادية.
- بيانات عن موارد الإغاثة الطارئة، مثل المستشفيات، وفرق الإطفاء، ومراكز الشرطة، والمستوطنات وغيرها (Cees, 2000; Mashaly & Ghoneim, 2018).

## 2- طرق رصد الفيضانات

استُخدمت بيانات الأقمار الصناعية بنجاح وبشكل عملي في معظم مراحل إدارة كوارث الفيضانات حيث تم استخدام مصادر بيانات متعددة القنوات وأجهزة استشعار من أقمار GOES و POES للتقييم الجوي، والتفسير، والتحقق، ودمجها في نماذج التنبؤ العددي بالطقس، لتقييم المخاطر الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية (Wu et al, 2012)، كما تستخدم تقديرات هطول الأمطار الكمية والتنبؤات بيانات الأقمار الصناعية كمصدر معلومات لتسهيل التنبؤ بالفيضانات، بهدف توفير تحذيرات مبكرة من مخاطر الفيضانات للمجتمعات (Munich Re., 1998)، ويوجد نوعين من الطرق لرصد الفيضانات منها ما هو معتمد على بيانات الهطول وحسابها ومعدلات الجريان النهري والمستمدة من الأقمار الصناعية، والطريقة الثانية تعتمد على الشعاع الكهرومغناطيسي المرتد من ظواهر سطح الأرض والتي يلتقطها المستشعر على القمر الصناعي، وسيتم عرض كل طريقة بالتفصيل:

### 2-1 أدوات التنبؤ بالفيضانات بناءً على بيانات هطول الأمطار

- لاستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد لرصد الفيضانات باستخدام بيانات الامطار يتم الاعتماد على الاتي:
- نماذج الهيدرولوجيا التي تستنتج تدفق المياه السطحية والجريان السطحي، باستخدام بيانات الهطول المطري والطقس من الأقمار الصناعية والنماذج.
  - استنتاج ظروف الفيضان باستخدام بيانات الهطول المطري المستمدة من الأقمار الصناعية.
  - رصد مياه الفيضان على أسطح أرضية جافة سابقاً باستخدام بيانات الغطاء الأرضي المستمدة من الأقمار الصناعية.

مع ملاحظة أن هذه البيانات المستخدمة او النماذج المستمدة من الأقمار الصناعية، تتطلب وجود بيانات من المحطات الأرضية لتأكيدتها والتحقق من صحتها قبل استخدامها (Schumann & Tarpanelli, 2019). وهو ما يستطيع مركز الاستشعار الوطني توفيرها وبالتالي استخدام هذه البيانات لرصد كميات الامطار والجريان السطحي للأودية. وسيتم عرض الاقمار الصناعية التي تغطي دائرتي عرض 50° شمالاً و 50° جنوباً وهو مناسب لموقع ليبيا:

### 2-1-1 تحليل هطول الأمطار من القمر الصناعي TRMM Multi-satellite Precipitation (TMPA) Analysis

في هذه الطريقة يتم تجميع بيانات هطول الأمطار من القمر الصناعي TRMM، التابع لوكالة ناسا، والعديد من الأقمار الصناعية للحصول على بيانات كل 3 ساعات بدقة 0.25°×0.25°، وتغطية عالمية بين خطي

عرض 50° شمالاً و50° جنوباً. وهذه البيانات متاحة منذ ديسمبر 1997 (Wu et al, 2012)، وحتى 2019 حيث توقف عن العمل ولكنه متاح لتحليل البيانات سابقاً ومعرفة ظروف الفيضانات السابقة.

وقد تم استبدال TMPA، ببيانات استرجاع متعددة الأقمار الصناعية المتكاملة، لقياس هطول الأمطار العالمي [IMERG] (GPM) كل نصف ساعة وبدقة  $0.1 \times 0.1^\circ$  وتغطية عالمية بين خطي عرض  $65^\circ$  شمالاً و  $65^\circ$  جنوباً. وهي متوفرة من عام 2000 وحتى الوقت الحالي، فيستطيع علماء المناخ الاستفادة من هذه البيانات القديمة والحديثة خاصة في ظل خروج محطات ارساد درنة المناخية وسوسة والمحطات المطرية مثل مرتوبة والمخيلي والقبة وعين مارة والفتائح -درنة عن العمل منذ 2011.

### 2-1-2 نظام الرصد العالمي للفيضانات (GFMS) Global Flood Monitoring System

وهو نظام عالمي تم تطويره بالتعاون بين وكالة ناسا وجامعة ميرلاند الأمريكية، لمراقبة الفيضانات ورصدها بشكل شبه فوري، واعطاء انذارات مبكرة، ويعتمد بشكل اساسي على بيانات الاقمار الصناعية لهطول الامطار السابقة للقمر الصناعي القديم TRMM والقمر الصناعي الحديث GPM، حيث يوفر خرائط عالمية، وسلاسل زمنية، ورسوم متحركة ونماذج هيدرولوجية ويتمثل عمل هذا الموقع في حساب معدل هطول الأمطار اللحظي كل 3 ساعات وكمية الأمطار المتراكمة على مدار 24 و72 و168 ساعة، ومعدلات الجريان السطحي وتصريف الاودية واحتمالية حدوث الفيضانات (Schumann & Tarpanelli, 2019) وبالتالي وشدة الفيضانات بدقة  $8/1$  درجة (حوالي 12 كم) و1 كم، وكل هذه البيانات شبه فورية ووهي متوفرة منذ عام 2013 (Wu et al, 2014).

### 2-1-3 نظام الكشف عن الأمطار الغزيرة (ERDS2) Extreme Rainfall Detection System

يستخدم نظام التنبؤ العالمي بالأمطار (GFS) التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA)، بيانات هطول الأمطار شبه الفورية من نظامي TRMM-TMPA و NOAA لرصد وتوقع هطول الأمطار المتراكمة. ويستخدم الأرشفة لنظام TMPA كبيانات مرجعية لحساب معدلات هطول الأمطار الغزيرة. وينتج من دمج بيانات كمية هطول الأمطار من نظام TMPA، وبيانات هطول الأمطار المتوقعة من نظام GFS، والبيانات المرجعية، معلومات عن احتمالية الفيضانات المتوقعة في منطقة ما (Schumann & Tarpanelli, 2019).

ويُعد نظام ERDS أحد الأدوات التي تستخدمها وحدة التأهب والطوارئ لبرنامج الأغذية العالمي التابع للأمم المتحدة، فهو ينتج خرائط عالمية وسلاسل زمنية لهطول الأمطار المتراكمة شبه الفورية ( $50^\circ$  شمالاً -  $50^\circ$  جنوباً) والمتوقعة لفترات 24، 48، 72، 96، 120، و144 ساعة، ويرسل تنبيهات بشأن هطول الأمطار الغزيرة بدقة  $0.25 \times 0.25^\circ$  وعلى مستوى المناطق الإدارية يرسل معلومات خاصة عن قائمة بالدول المتضررة وتقدير لعدد السكان المتضررين (Schumann & Tarpanelli, 2019).

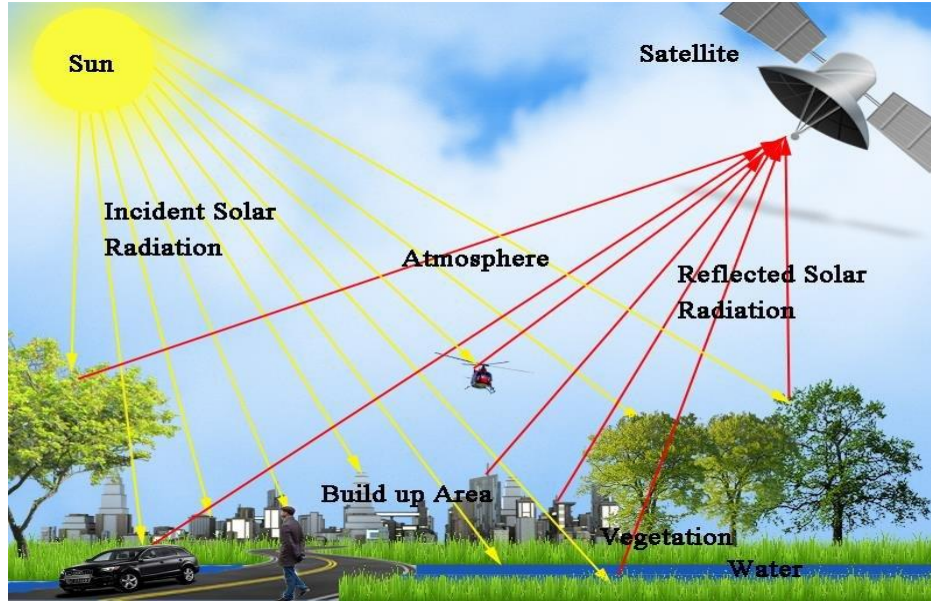
### 2-2 أدوات التنبؤ بالفيضانات بناءً على بيانات الغطاء الأرضي

لمعرفة أهم أنواع بيانات الاستشعار عن بُعد المستخدمة للتنبؤ بالفيضانات، والمرتبطة بالإشعاع المنعكس من سطح الأرض، سيتم وصف أجهزة الاستشعار الفضائية الأكثر استخداماً، وهي الاستشعار عن بعد البصري والحراري والراداري وطريقة التصنيف ذات القدرة الكافية لرسم خرائط التوزيع المكاني للعوامل المسببة للكوارث الطبيعية:

### 2-2-1 الاستشعار عن بعد البصري (Optical Remote sensing)

يُعد الاستشعار عن بُعد البصري، أحد أنواع أجهزة الاستشعار الفضائية المستخدمة لرصد سطح الأرض، فهي حساسة للخصائص الفيزيائية الحيوية لنوع الغطاء الأرضي والغطاء النباتي، وغالباً ما يعمل كجزء من منظومة متكاملة مع تقنيات أخرى مثل الرادار، وتأتي فائدته من قدرته على تصوير سطح الأرض وتحليل للتغيرات البيئية المرتبطة بالمياه، حيث تتلقى أنظمة الاستشعار عن بُعد الضوئية للأقمار الصناعية معلوماتها من الإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس بواسطة ضوء الشمس، شكل (1)، ذي الأطوال الموجية المختلفة (من 400 إلى 2500 نانومتر) (Agarwal et al, 2024)، فتقوم أجهزة الاستشعار الستالايتية

مثل قمر لاندسات، بقياس الإشعاع في عدد صغير من نطاقات الأطوال الموجية المحددة جيداً ("النطاقات الطيفية") في الأجزاء المرئية، والأشعة تحت الحمراء القريبة، والأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة من الطيف الكهرومغناطيسي، المنعكس أو المرتد من سطح الأرض (Bajpai,2017). وبالتالي يحدد نوع السطح (نبات، تربة، عمران)، ويساعد في معرفة المناطق الأكثر عرضة للجريان السطحي (مناطق سكنية أو تربة عارية)، كما يوضح توسع النهار والأيديّة خلال فترات زمنية مختلفة وبالتالي يحدد المناطق التي غمرتها المياه سابقاً، ويقدر رطوبة التربة من خلال المؤشرات النباتية مثل NDVI، فالترية المشبعة بالمياه تزيد من احتمالية حدوث الفيضانات عند هطول الأمطار، كما يستطيع من خلال استخراج نماذج الارتفاعات الرقمية معرفة اتجاه انحدارات الأودية وبالتالي المناطق المعرضة للفيضانات.



شكل (1): الإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس بواسطة ضوء الشمس والمرتد للمستشعر في القمر الصناعي. المصدر: (Bajpai,2017)

## 2-2-2 الاستشعار عن بُعد الحراري (Thermal Remote sensing)

الاستشعار عن بُعد الحراري يُعد أداة دأمة أيضاً ومهمة في التنبؤ بالفيضانات لأنه يعتمد على قياس درجة حرارة سطح الأرض والمياه من خلال استخدام الأشعة تحت الحمراء المنعكسة (0.7-3.0 ميكرومتر) أو طاقة الأشعة تحت الحمراء الحرارية (3.0-14 ميكرومتر)، فتعطي عادة مؤشرات غير مباشرة عن سلوك المياه والظروف المؤدية للفيضانات (Agarwal et al, 2024). وهو على خلاف الاستشعار عن بُعد البصري يمكن للحراري العمل ليلاً وبالتالي مفيد في تتبع تطور الحالات الجوية، فمن أهم فوائده تقدير رطوبة التربة، فالترية الرطبة ابرد من التربة الجافة وبالتالي تستخدم البيانات الحرارية للكشف عن تشبع التربة والتي تكون أكثر مناطق لحدوث الفيضانات، كما يستخدم الاستشعار عن بُعد الحراري في الكشف المبكر عن تجمعات المياه، فالمياه تحتفظ بالحرارة أكثر من اليابسة، وبالتالي نستطيع تحديد المناطق المنخفضة التي يبدأ فيها تجمع المياه، كما يستخدم لمعرفة التطور في المسطحات المائية، فالترية غير الطبيعي في حرارة المياه يدل على زيادة كمية المياه أو تدفقها، وبالتالي يكون مفيد في مراقبة الأودية والسيول في المناطق الجافة في ليبيا.

## 3-2- الاستشعار عن بُعد الراداري Radar Remote Sensing

يُعد من أهم وأقوى التقنيات في التنبؤ بالفيضانات، خاصة الظروف الجوية الصعبة، لأنه يعتمد على الموجات الكهرومغناطيسية (الميكروويف) وليس الضوء. تعتبر تفسير الصور من مستشعرات الرادار أقل سهولة من الصور البصرية، لأن هذه المستشعرات لا تدرك اللون، بل تستجيب لهندسة السطح، والملمس،

والبنية ثلاثية الأبعاد، والمحتوى المائي، والرادار عبارة عن مستشعرات نشطة تنتج إشعاعات الميكروويف الخاصة بها وهي قادرة على العمل من خلال السحب وفي الليل والأمطار والضباب، وتعد جميع مستشعرات رادار التصوير المستخدمة في الاستشعار عن بعد هي رادار ذو فتحة تركيبية (SAR) (Yoshimoto & Amarnath, 2017)، هو تقنية لرصد سطح الأرض باستخدام أقمار صناعية رادارية تُرسل موجاتها الكهرومغناطيسية، وتستقبل الموجات الكهرومغناطيسية المرتدة من الهدف يتم تضخيم قوة الموجات الكهرومغناطيسية المرتدة المرتبطة بشكل الهدف، واتجاهه، وخصائصه الكهربائية (Bajpai, 2017).

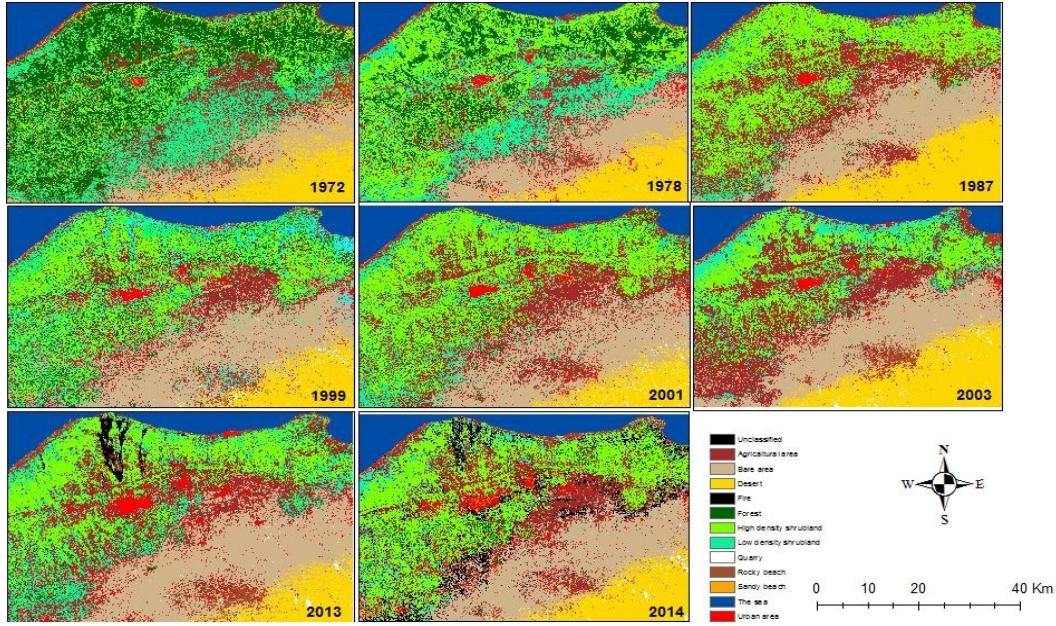
ويستخدم الرادار (SAR) لقياس تضاريس السطح باستغلال إشارة الرادار المتماسكة، فالمياه تعكس الإشارة الرادارية بشكل مختلف عن اليابس (تظهر داكنة غالباً)، وبالتالي يمكن تحديد مناطق الغمر وامتداد الفيضانات، كما يمكنه قياس رطوبة التربة بدقة عالية وبالتالي مدى قابلية المنطقة لحدوث جريان سطحي، كما يمكنه مراقبة التغيرات في سطح الأرض (تقنية InSAR) من هبوط أرضي أو تغيرات طبوغرافية والتي من شأنها التأثير على مسارات تدفق المياه (Yoshimoto & Amarnath, 2017). فمعظم المخاطر الطبيعية قادرة على تغيير سطح الأرض، وإذا تم رصد تغير السطح بواسطة أقمار الرادار (SAR) ومقارنته بصورتين مختلفتين من صور الرادار (SAR) للموقع نفسه الذي تحدث فيه المخاطر الطبيعية، فسيتم الحصول على مخطط تداخل وهو متسلسل زمنياً، يرصد إزاحة سطح الأرض بمرور الوقت، وإنتاج صور وخرائط للتغيرات المستمرة لسطح الأرض بفعل الكوارث الطبيعية مثل الفيضانات (Bajpai, 2017).

#### 2-2-4 طريقة تصنيف الصور الفضائية

يُعد تصنيف الصور أحد تطبيقات الاستشعار عن بُعد، التي تستخدم في مراقبة العديد من الكوارث الطبيعية، من بينها الأراضي التي تغطيها الفيضانات، حيث يُعد تصنيف الصور جزءاً أساسياً من معالجة الصور وتقسيمها إلى مجموعة من الفئات، تُمثل كل فئة ظاهرة معينة على سطح الأرض، كفتة التربة والأشجار، والشجيرات، والمباني وغيرها، وتتألف عملية تصنيف الصور العامة من مرحلتين: مرحلة التدريب ومرحلة التحقق. في مرحلة التدريب، يصنف الغطاء الأرضي كعينات من بيكسلات الصورة، كل عينة تمثل فئة معينة (Yoshimoto & Amarnath, 2017)، ثم يستخدم مصنف الصور لتمثيل كل مجموعة من البيكسلات في صورة واحد، أما مرحلة التحقق فتهدف إلى تصنيف صور الاختبار في الفئات المختلفة، لتحديد البيكسلات الأخرى ذات القيم المشابهة لقيمة بكسل الصورة الأصلية والتنبؤ بتصنيفات الصورة الأخرى (Mehta, 2019). استُخدمت طريقة تقنيات تصنيف الصور كطريقة لتوليد صور لأضرار ما قبل الكوارث الطبيعية وما بعدها، فمثلاً تم استخدام طريقة التصنيف في التعرف على الغطاء الأرضي المختلف في منطقة الجبل الأخضر، وبالتالي حساب عدد البيكسلات التي تغطي كل تصنيف وحساب مساحاتها بناءً على مساحة كل بيكسل شكل (2)، ومن الممكن استخدام نفس الطريقة لمعرفة المناطق المتضررة وحساب مساحاتها، وإمكانية معرفة أكثر المناطق عرضة للفيضانات بناءً على تصنيف سنوات سابقة.

#### ثانياً نظام الإنذار والتنسيق العالمي للكوارث

للحد من آثار الكوارث الطبيعية بفعالية، يلزم وضع استراتيجية متكاملة لإدارة الكوارث في ليبيا، والتي تُعرف أيضاً بدورة إدارة الكوارث، تتكون إدارة الكوارث من مرحلتين قبل وقوع الكارثة، وهما الوقاية منها والتأهب لها، وثلاث مراحل بعد وقوعها، وهي الإغاثة منها، وإعادة التأهيل، وإعادة الإعمار. تُمثل إدارة الكوارث هنا دورة، إذ إن وقوع كارثة سيؤثر في نهاية المطاف على طريقة استعداد المجتمع للكارثة التالية.



الشكل (2): استخدام طريقة تصنيف لصور القمر الصناعي لاندسات لسنوات مختلفة لمنطقة الجبل الأخضر. المصدر: (Ahwaidi, 2017)

## 1-2 مرحلة ما قبل الكارثة أو مرحلة الرصد المبكر

يستطيع مركز الاستشعار عن بُعد في ليبيا، أن يوفر قاعدة بيانات يمكن من خلالها تفسير الأدلة التي خلفتها الفيضانات السابقة، ودمجها مع معلومات أخرى للوصول إلى خرائط المخاطر التي تشير إلى المناطق المعرضة للفيضانات، ويجب أن يتم تقسيم هذه المناطق المعرضة للخطر، إلى درجات حسب أضرارها البشرية والاقتصادية للدولة (Mehta, 2019)، بمعنى أن تعطي أعلى درجات أو لون للمناطق التي يعتقد أن ترتفع فيها نسبة وفيات السكان بسبب الفيضانات وعادة ما تكون في المدن القريبة من مجارى الاودية، ومناطق أخرى ذات درجة أقل ولون مختلف، إذا كان الفيضان يسبب فقط أضرار اقتصادية كغرق أراضي زراعية أو تدمير الطرق والبنية التحتية (Rizwan et al, 2023)، وأخيراً المناطق التي يحدث فيها فيضانات اودية ولكن لا تسبب أي أضرار مثل فيضانات الاودية المنتهية في البحر أو الصحراء والبعيدة عن المناطق العمرانية .

## 2-2 مرحلة عند وقوع كارثة

حيث تستطيع الأقمار الصناعية رصد المراحل المبكرة لهذه الأحداث، كشدوذ في سلسلة زمنية، وتُتيح رصد المراحل المبكرة للكارثة بسرعة جمع المعلومات من المنصات الجوية والفضائية، وإمكانية نشرها بالسرعة نفسها. حيث قد تؤثر العديد من الكوارث الطبيعية على مناطق واسعة، ولا توجد أداة أخرى غير الاستشعار عن بُعد، تُوفر تغطية مكانية مماثلة. كما إن الموقع المتميز للأقمار الصناعية يجعلها مثالية للتفكير في الحدث والتخطيط له ورصده عملياً ودمج بيانات الأقمار الصناعية مع البيانات الأخرى ذات الصلة في تصميم أنظمة الإنذار المبكر بالكوارث (Rizwan et al, 2023).

## 3-2 مرحلة ما بعد الكارثة

تسمح لنا بيانات الاستشعار عن بُعد، مثل صور الأقمار الصناعية والصور الجوية، برسم خرائط لتغيرات خصائص التضاريس، كالنباتات، والمياه، والجيولوجيا، مكانياً وزمنياً بعد حدوث الكوارث الطبيعية. فتوفر صور الأقمار الصناعية نظرة عامة شاملة، وتقدم معلومات بيئية بالغة الأهمية، على نطاق واسع (Mehta, 2019)، من القارات بأكملها إلى تفاصيل لا تتجاوز بضعة أمتار. فالعديد من أنواع الكوارث، كالفيضانات والجفاف والأعاصير، لها مؤشرات أولية، تستطيع الأقمار الصناعية رسم خرائط لهذه الأحداث، كشدوذ

في سلسلة لفترات زمنية قصيرة منتظمة، ويمكن استخدامها للتنبؤ بالكوارث السريعة والبطيئة على حد سواء.

## 2-4 مرحلة الإغاثة من الكوارث

يمكن للاستشعار عن بُعد أن يُساعد في تقييم الأضرار ورصد آثارها، مُوفراً قاعدة بيانات كمية لعمليات الإغاثة، ففي مرحلة إعادة التأهيل بعد الكوارث، يُستخدم الاستشعار عن بُعد لرسم خريطة للوضع الجديد، وتحديث قواعد البيانات المستخدمة لإعادة إعمار منطقة ما، ويمكن أن يساعد في منع تكرار مثل هذه الكارثة (Rizwan et al, 2023). إن حجم البيانات اللازمة لإدارة الكوارث، لا سيما في سياق التخطيط التنموي المتكامل، يفوق بكثير قدرة الطرق اليدوية على التعامل معه بفعالية وفي الوقت المناسب.

## ثالثاً النتائج والتوصيات

من خلال العرض السابق لبعض من أهم تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال رصد الفيضانات والتنبؤ بحدوثها نستطيع الخروج بالنتائج الآتية:

1- توفر بيانات هطول الأمطار من الأقمار الصناعية، بيانات مهمة لكمية التساقط خلال كل 3 ساعات لأي منطقة بين دائرتي 50 شمالاً وجنوباً، وبالتالي حساب معدل الجريان في مجاري الأودية في ليبيا، بناء على مساحة الحوض ومعدل الانحدار.

2- تمثل خرائط ونماذج الفيضانات التي توفرها الأقمار الصناعية العالمية، بيانات مهمة لأي منطقة مهدده بالفيضانات في ليبيا لأنها تعطي اشارات واضحة عن احتمالية حدوث الفيضانات ومدى اضرارها.

3- تسهل عملية استخدام الصور الفضائية المتاحة في ليبيا، من تحليل صور وتصنيف في مراقبة التغيرات البيئية التي تصاحب الفيضانات، وبالتالي معرفة مدى الاضرار البيئية ومراقبة التغيرات بمقارنة الصور من سنوات مختلفة والتنبؤ بالمناطق التي يمكن ان تغطيها الفيضانات في المستقبل.

## التوصيات:

1. إمكانية استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد في عمليات الرصد المبكر في مركز الاستشعار عن بُعد في ليبيا، وانشاء غرفة للطوارئ تشمل عمليات الاجلاء والإغاثة للمناطق التي قد يصيبها الفيضانات، وبالتالي التقليل من الخسائر البشرية.
2. استخدام التقنيات الجغرافية الأخرى مثل نظم المعلومات الجغرافية، والتي تستطيع جنباً إلى جنب مع الاستشعار عن بُعد توفر قاعدة بيانات ضخمة، للأودية والأمطار وكل ماله علاقة برصد الفيضانات.
3. فتح فروع لمركز الاستشعار عن بُعد في عدة مدن ليبية، والقيام بتدريب الكوادر الفنية على كيفية الحصول على بيانات الأمطار والفيضانات والبيانات المختلفة من الأقمار الصناعية، والاستفادة منها في دراسة الفيضانات او أي كوارث بيئية محتملة.
4. القيام بدورات تدريبية للكوادر الفنية في مركز الاستشعار عن بُعد أو استقبال فنيين من دولة أخرى، وذلك للاطلاع على أحدث التقنيات المستخدمة وتدريب الفنيين على استخدامها في مجال الطوارئ.

## المراجع

- 1- Agarwal Smriti ,Sheetal Kumari- Nitin Kumar , Animesh Agarwal, Manoj Chandra Garg A Comprehensive, 2024, , Review of Remote Sensing Technologies for Improved Geological Disaster Management, Geological Journal. ISSN: 209-242
- 2- Ahwaidi, Ghada. M.A,(2017), Factors effecting recent vegetation change in north- east Libya, unpublished theses, Ecosystems and Environment Research Centre, School of Environment and Life Sciences, University of Salford, UK.
- 3- Babayes, Ahmed, Alam Akhtar, (2022), Remote Sensing of Natural Hazards August, Remote Sensing journal. ISSN: 2072-4292

- 4- Bajpai, Kriti, (2017), Remotely Sensed Image Segmentation Using Multiphase Model, Level-Set Active Contour, Department of Computer Science & Engineering Gyan Ganga Institute of Technology & Sciences Jabalpur (M.P.) (Published thesis)
- 5- Cees, Van Western, (2000), REMOTE SENSING FOR NATURAL DISASTER MANAGEMENT, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, ITC, The Netherlands.
- 6- Douglas Ian, (2017), Flooding in African cities, scales of causes, teleconnections, risks, vulnerability and impact, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 26, December, Pages 34-42
- 7- Mashaly, J.; Ghoneim, E. (2018), Flash Flood Hazard Using Optical, Radar, and Stereo-Pair Derived DEM: Eastern Desert, Egypt. Remote Sens., 10, 1204.
- 8- Mehta, Amita (2019), Overview of Flood Monitoring and Mapping Tools, National Aeronautics and Space Administration, 15 (3), 143
- 9- Munich Reinsurance Company (1998) Annual Review of natural catastrophes 1997. Munich Reinsurance Company, Munich, Germany, 19 pp.
- 10- Tarpanelli, Angelica, Schumann Guy (2019), Remote Sens and Monitoring of Flood Dynamics. Remote Sensing for Flood Mapping 11(8), 943
- 11- Rizwan, Sadiq, Imran, Muhammad, Ofli, Ferda. (2023), Remote Sensing for Flood Mapping and Monitoring. International Handbook of Disaster Research. Springer Nature. pp. 679-698
- 12- Wu, H., R. F. Adler, Y. Tian, G. J. Huffman, H. Li, and J. Wang (2014), Real-time global flood estimation using satellite-based precipitation and a coupled land surface and routing model, Water Resour. Res., 50, 2693.2717
- 13- Wu H., R. F. Adler, Y. Hong, Y. Tian, and F. Policelli (2012), Evaluation of Global Flood Detection Using Satellite-Based Rainfall and a Hydrologic Model. J. Hydrometeor, 13, 1268.1284
- 14- Yoshimoto, S.; Amarnath, G. (2017), Applications of Satellite-Based Rainfall Estimates in Flood Inundation Modeling—A Case Study in Mundeni Aru River Basin, Sri Lanka. Remote Sens., 9, 98.

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JSHD** and/or the editor(s). **JSHD** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.